

PRODUTO 2

VOLUME II

Conteúdo dos subprodutos:

2D, 2E, 2F, 2G e 2H



RF002

ESTUDOS E LEVANTAMENTOS

PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA



APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste do RF002, composto do Produto 2 – Estudos e Levantamentos. Neste Volume II é apresentado os conteúdos dos Subprodutos 2D – Levantamento dos fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas, 2E – Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à eventos extremos, 2F – Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos, 2G – Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à rompimento de Barragens e 2H – Avaliação da conservação e restauração da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos, do Consórcio PROFILL/ ENGECORPS para a execução técnica do PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA – PMSH.

O RF002 tem por base a proposta técnica apresentada no processo licitatório realizado junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas e está orientado de modo a atender os termos de referência e as políticas nacional e estadual de recursos hídricos (Lei Federal nº9.433/97 e Lei Estadual nº 13.199/99).

Abril de 2024.

EQUIPE

Governo do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto

Governador

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad

Marília Carvalho de Melo

Secretária

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam

Marcelo da Fonseca

Diretor Geral

COMITÊ GESTOR

Adalberto Santos Pinto da Paixão - Comitê da Bacia do Rio Verde Grande (CBH Verde Grande)

Alice Libânia Santana Dias - Superintendência de Resíduos (SURES/Semad)

Allan de Oliveira Mota - Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos (GPLAN/Igam)

Cibele Mally de Souza - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas (GERAQ/Feam)

Camila Eliane Torres Lacerda - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Clarissa Bastos Dantas - Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos (GPLAN/Igam)

Djeanne Campos Leão - Diretoria de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (DAES/Semad)

Edwaldo Gomes Cabidelli - Assessoria de Comunicação (ASCOM/Semad)

Guilherme Tadeu Figueiredo Santos - Gerência de Sistemas de Infraestrutura Hídrica (GESIH/Igam)

Heitor Soares Moreira – Gabinete (GAB/Igam)

Leandro Carmo Guimarães - Gerência de Conservação e Restauração da Fauna Aquática e de Pesca (GCFAP/IEF)

Lissandra Helena Pereira de Paiva Fiorino - Gerência de Recuperação Ambiental e Planejamento da Conservação de Ecossistemas (GRAPE/DCRE/IEF)

Luisa Costa Martins Vieira - Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC/Igam)

Mariana Elissa Vieira de Souza - Gerência de Monitoramento de Qualidade de Água (GEMOQ/Igam)

Micael de Souza Fraga - Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico e Eventos Críticos (GMHEC/Igam)

Gustavo Luiz Godoi de Farias Fernandes - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Ivone de Sousa Nascentes Morgado - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Lívia Ribeiro Costa - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Misael Dieimes de Oliveira - Gerência de Regulação Operacional (GRO/Arsae-MG)

Nádia Antônia Pinheiro Santos - Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos (GPLAN/Igam)



Patrícia Gaspar Costa - Gerência de Regulação e Usos de Recursos Hídricos (GERUR/Igam)

Robson Ferreira Bastos Morato - Gerência do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (GEIRH/Igam)

Robson Rodrigues dos Santos - Gerência de Apoio aos Comitês de Bacias Hidrográficas e Articulação à Gestão Participativa (GECBH/Igam)

Samuel Alves Barbi Costa - Diretoria da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG)

Sophia Maria Lins Nunes - Diretoria de Educação Ambiental (DEAM/Semad)

Walcrislei Vercelli Luz - Gerência de Segurança de Barragens e Sistemas Hídricos (GESIH/Igam)

Colaboradores

Adriana de Fátima Teixeira Guimarães - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Alexssandro Dias de Oliveira Passos - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Cibelle Giovana Silva Santos - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Clara Oyamaguchi Pinheiro de Araújo Moreira - Gabinete (GAB/Igam)

Guilherme Abreu Souza - Gerência de Ativos Regulatórios (GAR/Arsae-MG)

Higor Daniel da Costa - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Ian Lucas Figueiredo Ferreira - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Jackson Rodrigues Primo - Gerência de Regulação e Usos de Recursos Hídricos (GERUR/Igam)

João Márcio Soares Ribeiro - Eventos e Comunicação Interna (ASCOM/Semad)

José Jorge Pereira - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Kimberly Bianca Rodrigues de Oliveira - Unidade Regional de Gestão das Águas Alto São Francisco (Urga ASF/Igam)

Laiza Lorraine Oliveira Silva - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Larissa Luiza Lamarca - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Lívia Fernanda Castro Nehmy - Gerência de Compras e Contratos (GECOC/Igam)

Lucas Henrique Coelho - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Maria de Lourdes Amaral Nascimento - Gerência de Apoio aos Comitês de Bacias Hidrográficas e Articulação à Gestão Participativa (GECBH/Igam)

Marlon Aloise Henrique de Holanda Rosa - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Michelle Guimarães Marques - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

Neimar Adriano Costa - Mídias Digitais, Publicidade e Produção Audiovisual (ASCOM/Semad)

Ramille Araujo Soares de Paula - Coordenação-Geral de Revitalização de Bacias Hidrográficas (CGPRH/MIDR)

Raysa Monteiro - Unidade Regional de Gestão das Águas Alto São Francisco (Urga ASF/Igam)

Rosa Carolina Amaral - Diretoria de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (DAES/Semad)

Tuana Morena Marques Santos - Diretoria de Unidades de Conservação (DIUC/IEF)

Vitória Ângela Moura de Araújo - Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos (ASPRH/Igam)

CONSÓRCIO PROFILL ENGE CORPS

Coordenador Geral

Eng. M.e Carlos Bortoli

Coordenador Executivo

Eng. Civil Leonardo Mitre Alvim de Castro

Equipe Técnica

Eng. Civil Aída Maria Pereira Andrezza

Geóg. Christiane Spori de Castro

Eng. Civil Cleber Fernando de Souza

Sociol. Cristian Sanabria

Geóg. Daniel Wiegand

Eng. Civil Eduardo Kohn

Eng. Amb. Eliza Clericuzi Bezerra da Silva

Eng. Civil Emerson Massaiti Haro

Eng. Amb. Fernando Schuh Rorig

Geól. Flávio de Paula e Silva

Eng. Amb. Flora Kaori Abuno

Eng. Amb. Gabriela Barbosa da Costa

Geóg. Guilherme Silva

Arq. Juliana Tonet

Com. Mestra Karina Agra

Quim. Leandro Ascencio

Eng. Civil Maria Bernadete Sousa Sender

Designer Maurício Reche

Eng. Mestre Mauro Jungblut

Biól. Miguel Fontes de Souza

Eng. Mestra Patrícia Cardoso

Eng. Mestra Paula Ivana Riediger

Eng. Rafael Souza

Eng. Civil Raquel Chinaglia Pereira dos Santos

Geóg. Sibebe Lima Dantas

Eng. Mestre Sidnei Agra

Eng. Amb. Tailana Bubolz Jeske

Designer Vanessa da Silva Cardoso

Eng. Mestre Vinícius Melgarejo Montenegro
Silveira

Biól. Dr. Willi Bruschi

Estag. Aira Mendes Reis

Estag. Lucas Fernando da Silva

Estag. Rafaela Fernanda Mendonça Gomes

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Nomes e áreas das UEGs e CHs de Minas Gerais.....	31
Quadro 3.2 - Classes de uso e cobertura do solo na classificação do MapBiomias na Coleção 7.1 com ocorrência em Minas Gerais.	35
Quadro 3.3 – Descrição das classes de uso e cobertura do solo na classificação do MapBiomias Coleção 7.1 com ocorrência em Minas Gerais.....	35
Quadro 3.4 - Comparativo entre os sistemas de classificação de uso e cobertura do solo.	38
Quadro 3.5 – Matriz de Classificação dos pontos de monitoramento da qualidade da água quanto à criticidade.....	47
Quadro 3.6 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG1 e suas respectivas CHs em 2022.	51
Quadro 3.7 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG2 e suas respectivas CHs em 2022.	51
Quadro 3.8 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG1.	58
Quadro 3.9 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG2.	59
Quadro 3.10 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG1.	62
Quadro 3.11 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG2.	62
Quadro 3.12 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG1.	65
Quadro 3.13 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG2.	65
Quadro 3.14 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG1.....	68
Quadro 3.15 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG2.....	69
Quadro 3.16 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG1 e a UEG2 e suas CHs.....	72
Quadro 3.17 – Empreendimentos industriais licenciados por classe de potencial poluidor/degradador para a UEG1 e a UEG2 e suas CHs.	72
Quadro 3.18 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário nas UEGs 1 e 2.	76
Quadro 3.19 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paraopeba (SF3).	85
Quadro 3.20 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paraopeba (SF3).	85
Quadro 3.21 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio das Velhas (SF5).	90
Quadro 3.22 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio das Velhas (SF5).	91
Quadro 3.23 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paracatu (SF7).	95
Quadro 3.24 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paracatu (SF7).	95

Quadro 3.25 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Verde Grande (SF10).	99
Quadro 3.26 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Verde Grande (SF10).	100
Quadro 3.27 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio São Francisco (UEG1 e UEG2).	103
Quadro 3.28 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio São Francisco (UEG1 e UEG2).	104
Quadro 3.29 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG3 e suas respectivas CHs em 2022.	108
Quadro 3.30 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG3.	112
Quadro 3.31 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG3.	114
Quadro 3.32 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG3.	116
Quadro 3.33 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG3.	119
Quadro 3.34 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG3 e suas CHs.	121
Quadro 3.35 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG3 e suas CHs.	121
Quadro 3.36 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG3.	124
Quadro 3.37 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Verde (GD4).	130
Quadro 3.38 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Verde (GD4).	130
Quadro 3.39 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Sapucaí (GD5).	134
Quadro 3.40 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Sapucaí (GD5).	134
Quadro 3.41 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Grande (UEG3).	137
Quadro 3.42 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Grande (UEG3).	137
Quadro 3.43 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG4 e suas respectivas CHs em 2022.	140
Quadro 3.44 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG4.	145
Quadro 3.45 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG4.	147
Quadro 3.46 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG4.	149
Quadro 3.47 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG4.	151
Quadro 3.48 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG4 e suas CHs.	153
Quadro 3.49 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG4 e suas CHs.	153
Quadro 3.50 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG4.	156

Quadro 3.51 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Piracicaba (DO2).	162
Quadro 3.52 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Piracicaba (DO2).	162
Quadro 3.53 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Piranga e Rio Doce (UEG4).	166
Quadro 3.54 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Piranga e Rio Doce (UEG4).	166
Quadro 3.55 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG5 e suas respectivas CHs em 2022.	170
Quadro 3.56 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG5.174	
Quadro 3.57 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG5.176	
Quadro 3.58 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG5.	178
Quadro 3.59 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG5.	180
Quadro 3.60 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG5 e suas CHs.	182
Quadro 3.61 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG5 e suas CHs.	182
Quadro 3.62 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG5.	185
Quadro 3.63 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1).	191
Quadro 3.64 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1).	192
Quadro 3.65 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Jequitinhonha (UEG5).	195
Quadro 3.66 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Jequitinhonha (UEG5).	195
Quadro 3.67 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG6 e suas respectivas CHs em 2022.	199
Quadro 3.68 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG6.202	
Quadro 3.69 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG6.204	
Quadro 3.70 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG6.	206
Quadro 3.71 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG6.	208
Quadro 3.72 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG6 e suas CHs.	210
Quadro 3.73 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG6 e suas CHs.	210
Quadro 3.74 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG6.	213
Quadro 3.75 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Bacia do Rio Araguari (PN2).	220
Quadro 3.76 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Bacia do Rio Araguari (PN2).	220

Quadro 3.77 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paranaíba (UEG6).....	224
Quadro 3.78 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paranaíba (UEG6).....	224
Quadro 3.79 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG7 e suas respectivas CHs em 2022.	227
Quadro 3.80 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG7.230	
Quadro 3.81 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG7.232	
Quadro 3.82 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG7.	234
Quadro 3.83 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG7.	236
Quadro 3.84 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG7 e suas CHs.	238
Quadro 3.85 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG7 e suas CHs.....	238
Quadro 3.86 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG7.....	241
Quadro 3.87 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paraibuna (PS1).....	247
Quadro 3.88 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paraibuna (PS1).....	248
Quadro 3.89 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Pomba (PS2).....	252
Quadro 3.90 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Pomba (PS2).....	253
Quadro 3.91 – Distribuição dos pontos de monitoramento segundo os níveis de criticidade.	258
Quadro 3.92 – Distribuição dos Sistemas Aquíferos nas UEGs.....	262
Quadro 4-1 – Tipologia de desastres catalogados no Cobrade.	319
Quadro 4-2 – Registros de desastres de causas naturais no estado de Minas Gerais entre 2013 e 2022.....	321
Quadro 4-3 – Número de registros anuais dos desastres das causas mais recorrentes no estado de Minas Gerais.....	322
Quadro 4-4 – Classificação do Monitor de Secas da ANA.	330
Quadro 4-5 – Matriz de Vulnerabilidade a Inundações.	331
Quadro 4-6 – Classificação das CHs em níveis de probabilidade de ocorrência de desastres por eventos extremos de causas naturais.	368
Quadro 4-7 – Limites das classes de danos humanos, danos materiais e prejuízos dos desastres naturais para avaliação por CH.....	395
Quadro 4-8 – Classificação das CHs por consequências de desastres naturais, em danos humanos, danos materiais e prejuízos.	395
Quadro 4-9 – Classificação final das CHs por consequências dos desastres naturais...396	
Quadro 4-10 – Interpretação do teste de Mann-Kendall, para um nível de significância $\alpha = 0,05$	401

Quadro 4-11 – Indicadores selecionados para a avaliação de tendências com o Teste Mann-Kendall.....	402
Quadro 4-12 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de precipitação.....	407
Quadro 4-13 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de vazão.....	408
Quadro 4-14 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de precipitação.....	408
Quadro 4-15 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de vazão.....	408
Quadro 4-16 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de precipitação.....	409
Quadro 4-17 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de vazão.....	409
Quadro 4-18 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de precipitação.....	410
Quadro 4-19 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de vazão.....	410
Quadro 4-20 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de precipitação.....	410
Quadro 4-21 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de vazão.....	411
Quadro 4-22 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de precipitação.....	411
Quadro 4-23 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de vazão.....	411
Quadro 4-24 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de precipitação.....	412
Quadro 4-25 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de vazão.....	412
Quadro 4-26 – Matrix de Riscos 5 x 5.....	425
Quadro 4-27 –Risco relacionado a desastres naturais por CH em Minas Gerais.....	425
Quadro 4-28 – Matrix de Riscos 3 x 3.....	428
Quadro 4-29 – Classificação das CHs pelo risco projetado considerando tendências de eventos extremos e densidade populacional.....	429
Quadro 4-30 – Indicadores para avaliação da segurança hídrica por UEG.....	432
Quadro 4-31 – Média do IVDNS municipal para cada UEG em dois cenários (RCP 4.5 e 8.5) e a partir de dois modelos de dados climáticos (Eta-MIROC e HadGEM).....	434
Quadro 4-32 – Danos ou prejuízos considerados no PMSH.....	439
Quadro 4-33 – Danos humanos por tipo de desastre.....	440
Quadro 4-34 – Danos materiais por tipo de desastre.....	441
Quadro 4-35 – Prejuízos econômicos por tipo de desastre.....	441

Quadro 4-36 - Número de barragens por tipo de uso.....	447
Quadro 4-37 – Empreendedores com mais barragens cadastradas no estado.	448
Quadro 4-38 – Número de barragens por UEG e CH.	452
Quadro 4-39 - Número de barragens <i>off-stream</i> cadastrados por URGA.	456
Quadro 4-40 - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.	458
Quadro 4-41 – Lista de barragens que preocupam os órgãos fiscalizadores conforme o RSB 2021.....	466
Quadro 4-42 – Trechos sob risco de rompimento de barragens que interceptam Áreas Prioritárias para a Conservação por CH.....	505
Quadro 4-43 – Número de captações de abastecimento público por CH em trechos sob risco de rompimento de barragens.....	507
Quadro 5.1 – Reclassificação das classes de uso e cobertura do solo para análise do grau de conservação x degradação.....	527
Quadro 5.2 – Áreas Antrópicas e Áreas de Formações Naturais por CH.	528
Quadro 5.3 – Territórios das circunscrições hidrográficas (CH) de Minas Gerais ocupados pelos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	538
Quadro 5.4 – Áreas de APPs ripárias total, alteradas por ação antrópica e que possuem cobertura natural nas circunscrições hidrográficas do Estado de Minas Gerais.	542
Quadro 5.5 – Áreas de APP relacionadas ao relevo total, alteradas por ação antrópica e que possuem cobertura natural nas circunscrições hidrográficas do Estado de Minas Gerais.....	543
Quadro 5.6 - Reservas Legais por UEG.....	546
Quadro 5.7 – Áreas do território das circunscrições hidrográficas (CH) protegidas por Unidades de Conservação Integral e RPPN maiores que 500 hectares (UC-PI) e UCs de Uso Sustentável (UC-US).....	556
Quadro 5.8 – Territórios dos Biomas Caatinga, Cerrado e Mata atlântica no Estado de Minas Gerais protegidos por unidades de conservação dos grupos Proteção Integral (e RPPN > 500 ha) e Uso sustentável.	557
Quadro 5.9 – Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (IEF) em cada Circunscrição Hidrográfica na área do PMSH.	568
Quadro 5.10 – IBAs na área de abrangência do PMSH.....	570
Quadro 5.11 – Circunscrições hidrográficas, áreas e percentuais de Áreas Importantes para a Conservação das Aves (Important Bird Area – IBA).	574
Quadro 5.12 – Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas por CH.....	577
Quadro 5.13 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais nas CHs.	584
Quadro 5.14 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais.....	591
Quadro 5.15 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.	598
Quadro 5.16 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres em Minas Gerais nas CHs.	603
Quadro 5.17 – Situação de conservação e antropização das APEEs nas CHs.....	608

Quadro 5.18 - Situação de conservação e antropização das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial nas CHs.....613



LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Unidades Estratégicas de Gestão e Circunscrições Hidrográficas.	30
Figura 3.2 - Classificação dos empreendimentos.....	43
Figura 3.3 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas.	44
Figura 3.4 - Classificação do Índice de Estado Trófico.	44
Figura 3.5 - Classificação da contaminação por tóxicos.	45
Figura 3.6 – Uso e Cobertura do Solo na UEG1 para o ano de 2022	49
Figura 3.7 – Uso e Cobertura do Solo na UEG2 para o ano de 2022	50
Figura 3.8 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG1, em 2016.	52
Figura 3.9 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG1, em 2022.	52
Figura 3.10 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG2, em 2016. ..	54
Figura 3.11 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG2, em 2022. ..	54
Figura 3.12 – Classes de solo na UEG1.	60
Figura 3.13 – Mapa de solos na UEG2.	61
Figura 3.14 – Cobertura Vegetal na UEG1.....	63
Figura 3.15 – Cobertura vegetal na UEG2.	64
Figura 3.16 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG1.	66
Figura 3.17 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG2.	67
Figura 3.18 –Áreas de mineração na UEG1.....	70
Figura 3.19 –Áreas de mineração na UEG2.....	71
Figura 3.20 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG1.....	74
Figura 3.21 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG2.....	75
Figura 3.22 – Índice de atendimento de esgoto na UEG1.....	78
Figura 3.23 – Índice de atendimento de esgoto na UEG2.....	79
Figura 3.24 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG1.	81
Figura 3.25 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG2.	82
Figura 3.26 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	83
Figura 3.27 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	84
Figura 3.28 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.....	84
Figura 3.29 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	88
Figura 3.30 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO e limite superior do IET EUTRÓFICO.	89

Figura 3.31 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante. 89

Figura 3.32 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA. 93

Figura 3.33 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO. 94

Figura 3.34 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante. 94

Figura 3.35 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA. 97

Figura 3.36 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO e limite superior do IET EUTRÓFICO. 98

Figura 3.37 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante. 99

Figura 3.38 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA. 101

Figura 3.39 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO. 102

Figura 3.40 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante. 103

Figura 3.41 - Uso e Cobertura do Solo na UEG3 para o ano de 2022 107

Figura 3.42 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG3, em 2016. 110

Figura 3.43 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG3, em 2022. 110

Figura 3.44 - Mapa de solos na UEG3. 113

Figura 3.45 – Cobertura Vegetal na UEG3. 115

Figura 3.46 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG3. 117

Figura 3.47 – Áreas de mineração na UEG3. 120

Figura 3.48 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG3. 123

Figura 3.49 – Índice de atendimento de esgoto na UEG3. 125

Figura 3.50 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG3. 127

Figura 3.51 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA. 128

Figura 3.52 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	129
Figura 3.53 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	129
Figura 3.54 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	132
Figura 3.55 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	132
Figura 3.56 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	133
Figura 3.57 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	135
Figura 3.58 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	136
Figura 3.59 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Chuvoso (superior) e Período Seco (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	136
Figura 3.60 - Uso e Cobertura do Solo na UEG4 para o ano de 2022.	139
Figura 3.61 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG4, em 2016.	142
Figura 3.62 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG4, em 2022.	142
Figura 3.63 - Mapa de solos na UEG4.	146
Figura 3.64 – Cobertura Vegetal na UEG4.	148
Figura 3.65 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG4.	150
Figura 3.66 – Áreas de mineração na UEG4.	152
Figura 3.67 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG4.	155
Figura 3.68 – Índice de atendimento de esgoto na UEG4.	157
Figura 3.69 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG4.	159
Figura 3.70 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	160
Figura 3.71 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	161
Figura 3.72 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	161

Figura 3.73 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	164
Figura 3.74 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.....	164
Figura 3.75 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	165
Figura 3.76 - Uso e Cobertura do Solo na UEG5 para o ano de 2022.....	169
Figura 3.77 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG5, em 2016.	172
Figura 3.78 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG5, em 2022.	172
Figura 3.79 – Mapa de solos na UEG5.	175
Figura 3.80 – Cobertura Vegetal na UEG5.....	177
Figura 3.81 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG5.	179
Figura 3.82 – Áreas de mineração na UEG5.....	181
Figura 3.83 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG5.	184
Figura 3.84 – Índice de atendimento de esgoto na UEG5.....	186
Figura 3.85 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG5.	188
Figura 3.86 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	189
Figura 3.87 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.....	190
Figura 3.88 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	191
Figura 3.89 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.....	193
Figura 3.90 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Chuvoso (superior) e Período Seco (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	194
Figura 3.91 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.....	194
Figura 3.92 - Uso e Cobertura do Solo na UEG6 para o ano de 2022.....	198
Figura 3.93 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG6, em 2016.	200
Figura 3.94 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG6, em 2022.	200
Figura 3.95 – Mapa de solos na UEG6.	203
Figura 3.96 – Cobertura Vegetal na UEG6.....	205
Figura 3.97 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG6.	207

Figura 3.98 – Áreas de mineração na UEG6.....	209
Figura 3.99 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG6.....	212
Figura 3.100 – Índice de atendimento de esgoto na UEG6.....	214
Figura 3.101 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG6.	216
Figura 3.102 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Araguari/Quebra Anzol e Misericórdia (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.....	217
Figura 3.103 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Araguari/Quebra Anzol e Misericórdia (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	218
Figura 3.104 – Variação do IQA e IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Uberabinha (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA e faixa do IET MESOTRÓFICO.....	219
Figura 3.105 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) – Bacia do Rio Araguari (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.....	219
Figura 3.106 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paranaíba (UEG6). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.....	222
Figura 3.107 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paranaíba (UEG6). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	222
Figura 3.108 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo Rio Paranaíba (UEG6). Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.....	223
Figura 3.109 - Uso e Cobertura do Solo na UEG7 para o ano de 2022.....	226
Figura 3.110 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG7, em 2016.....	228
Figura 3.111 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG7, em 2022.....	228
Figura 3.112 – Mapa de solos na UEG7.	231
Figura 3.113 – Cobertura Vegetal na UEG7.....	233
Figura 3.114 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG7.	235
Figura 3.115 – Áreas de mineração na UEG7.....	237
Figura 3.116 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG7.....	240
Figura 3.117 – Índice de atendimento de esgoto na UEG7.....	242
Figura 3.118 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG7.	244
Figura 3.119 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul – Afluentes do Paraíba do Sul (UEG7). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.....	245
Figura 3.120 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul – Afluentes do Paraíba do Sul (UEG7). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.....	246

Figura 3.121 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul. Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	247
Figura 3.122 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.	250
Figura 3.123 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.	251
Figura 3.124 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.	252
Figura 3.125– Classificação dos pontos de monitoramento quanto à criticidade na qualidade da água.	260
Figura 3.126– Representatividade dos pontos de monitoramento em cada classe de criticidade quanto à qualidade da água por Circunscrição Hidrográfica (CH).	261
Figura 3.127 – Vulnerabilidade dos aquíferos do estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados baseado no índice DRASTIC modificado e mapa de vulnerabilidade de solos à contaminação por metais pesados.	264
Figura 3.128 – Áreas contaminadas sobrepostas aos sistemas aquíferos de Minas Gerais.	266
Figura 3.129 – Áreas contaminadas sobre cada sistema aquífero.	267
Figura 3.130 – Aterros controlados / lixões sobrepostos aos sistemas aquíferos de Minas Gerais.	268
Figura 3.131 – Aterros controlados/lixões sobre cada sistema aquífero.	269
Figura 3.132 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Cristalino.	271
Figura 3.133 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Cristalino.	272
Figura 3.134 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Metassedimentar.	274
Figura 3.135 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Metassedimentar.	275
Figura 3.136 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Coberturas Sedimentares.	277
Figura 3.137 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Coberturas Sedimentares.	278
Figura 3.138 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Bauru.	280
Figura 3.139 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Bauru.	281
Figura 3.140 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Cárstico.	283
Figura 3.141 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Cárstico.	284
Figura 3.142 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Serra Geral.	286
Figura 3.143 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Serra Geral.	287
Figura 3.144 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Aluvionar.	289
Figura 3.145 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Aluvionar.	290

Figura 3.146 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Metassedimentar Pelítico.....	292
Figura 3.147 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Metassedimentar pelítico.....	293
Figura 3.148 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Areado.....	295
Figura 3.149 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Areado. ..	296
Figura 3.150 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Tubarão.	298
Figura 3.151 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Guarani. .	300
Figura 3.152 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Uruçuia...	302
Figura 4.1 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.....	325
Figura 4.2 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022 (foco na faixa de 0 a 50 eventos).....	325
Figura 4.3 – Mês de ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.	325
Figura 4.4 – Histórico dos dados tabulares de seca para o Estado de Minas Gerais.	331
Figura 4.5 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação acumulada anual e mensais.....	402
Figura 4.6 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva anual e mensais.	403
Figura 4.7 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação diária máxima anual e mensais.	403
Figura 4.8 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico.	404
Figura 4.9 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico.	404
Figura 4.10 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias consecutivos sem chuvas no ano hidrológico.....	405
Figura 4.11 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão média anual e mensal.	406
Figura 4.12 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão máxima no ano hidrológico.	406
Figura 4.13 – Estrutura representativa para definição da vulnerabilidade, no contexto da mudança do clima.....	433
Figura 4.14 – Recarga total dos sistemas aquíferos em km³/ano por UEG.	435
Figura 4.15 - Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesado baseado no índice DRASTIC modificado.	437
Figura 4.16 - Número de barragens por uso principal, categorias mais recorrentes.....	448
Figura 4.17 - Indicador de Completude da Informação - SNISB.	449
Figura 4.18 - Material das barragens.....	450
Figura 4.19 - Barragens por faixas de altura.	451
Figura 4.20 - Barragens por faixas de volume (capacidade).....	451

Figura 4.21 – Barragens <i>off-stream</i> por altura.....	457
Figura 4.22 – Barragens <i>off-stream</i> por volume.....	457
Figura 4.23 - Distribuição das barragens em classes e seus índices DPA e CRI.	459
Figura 4.24 - Distribuição das barragens na CH SF1, classificadas em relação à segurança hídrica.	473
Figura 4.25 - Distribuição das barragens na CH SF2, classificadas em relação à segurança hídrica.	474
Figura 4.26 - Distribuição das barragens na CH SF3, classificadas em relação à segurança hídrica.	475
Figura 4.27 - Distribuição das barragens na CH SF4, classificadas em relação à segurança hídrica.	476
Figura 4.28 - Distribuição das barragens na CH SF5, classificadas em relação à segurança hídrica.	477
Figura 4.29 - Distribuição das barragens na CH SF6, classificadas em relação à segurança hídrica.	478
Figura 4.30 - Distribuição das barragens na CH SF7, classificadas em relação à segurança hídrica.	479
Figura 4.31 - Distribuição das barragens na CH SF8, classificadas em relação à segurança hídrica.	480
Figura 4.32 - Distribuição das barragens nas CHs SF9 e SF10, classificadas em relação à segurança hídrica.	481
Figura 4.33 - Distribuição das barragens na CH GD1, classificadas em relação à segurança hídrica.	482
Figura 4.34 - Distribuição das barragens na CH GD2, classificadas em relação à segurança hídrica.	483
Figura 4.35 - Distribuição das barragens na CH GD3, classificadas em relação à segurança hídrica.	484
Figura 4.36 - Distribuição das barragens na CH GD4, classificadas em relação à segurança hídrica.	485
Figura 4.37 - Distribuição das barragens nas CHs GD5 e PJ1, classificadas em relação à segurança hídrica.	486
Figura 4.38 - Distribuição das barragens na CH GD6, classificadas em relação à segurança hídrica.	487
Figura 4.39 - Distribuição das barragens na CH GD7, classificadas em relação à segurança hídrica.	488
Figura 4.40 - Distribuição das barragens na CH GD8, classificadas em relação à segurança hídrica.	489
Figura 4.41 - Distribuição das barragens na CH DO1, classificadas em relação à segurança hídrica.	490
Figura 4.42 - Distribuição das barragens na CH DO2, classificadas em relação à segurança hídrica.	491
Figura 4.43 - Distribuição das barragens na CH DO3, classificadas em relação à segurança hídrica.	492

Figura 4.44 - Distribuição das barragens na CH DO4, classificadas em relação à segurança hídrica.	493
Figura 4.45 - Distribuição das barragens na CH DO5, classificadas em relação à segurança hídrica.	494
Figura 4.46 - Distribuição das barragens na CH DO6, classificadas em relação à segurança hídrica.	495
Figura 4.47 - Distribuição das barragens nas CHs MU1, PE1, IU1 e SM1, classificadas em relação à segurança hídrica.	496
Figura 4.48 - Distribuição das barragens nas CHs JQ1 e PA1, classificadas em relação à segurança hídrica.	497
Figura 4.49 - Distribuição das barragens na CH JQ2, classificadas em relação à segurança hídrica.	498
Figura 4.50 - Distribuição das barragens nas CHs JQ3 e BU1, classificadas em relação à segurança hídrica.	499
Figura 4.51 - Distribuição das barragens na CH PN1, classificadas em relação à segurança hídrica.	500
Figura 4.52 - Distribuição das barragens na CH PN2, classificadas em relação à segurança hídrica.	501
Figura 4.53 - Distribuição das barragens na CH PN3, classificadas em relação à segurança hídrica.	502
Figura 4.54 - Distribuição das barragens na CH PS1, classificadas em relação à segurança hídrica.	503
Figura 4.55 - Distribuição das barragens nas CHs PS2 e IB1, classificadas em relação à segurança hídrica.	504
Figura 5.1 – Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de oportunidade.	579
Figura 5.2 – Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de vulnerabilidade.	580
Figura 5.3 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais.	585
Figura 5.4 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas prioritárias para Oferta Hídrica.	593
Figura 5.5 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.	599
Figura 5.6 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.	604
Figura 5.7 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das APEEs.	609
Figura 5.8 - Qualidade da água e exigência dos usos de acordo com as classes da Resolução CONAMA 357/2005.	611
Figura 5.9 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial.	613

SUMÁRIO

1	PREFÁCIO	25
2	INTRODUÇÃO	26
3	SUBPRODUTO 2D	28
3.1	Objetivos	28
3.2	Área de abrangência	28
3.3	Metodologia.....	32
3.4	Relação dos fatores de pressão e qualidade da água	47
3.4.1	Afluentes do Alto (UEG1) e Baixo São Francisco (UEG2).....	48
3.4.2	Afluentes do Rio Grande (UEG3).....	106
3.4.3	Afluentes do Rio Doce (UEG4)	138
3.4.4	Afluentes do Rio Jequitinhonha (UEG5)	168
3.4.5	Afluentes do Rio Paranaíba (UEG6)	197
3.4.6	Afluentes do Rio Paraíba do Sul (UEG7).....	225
3.5	Discussão dos resultados e mapeamento de trechos críticos de qualidade da água superficial.....	255
3.6	Análise integrada da qualidade de água subterrânea.....	262
3.6.1	Sistema Aquífero Cristalino.....	269
3.6.2	Sistema Aquífero Metassedimentar	273
3.6.3	Sistema Aquífero Coberturas Sedimentares.....	276
3.6.4	Sistema Aquífero Bauru	279
3.6.5	Sistema Aquífero Cárstico	282
3.6.6	Sistema Aquífero Serra Geral	285
3.6.7	Sistema Aquífero Aluvionar.....	288
3.6.8	Sistema Aquífero Metassedimentar Pelítico	291
3.6.9	Sistema Aquífero Areado	294
3.6.10	Sistema Aquífero Tubarão	297
3.6.11	Sistema Aquífero Guarani.....	299
3.6.12	Sistema Aquífero Uruçuia	301
3.7	Considerações finais	303
3.8	Referências Bibliográficas.....	305
	APÊNDICES	309
	APÊNDICE I – DADOS DA REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADAS NO ESTUDO	310
	APÊNDICE II – INFORMAÇÕES SOBRE PARÂMETROS EM DESCONFORMIDADE	311
	APÊNDICE III – CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO NAS OTTOBACIAS NÍVEL 6	312
	APÊNDICE IV – USO E COBERTURA DO SOLO EM FORMATO VETORIAL.....	313

APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG.....	314
APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6	315
APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.....	316
APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6	317
4 SUBPRODUTO 2E, 2F e 2G	318
4.1 Objetivos	318
4.2 Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à eventos extremos	318
4.2.1 Diagnóstico da ocorrência, frequência e impactos de eventos extremos	319
4.2.2 Projeção sobre a recorrência dos eventos extremos.....	399
4.2.3 Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos extremos, através de indicadores	425
4.3 Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos	438
4.3.1 Mensuração dos impactos e custos associados à ocorrência de eventos extremos.....	438
4.3.2 Análise de custo-benefício da implementação do PMSH	443
4.4 Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente ao rompimento de barragens.....	444
4.4.1 Inventário de reservatórios <i>off-stream</i> , barragens de rejeito, resíduos perigosos e água	445
4.4.2 Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos de rompimento de reservatórios	457
4.4.3 Identificação das estruturas hidráulicas que poderão oferecer risco a segurança hídrica	469
4.4.4 Pontos de interesse nas áreas potencialmente afetadas por rompimento de barragens	504
4.5 Considerações finais	507
4.6 Referências bibliográficas	511
APÊNDICES.....	517
APÊNDICE IX – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	518
APÊNDICE X – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DO NÚMERO DE DIAS COM CHUVA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	519
APÊNDICE XI – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	520
APÊNDICE XII – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA VAZÃO MÉDIA MENSAL POR ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA.....	521
APÊNDICE XIII – RELAÇÃO DAS CAPTAÇÕES EM TRECHOS EM RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS À MONTANTE	522
APÊNDICE XIV – TRECHOS SOB RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS QUE INTERCEPTAM ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO	523
5 SUBPRODUTO 2H	524

5.1	Objetivos e contextualização da abordagem metodológica	524
5.2	Grau de conservação das áreas de preservação permanente e reservas legais	527
5.2.1	Áreas de Preservação Permanente	540
5.2.2	Reservas Legais	545
5.3	Áreas protegidas criadas.....	555
5.4	Áreas indicadas para a conservação da biodiversidade	566
5.4.1	Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais	566
5.4.2	Áreas Importantes para a Conservação das Aves e Biodiversidade	570
5.5	Ampliação da rede de áreas protegidas.....	575
5.6	Revitalização e conservação de áreas de interesse como estratégias para segurança hídrica	581
5.6.1	Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais – Alvos de Recursos Hídricos	581
5.6.2	Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em Minas Gerais	606
5.6.3	Conservação das Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs)	608
5.6.4	Conservação de áreas a montante de trechos enquadrados como classe especial	611
5.7	Iniciativas de restauração ambiental na área do PMSH	616
5.7.1	Programas Estaduais.....	616
5.7.2	Programas por Bacia Hidrográfica	621
5.8	Considerações finais	628
5.9	Referências bibliográficas	631
	APÊNDICES	634
	APÊNDICE XV - UCS LOCALIZADAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PMSH	635
	APÊNDICE XVI - RESUMO INICIATIVAS DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL	636

1 PREFÁCIO

O presente relatório RF002 consiste na consolidação de todos os subprodutos e relatórios parciais produzidos ao longo da etapa de Estudos e Levantamentos e que estão abaixo relacionados:

- ❖ Relatório Parcial RP001: composto pelos seguintes subprodutos:
 - Subproduto 2A: Estudo de oferta de água;
 - Subproduto 2B: Estudo de demanda hídrica pelo uso da água;
 - Subproduto 2C: Estudo de áreas com vocação econômica cuja água é um fator prioritário.
- ❖ Relatório Parcial RP002: composto pelo seguinte subproduto:
 - Subproduto 2D: Levantamento dos fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas.
- ❖ Relatório Parcial RP003: composto pelos seguintes subprodutos:
 - Subproduto 2E: Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente a eventos extremos;
 - Subproduto 2F: Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos;
 - Subproduto 2G: Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente a rompimento de barragens e reservatórios *off-stream*.
- ❖ Relatório Parcial RP004: composto pelo seguinte subproduto:
 - Subproduto 2H: Avaliação da conservação e restauração da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos.
- ❖ Relatório Parcial RP005: composto pelo seguinte subproduto:
 - Subproduto 2I: Estudo da situação do saneamento básico.
- ❖ Relatório Parcial RP006: composto pelo seguinte subproduto:
 - Subproduto 2J: Inventário de intervenções estruturais e não estruturais com a proposição de novas intervenções.

Devido ao grande volume de textos, quadros, mapas e figuras, o RF002 foi dividido em 3 tomos, com as seguintes composições:

- ❖ Tomo I: contém o RP001;
- ❖ **Tomo II: contém os RPs 002, 003 e 004;**
- ❖ Tomo III: contém os RPs 005 e 006.

2 INTRODUÇÃO

O Plano Mineiro de Segurança Hídrica – PMSH vem sendo elaborado no contexto do Contrato nº 9337386 celebrado entre o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM e o Consórcio Profill – Engecorps.

A partir do desenvolvimento do Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH, essa temática vem ganhando força no país, como uma forma de planejamento estratégico da infraestrutura hídrica. A segurança hídrica é uma condição indispensável para o desenvolvimento social e econômico, especialmente em função de impactos hidrológicos extremos que vêm sendo percebidos cada vez com maior frequência e intensidade.

Nesse sentido, como exposto no próprio PNSH, em regiões em que a disponibilidade hídrica já é reduzida por natureza, as crises hídricas vêm ocorrendo por períodos mais prolongados. Por outro lado, outras porções do território que não tinham, até então, manifestado desequilíbrio significativo entre ofertas e demandas por água, vêm apresentando problemas relacionados ao abastecimento de água para os usos existentes, o que influencia diretamente a manutenção de processos de desenvolvimento. Ao mesmo tempo, problemas de inundações relacionadas a chuvas intensas vêm também sendo intensificados ao longo dos últimos anos.

De acordo com o conceito da Organização das Nações Unidas – ONU, a segurança hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação os ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água.

Dessa forma, o presente estudo vem sendo desenvolvido ao encontro desse conceito ao considerar essas quatro dimensões relacionadas à garantia de água para questões de suprimento para atividades produtivas, para necessidades básicas da população, preservação de ecossistemas e resiliência a eventos extremos de secas e cheias.

Em Minas Gerais, o desenvolvimento do PMSH vem sendo realizado no contexto do Programa “Somos Todos Água”, que faz parte de um conjunto de ações do órgão gestor, que implementadas juntas, buscam aumentar a segurança hídrica no Estado, o qual, atualmente, é constituído por duas metas: o PMSH e o Projeto de revitalização na Bacia Hidrográfica do rio Viamão.

O PMSH tem como área de abrangência a totalidade do estado, dividido pela Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH nº 66/2020 em Unidades Estratégicas de Gestão – UEGs e Circunscrições Hidrográficas – CHs. Dessa forma, considerando que as políticas nacional e estadual de recursos hídricos dispõem que a bacia hidrográfica deve ser a unidade territorial de planejamento e gerenciamento, ao longo de todo o trabalho serão mostrados os resultados seguindo as unidades de gestão formalizadas pelo próprio CERH.

Como já exposto anteriormente no Produto 1 – Plano de Trabalho, o desenvolvimento do estudo inicia-se pela etapa de Estudos e Levantamentos, segue pelo Mapeamento das Áreas

Prioritárias para Revitalização de Bacias e Promoção da Segurança Hídrica de Minas Gerais e conclui com a apresentação do Banco de Projetos. Todos esses trabalhos são acompanhados por importantes atividades de oficinas temáticas, eventos e reuniões, bem como um processo de comunicação social, mobilização e educação ambiental intensos, que farão com que a sociedade mineira tenha acesso e possa acompanhar e internalizar os estudos ora em desenvolvimento.

Nesse contexto, o presente produto foi desenvolvido na etapa de Estudos e Levantamentos, constituindo o RF002, que contempla o conteúdo da Etapa 2 – Estudo e Levantamentos. Para o atendimento a todas as demandas previstas para essa análise, este relatório foi estruturado em sete capítulos com o seguinte conteúdo:

- Capítulo 1 – Prefácio: introduz e contextualiza o produto;
- Capítulo 2 – Introdução: introduz e contextualiza os estudos;
- Capítulo 3 – Subproduto 2D: apresenta o conteúdo do Subproduto 2D – Levantamento dos fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas;
- Capítulo 4 – Subprodutos 2E, 2F e 2G: apresenta o conteúdo dos subprodutos 2E – Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à eventos extremos, 2F – Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos e 2G – Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à rompimento de Barragens;
- Capítulo 5 – Subproduto 2H: apresenta o conteúdo do Subproduto 2H – Avaliação da conservação e restauração da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos;
- Capítulo 7 – Referências bibliográficas.

3 SUBPRODUTO 2D

3.1 Objetivos

O PMSH tem o objetivo geral de ser a principal ferramenta de planejamento para a garantia de Segurança Hídrica para o Estado de Minas Gerais. Para isso, tem objetivos específicos de subsidiar a gestão de recursos hídricos, definir áreas prioritárias para atuação, propor um banco de projetos com ações estruturantes e não estruturantes e propor um plano de Comunicação, Mobilização e Educação Ambiental visando a difundir informações e conhecimentos durante sua fase de implementação.

De forma a atender aos objetivos do PMSH, este produto apresenta o objetivo geral de levantar os fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas a partir da análise do uso e cobertura do solo. Ao desenvolver os estudos e levantamentos em questão, apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Realizar estudo de uso e cobertura do solo;
- Identificar as principais atividades antrópicas e os elementos naturais que são fontes de poluições e/ou que gerem impacto negativo na qualidade da água por ottobacia nível 6;
- Elaborar um estudo de correlação entre o uso e cobertura do solo e informações complementares junto a alterações na qualidade das águas para a identificação de fatores de pressão;
- Com base nos resultados obtidos, identificar áreas críticas;
- Propor critérios de criticidade relacionados à qualidade das águas.

3.2 Área de abrangência

Para o desenvolvimento dos estudos, o primeiro aspecto a ser considerado é a área de abrangência e delimitação das unidades de gestão que serão consideradas. Nesse sentido, cabe lembrar, como já exposto no plano de trabalho, que o estudo é desenvolvido para todo o estado de Minas Gerais.

Na sequência, foi avaliada a Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) nº 66/2020, que estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão (UEG) do Estado de Minas Gerais, alterada pela DN nº 71, de 22 de dezembro de 2021. De uma forma geral, dividiu o estado em sete UEGs e cada uma delas é, ainda, subdividida em Circunscrições Hidrográficas (CHs). A seguir, é apresentada a relação de unidades, sendo espacializadas e apresentadas suas informações de áreas de drenagem na sequência.

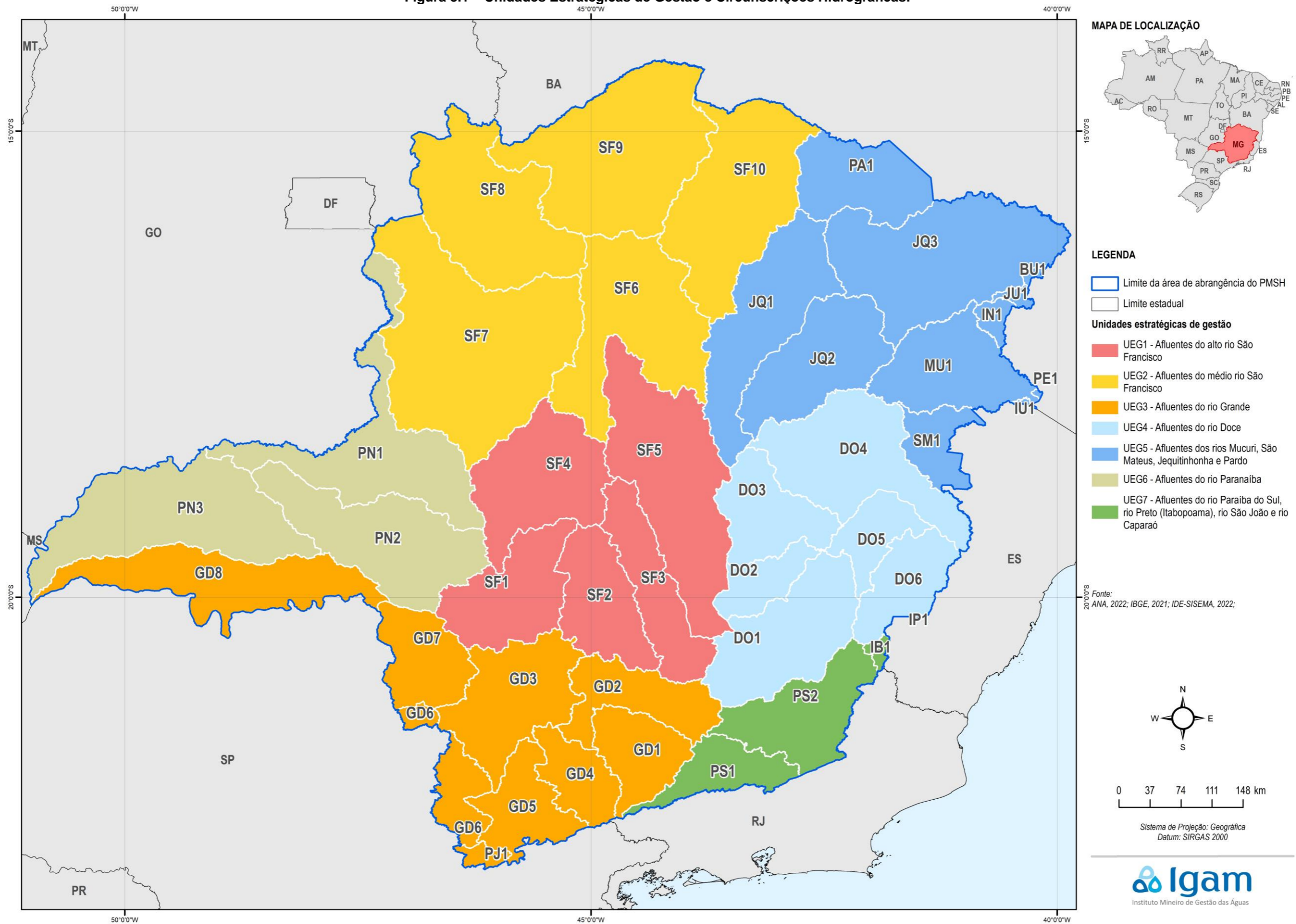
A partir da DN supracitada, a divisão hidrográfica do estado é realizada nas seguintes UEGs e suas respectivas CHs:

1. Afluentes do Alto Rio São Francisco: composta pelas CHs SF1, SF2, SF3, SF4 e SF5;
2. Afluentes do Médio Rio São Francisco: composta pelas CHs SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10;

3. Afluentes do Rio Grande: composta pelas CHs GD1, GD2, GD3, GD4, GD5, GD6, GD7, GD8 e PJ1,
4. Afluentes do Rio Doce: composta pelas CHs DO1, DO2, DO3, DO4, DO5, DO6 e IP1;
5. Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo: composta pelas CHs JQ1, JQ2, JQ3, MU1, PA1 e SM1 e bacias PE1, BU1, IN1, IU1 e JU1;
6. Afluentes do Rio Paranaíba: composta pelas CHs PN1, PN2 e PN3; e
7. Afluentes do Rio Paraíba do Sul, Rio Preto (Itabopoama), Rio São João e Rio Caparaó: composta pelas CHs PS1, PS2 e bacia IB1.

A Figura 3.1 apresenta a espacialização das unidades em questão com a divisão do território de mineiro em UEGs e CHs. Na sequência, o Quadro 3.1 apresenta a nomenclatura das CHs e UEGs e dados referentes às áreas de drenagem. Tais informações são relevantes, uma vez que serão utilizadas em todas as análises que serão apresentadas nos capítulos seguintes.

Figura 3.1 – Unidades Estratégicas de Gestão e Circunscrições Hidrográficas.



Fonte: elaboração própria.

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Quadro 3.1 – Nomes e áreas das UEGs e CHs de Minas Gerais.

Nomes e áreas das UEGs e CHs					
UEG	Nome	Área UEG (Km ²)	CH	Nome	Área CH (km ²)
UEG1	Afluentes do Alto Rio São Francisco	84.907,07	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,18
			SF2	Rio Pará	12.223,94
			SF3	Rio Paraopeba	12.054,70
			SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,89
			SF5	Rio das Velhas	27.871,35
UEG2	Afluentes do Médio Rio São Francisco	149.837,63	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	24.820,23
			SF7	Rio Paracatu	41.475,22
			SF8	Rio Urucuia	25.039,57
			SF9	Rio Pandeiros	32.094,91
			SF10	Rio Verde Grande	26.407,70
UEG3	Afluentes do Rio Grande	87.210,81	GD1	Alto rio Grande	8.757,99
			GD2	Rio das Mortes	10.557,04
			GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10
			GD4	Rio Verde	6.881,58
			GD5	Rio Sapucaí	8.823,00
			GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,17
			GD7	Médio rio Grande	9.757,32
			GD8	Baixo rio Grande	18.673,90
			PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,71
UEG4	Afluentes do Rio Doce	71.284,35	DO1	Rio Piranga	17.926,60
			DO2	Rio Piracicaba	5.462,49
			DO3	Rio Santo Antônio	10.980,54
			DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,56
			DO5	Rio Caratinga	6.333,84
			DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70
			IP1	Rio Itapemirim	32,63
UEG5	Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	101.438,82	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,93
			JQ2	Rio Araçuaí	16.289,09
			JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75
			MU1	Rio Mucuri	14.582,55
			PA1	Rio Pardo	12.747,11
			SM1	Rio São Mateus	5.612,33
			PE1	Rio Peruípe	83,31
			IU1	Rio Itaúnas	128,41
			IN1	Rio Itanhém	1.517,69
			BU1	Rio Buranhém	329,26
			JU1	Rio Jucuruçu	710,39
UEG6	Afluentes do Rio Paranaíba	70.651,77	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,54
			PN2	Rio Araguari	21.491,44
			PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,79
UEG7	Afluentes do Rio Paraíba do Sul, Rio Preto (Itabapoana), Rio São João e Rio Caparaó	21.378,86	IB1	Rio Itabapoana	661,78
			PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,57
			PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,51
Total					586.709,31

Fonte: elaboração própria, a partir da base espacial disponibilizada para os estudos.

Ainda sobre a área de estudo, é importante destacar que, por determinação do Termo de Referência, os fatores de pressão identificados neste relatório devem ser apresentados por sub-bacias (ottobacias nível 6). Minas Gerais possui em seu território 4.944 polígonos de ottobacias nível 6, o que dificulta a apresentação desses dados ao longo do relatório. Por isso,

para essas unidades de análise foram elaborados apêndices que acompanham esse relatório por ottobacia nível 6.

É sobre essa área de estudo, já previamente dividida em unidades de análise (CHs e UEGs) que se desenvolvem os estudos e levantamentos sobre os fatores de pressão que influenciam a qualidade da água.

3.3 Metodologia

A metodologia proposta divide-se em quatro etapas: (i) estudo de uso e cobertura do solo; (ii) identificação dos fatores de pressão, considerando elementos naturais e atividades antrópicas; (iii) levantamento das informações sobre qualidade das águas; e (iv) correlação entre o uso e cobertura do solo e os fatores de pressão em relação aos resultados do monitoramento de qualidade das águas. Esta última etapa tem como objetivo a proposição de critérios de criticidade relacionados à qualidade da água.

As três primeiras etapas visam gerar subsídios consolidados para a realização da quarta etapa. Essa última tem como objetivo central a proposição de critérios de criticidade relacionados à qualidade da água, conforme item 8.2.4. do Termo de Referência. Assim sendo, todo o desenvolvimento deste relatório está voltado a atender esse objetivo.

3.3.1.1 Etapa 1: Estudo do uso e cobertura do solo

O Termo de Referência especifica que deve ser realizado estudo do uso e cobertura do solo do estado de Minas Gerais a partir de mapeamento pré-existente, sugerindo o uso do mapeamento realizado pelo Projeto MapBiomias.

O item 3.3.1.1.1 apresenta o dado de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomias, resumindo o processo de elaboração, a acuracidade e o sistema de classificação utilizado. O item 3.3.1.1.2 traz um comparativo do sistema de classificação utilizado no Projeto MapBiomias com outros sistemas de classificação de uso e cobertura do solo. E o item 3.3.1.1.3 apresenta o processo de refinamento da mineração no uso e cobertura do solo.

O Termo de Referência indica, também, a realização de trabalho de campo, que foi realizado, mas, por decisão colegiada do CG conforme documento 81119688 processo SEI 2240.01.0004974/2021-64, houve a decisão de usar a Versão Beta da informação de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomias, já que essa alta resolução atenderia aos propósitos do trabalho.

3.3.1.1.1 Uso e Cobertura do Solo do Projeto MapBiomias

O Projeto MapBiomias é uma iniciativa multi-institucional, iniciada em 2015, que publicou a primeira coleção do mapeamento do uso e cobertura do solo nos biomas brasileiros em 2016. Desde então, tem aprimorado o processamento da série até a Coleção 8, mais recente, publicada em 2023 (Projeto MapBiomias, 2022a, 2023a).

O processamento das imagens utilizadas e dos resultados intermediários obtidos é realizado pelo Projeto MapBiomias no ambiente do Google Earth Engine, plataforma online que

possibilita o uso de processamento e armazenamento de dados em nuvem. Nesse processo, utiliza como linguagem de programação para edição e criação de aplicações Javascript e Python, sendo que o primeiro é utilizado, principalmente, para criação e edição de códigos que possibilitam o processamento e o segundo para a otimização de classificação e extração de estatística pós classificação (Projeto MapBiomias, 2022a).

O processo para a geração dos dados de uso e cobertura do solo do MapBiomias pode ser dividido em sete etapas. A primeira etapa consiste na geração dos mosaicos anuais do Landsat¹, abrangendo janelas temporais específicas para otimizar o contraste espectral e discriminar melhor as classes de uso e cobertura do solo. A segunda etapa utiliza os dados de cada banda do Landsat para gerar a classificação de florestas. A terceira etapa se utiliza de um conjunto de amostras para cada bioma, ano e classe para o treinamento do classificador. A quarta etapa categoriza através do classificador, já treinado, obtendo um mapa de uso e cobertura do solo para cada ano da série. Nesse último processo, excetuam-se as classes: aquicultura, mineração, irrigação, arroz e citrus, que têm sua classificação realizada por redes neurais, também utilizando um conjunto de amostras. Na quinta etapa, um conjunto de filtros espaciais e temporais é aplicado para a remoção de ruídos na classificação. Finalmente, na sexta etapa, o conjunto de dados obtido é integrado, valendo-se de uma série de regras de prevalência e hierarquia entre os temas, resultando no produto final (Projeto MapBiomias, 2022a).

A sétima etapa consiste na avaliação da acurácia da classificação, em que um conjunto de aproximadamente 75.000 amostras independentes por ano da série é analisado para validação. Os resultados obtidos na Coleção 8 foram de acurácia global 85,8 a 90%, sendo que a acurácia global para o nível 3, mais detalhado, no processo geral foi de 85,8% e no nível 1, menos detalhado, de 90%. Já na Coleção 7.1, a acurácia global foi de 91,5% no nível 1 e de 88,1% no nível 3. Em termos de escala espacial, o Projeto MapBiomias recomenda a utilização dos dados em escala 1:100.000 ou menores para o mapeamento com resolução espacial de 30 m, que tem origem nas imagens Landsat, e não apresenta orientação específica para o mapeamento que tem origem nas imagens Sentinel-2 e resolução espacial de 10 m. Contudo, esse último possui uma resolução espacial mais detalhada, o que permite a utilização em escalas maiores (Projeto MapBiomias, 2023b, 2024).

O MapBiomias Coleção 8 está estruturado em um sistema de classificação de quatro níveis com descrições das classes que diferem entre os Biomas brasileiros. Semelhante à classificação da Coleção 8, a Coleção Beta, com resolução espacial de 10 m, utiliza-se da classificação da Coleção 7.1 com detalhamento até o nível 3 (Projeto MapBiomias, 2023a, 2023d).

A classificação utilizada para o PMSH foi a mais detalhada disponível, ou seja, a Coleção Beta, que possui resolução espacial de 10 m e a legenda até o nível 3. A série temporal

¹ O programa Landsat é uma série constante de missões de satélite de observação da Terra desenvolvido em colaboração pela NASA e pelo USGS (links para ambos em inglês). Desde o lançamento do primeiro satélite, Landsat 1, em 1972, essas missões têm fornecido o registro mais longo e contínuo de dados sobre a superfície da Terra obtidos a partir do espaço. Os dados utilizados possuem pixels com resolução espacial de 30 m e foram obtidos por diferentes satélites mais recentes como os Landsat 5, 7 e 8 (MapBiomias, 2022a; USA, 2023).

utilizada inicia em 2016 e finaliza em 2022, sendo essa a mais recente publicada em 2023 (Projeto MapBiomias, 2023a, 2023d).

Em Minas Gerais predominam os biomas de Mata Atlântica e Cerrado, com algumas ocorrências de Caatinga. Por isso, as classes apresentadas no Quadro 3.2 consideram esses três biomas, quando aplicável. Esse quadro apresenta as classes que ocorrem em Minas Gerais.

Quadro 3.2 - Classes de uso e cobertura do solo na classificação do MapBiomias na Coleção 7.1 com ocorrência em Minas Gerais.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Biomias
Floresta	Formação Florestal			Caatinga
				Cerrado
				Mata Atlântica
	Formação Savânica			Caatinga
		Cerrado		
		Mata Atlântica		
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa			Cerrado
				Mata Atlântica
	Formação Campestre			Caatinga
				Cerrado
				Mata Atlântica
Afloramento Rochoso				
Outras Formações não Florestais				Mata Atlântica
Agropecuária	Pastagem			
	Agricultura	Lavoura Temporária		Soja
				Cana
				Algodão (Versão BETA)
				Outras Lavouras Temporárias
		Lavoura Perene		Café
				Citrus
				Outras Lavouras Perenes
	Silvicultura			
	Mosaico de Usos			
				Cerrado
				Mata Atlântica
				Áreas Urbanizadas
Área Não Vegetada	Praia, Duna e Areal			
	Área Urbanizada			
	Mineração			
	Outras Áreas não Vegetadas			Caatinga
			Cerrado	
			Mata Atlântica	
Corpos D'água	Rio, Lago e Oceano			
Não Observado				

Fonte: Projeto MapBiomias (2023).

O Quadro 3.3 apresenta a descrição para cada uma das classes nos biomas.

Quadro 3.3 – Descrição das classes de uso e cobertura do solo na classificação do MapBiomias Coleção 7.1 com ocorrência em Minas Gerais.

Classe	Bioma	Descrição breve
Formação Florestal	Caatinga	Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semidecidual e Decidual.
	Cerrado	Tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão) (Ribeiro & Walter, 2008), além de florestas estacionais semidecíduais.
	Mata Atlântica	Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.
Formação Savânica	Caatinga	Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.
	Cerrado	Formações savânicas com estratos arbóreo e arbustivo-herbáceos definidos (Cerrado Sentido Restrito: Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo e Cerrado rupestre).
	Mata Atlântica	Savanas, Savanas-Estépicas Florestadas e Arborizadas.
Campo Alagado e Área Pantanosa	Cerrado	Vegetação com predomínio de estrato herbáceo sujeita ao alagamento sazonal (ex. Campo Úmido) ou sobre influência fluvial/lacustre (ex. Brejo). Em algumas regiões a matriz herbácea ocorre associada às espécies arbóreas de formação savânica (ex. Parque de Cerrado) ou de palmeiras (Vereda, Palmeiral).

Classe	Bioma	Descrição breve
	Mata Atlântica	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre.
Formação Campestre	Caatinga	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva).
	Cerrado	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre.
	Mata Atlântica	Savanas e Savanas-Estépicas Parque e Gramíneo-Lenhosa, Estepe e Pioneiras Arbustivas e Herbáceas.
Afloramento Rochoso		Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade.
Outras Formações não Florestais		Outras Formações Naturais não florestais que não puderam ser categorizadas.
Pastagem		Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.
Soja		Áreas cultivadas com a cultura da soja.
Cana		Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar
Algodão (Versão BETA)		Áreas cultivadas com a cultura do algodão.
Outras Lavouras Temporárias		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Café		Áreas cultivadas com a cultura do café.
Citrus		Áreas cultivadas com a cultura do citrus.
Outras Lavouras Perenes		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. Nessa versão, o mapa abrange majoritariamente áreas de caju, no litoral do nordeste e dendê na região nordeste do Pará, porém sem distinção entre eles.
Silvicultura		Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
Mosaico de Usos	Caatinga	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
	Cerrado	
	Mata Atlântica	
	Áreas Urbanizadas	Áreas de vegetação urbana, incluindo vegetação cultivada e vegetação natural florestal e não-florestal.
Praia, Duna e Areal		Cordões arenosos, de coloração branco brilhante, onde não há o predomínio de vegetação de nenhum tipo.
Área Urbanizada		Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Mineração		Áreas referentes a extração mineral de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação antrópica. Somente são consideradas áreas próximas a referências espaciais de recursos minerais do CPRM (GeoSGB), da AhkBrasilien (AHK), do projeto DETER (INPE), do Instituto Socioambiental (ISA) e de FL Lobo et al. 2018.
Outras Áreas não Vegetadas	Caatinga	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
	Cerrado	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em área natural ou em áreas de cultura em entressaíra.
	Mata Atlântica	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
Rio, Lago e Oceano		Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
Não Observado		Áreas bloqueadas por nuvens ou ruído atmosférico, ou com ausência de observação.

Fonte: Projeto MapBiomias (2023).

Observa-se que a classificação do Projeto MapBiomass para as informações de uso e cobertura do solo apresentam detalhamento importante, especialmente considerando o mapeamento com resolução espacial de 10m.

3.3.1.1.2 *Sistemas de classificação de uso e cobertura do solo*

No Brasil, o sistema de classificação mais difundido é apresentado por IBGE (2013): o Sistema de Classificação de Uso da Terra (SCUT), que está estruturado em três níveis de classificação (classe, subclasse e unidade), sendo que a classificação apresentada pelo Projeto MapBiomass é próxima à classificação de Nível II do SCUT. Outro sistema de classificação que pode ser citado é o apresentado por *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2012), que estrutura uma classificação em quatro níveis.

O Quadro 3.4 apresenta o comparativo entre as classes dos sistemas de classificação. Para o sistema apresentado por IBGE (2013) não é apresentado o nível III, pois esse é bastante detalhado, envolvendo outras temáticas – como unidades de conservação e terras indígenas -, o que o torna pouco aderente à classificação proposta pelo Projeto MapBiomass.

Analisando os sistemas de classificação, observa-se que a classificação adotada pelo projeto MapBiomass possui boa aderência aos outros sistemas de classificação, com a ressalva já realizada sobre o nível 3 da classificação apresentada por IBGE (2013). Assim sendo, não se identificou oportunidade de alteração na classificação utilizada pelo Projeto MapBiomass que resultasse em ganho na análise objeto deste relatório. Destaca-se que o sistema de classificação do Projeto MapBiomass tem entre as referências para sua elaboração o SCUT (IBGE, 2013), ou seja, não se esperava discordâncias relevantes entre os sistemas. Observa-se, ainda, que a aderência aos sistemas não implica que detalhamentos a algumas classes do MapBiomass não sejam necessários e esses são desenvolvidos em outros itens deste relatório.

Quadro 3.4 - Comparativo entre os sistemas de classificação de uso e cobertura do solo.

IBGE (2013)		Projeto MapBiomias			FAO (2012)				
Nível I	Nível II	Classe Nível 4		Biomias	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	
3 - Áreas de Vegetação Natural	3.1 - Área Florestal	Formação Florestal	Caatinga	Floresta	Floresta	Floresta naturalmente regenerada	Floresta perene naturalmente regenerada	Floresta primária	
			Cerrado	Floresta			Floresta naturalmente regenerada	Floresta primária semidecidual	
			Mata Atlântica	Floresta	Floresta naturalmente regenerada	Floresta primária			
		Formação Savânica	Caatinga	Floresta	Floresta naturalmente regenerada	Floresta decidual naturalmente regenerada	Floresta primária decidual		
			Cerrado		Vegetação arbustiva				
			Mata Atlântica	Floresta	Floresta naturalmente regenerada	Floresta decidual naturalmente regenerada	Floresta primária decidual		
	3.2 - Área Campestre	Campo Alagado e Área Pantanosa	Cerrado	Outras áreas	Natural	Área úmida			
			Mata Atlântica						
		Formação Campestre	Caatinga	Outras áreas florestadas	Campo com vegetação arbórea/arbustiva				
				Outras áreas	Natural	Campo natural			
				Outras áreas florestadas	Vegetação arbustiva				
			Cerrado	Outras áreas florestadas	Campo com vegetação arbórea/arbustiva				
	Mata Atlântica	Outras áreas	Natural	Campo natural					
5 - Outras Áreas	5.1 - Áreas Descobertas	Afloramento Rochoso			Outras áreas	Natural	Terras improdutivas		
3 - Áreas de Vegetação Natural	3.2 - Área Campestre	Outras Formações não Florestais			Outras áreas florestadas	Campo com vegetação arbórea/arbustiva			
					Outras áreas	Natural	Campo natural		
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	2.3 - Pastagens	Pastagem			Outras áreas	Cultivadas	Pastagens plantadas		
	2.1 - Culturas Temporárias	Agricultura	Lavoura Temporária	Soja	Outras áreas	Cultivo	Cultivo anual		
				Cana					
			Algodão (Versão BETA)						
	Outras Lavouras Temporárias								
2.2 - Culturas Permanentes	Lavoura Perene	Café	Outras áreas	Cultivo	Cultivo perene				
		Citrus							
		Outras Lavouras Perenes							
	2.4 - Silvicultura	Silvicultura			Floresta	Floresta plantada			



IBGE (2013)		Projeto MapBiomias		FAO (2012)			
Nível I	Nível II	Classe Nível 4	Biomias	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
	2.5 - Uso não Identificado	Mosaico de Usos	Caatinga Cerrado Mata Atlântica	Outras áreas	Cultivadas	Cultivo anual	Mosaico de cultivos anuais e perenes
			Áreas Urbanizadas	Outras áreas	Natural	Pastagens cultivadas	Campo natural
5 - Outras Áreas	5.1 - Áreas Descobertas	Praia, Duna e Areal		Outras áreas	Natural	Terras improdutivas	
1 - Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1.1 - Áreas Urbanizadas	Área Urbanizada		Outras áreas	Área construída		
	1.2 - Áreas de Mineração	Mineração		Outras áreas	Mineração		
5 - Outras Áreas	5.1 - Áreas Descobertas	Outras Áreas não Vegetadas	Caatinga Cerrado Mata Atlântica	Outras áreas	Área construída Mineração		
4 - Água	4.1 - Águas Continentais	Rio, Lago e Oceano		Águas Continentais	Rios perenes		
					Rios intermitentes		
					Lagos		
					Lagos de barramentos		

Fonte: adaptado de Projeto MapBiomias (2023), IBGE (2013) e FAO (2012).

3.3.1.1.3 Refinamento da classe de mineração

Para o refinamento da classe de mineração no uso e cobertura do solo, atribuindo o material minerado às áreas de mineração, foram identificados subsídios para o processo de qualificação da informação: i) os dados fornecidos pelo Projeto MapBiomass (2023c), que tem como ano base 2021; ii) o Cadastro de Minas Paralisadas e Abandonadas da FEAM (FEAM, 2023), que tem como ano base 2022; iii) os polígonos de direito minerário (ANM, 2022), que têm como referência junho de 2023; e iv) a base de empreendimentos de mineração licenciados pela SEMAD, ano base 2022, e disponibilizados na plataforma IDE-Sisema (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

Ainda sobre o processo de refinamento do material minerado, cabe um detalhamento sobre o procedimento utilizado. Para cada área de mineração foram realizados os seguintes passos até a identificação do material minerado:

- a) às áreas de mineração que possuíam informação espacialmente relacionada com a base de dados de mineração do Projeto MapBiomass, atribuiu-se o material minerado;
- b) às áreas ainda sem informação:
 - o que possuíam informação espacialmente relacionada com a base de dados de empreendimentos licenciados, atribuiu-se o material minerado;
 - o que possuíam informação espacialmente relacionada com a base de dados de requerimentos minerários, atribuiu-se o material minerado;
 - o que possuíam informação espacialmente relacionada com o cadastro de minas paralisadas e abandonadas da FEAM, atribuiu-se o material minerado;
- c) às áreas que permaneceram sem informação de material minerário, atribuiu-se o valor “Material não cadastrado”.

3.3.1.2 Etapa 2: Identificação dos fatores de pressão

Essa etapa teve como objetivo detalhar os fatores naturais e as principais atividades antrópicas que podem ter correlações com as condições de qualidade das águas. Os fatores naturais identificados são solos e cobertura vegetal. Já as atividades antrópicas são: agricultura, pecuária, mineração, atividade industrial e esgotamento sanitário.

3.3.1.2.1 Fatores naturais

Diversos fatores naturais podem exercer influência sobre a qualidade das águas, desempenhando papéis fundamentais na sua composição química, na disponibilidade de nutrientes e proliferação de organismos aquáticos. Nessa análise, são abordados três temas relevantes: tipos de solo, fitofisionomias e eutrofização.

Os tipos de solo são elementos chave na determinação da qualidade das águas, uma vez que atuam como filtros naturais e podem influenciar na retenção ou liberação de substâncias químicas. Solos arenosos, por exemplo, possuem maior capacidade de drenagem, permitindo que a água escoe mais facilmente, diminuindo a retenção de nutrientes e poluentes. Por outro lado, solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de água e de substâncias dissolvidas, o que pode levar à acumulação de nutrientes e poluentes nas águas subterrâneas e superficiais.

As fitofisionomias, por sua vez, desempenham um papel importante na regulação da qualidade das águas. Diferentes formações vegetais, como florestas, campos, savanas e manguezais, possuem características específicas que influenciam a quantidade e qualidade dos aportes de matéria orgânica, nutrientes e sedimentos para os corpos d'água (VON SPERLING, 1996). Essa temática é abordada junto ao uso e cobertura do solo, uma vez que o mapeamento utilizado traz a diferenciação entre formações naturais de cobertura vegetal.

A eutrofização natural é outro aspecto relevante a ser considerado na análise da qualidade das águas. Esse fenômeno ocorre quando há um enriquecimento excessivo de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, nos corpos d'água. A eutrofização pode ser impulsionada por processos naturais, como a decomposição de matéria orgânica, a erosão do solo e a presença de determinadas fitofisionomias. O acúmulo de nutrientes desencadeia um aumento descontrolado da produção de biomassa vegetal e a proliferação de algas, resultando na diminuição da disponibilidade de oxigênio na água e no desequilíbrio do ecossistema aquático (VON SPERLING, 1996). Neste relatório as condições para a existência de eutrofização natural são abordadas na análise integrada da qualidade das águas.

Portanto, compreender os fatores naturais de influência sobre a qualidade das águas, como os tipos de solo e as fitofisionomias, é fundamental para a gestão adequada dos recursos hídricos e para a conservação dos ecossistemas aquáticos. A análise desses temas permite identificar os processos naturais que impactam na qualidade das águas e auxiliam na implementação de medidas de proteção e preservação, visando garantir a segurança hídrica.

3.3.1.2.1.1 Solos

A presença natural de metais pesados nos solos está condicionada, principalmente, pela proveniência do material de origem, pelos processos de formação do solo, pela composição e proporção dos componentes de sua fase sólida. Solos derivados de rochas básicas exibem teores mais elevados de metais pesados em comparação com aqueles formados a partir de granitos, gnaisse, arenitos e siltitos. Além disso, fatores como o teor e a composição da fração argila, o conteúdo de matéria orgânica e as características físico-químicas dos solos podem exercer influência sobre a concentração de metais pesados. O ferro e o manganês são os metais pesados mais comumente encontrados nos solos (Fadigas *et. al.*, 2002).

É conhecido que em certos tipos de solos no território brasileiro ocorre naturalmente uma elevada concentração de elementos-traço específicos, sem que isso seja considerado prejudicial ou esteja relacionado a atividades humanas. Esses valores podem estar associados exclusivamente a fatores geogênicos e naturais (Torrezani, 2016).

Por isso, optou-se por fazer uma avaliação considerando classes simplificadas de solo, que permitisse uma visão mais abrangente da influência desse fator. O dado utilizado na avaliação foi a classificação de solos disponibilizada na IDE-SISEMA ("Mapa de Solos de Minas Gerais").

3.3.1.2.1.2 Cobertura Vegetal

Para a abordagem da cobertura vegetal será realizada a filtragem de quatro classes do dado de uso e cobertura do solo, a saber: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre e Campo Alagado e Área Pantanosa. A partir da espacialização dessas classes é que serão analisadas as influências das diferentes coberturas sobre a qualidade das águas.

A obtenção da informação acerca de cada uma dessas classes é a já informada no item 3.3.1.1 deste relatório, que trata do uso e cobertura solo.

3.3.1.2.2 Atividades antrópicas

Este subitem aborda os fatores de pressão antrópicas que exercem influência direta sobre a qualidade das águas, focando quatro temas: agricultura e pecuária, mineração, atividades industriais e esgotamento sanitário.

A mineração é uma atividade vital para o desenvolvimento econômico, porém, pode gerar sérios impactos sobre a qualidade das águas. Diferentes tipos de materiais minerados, como minerais metálicos, minerais industriais e minerais energéticos, possuem características específicas e potencial de gerar diferentes impactos. Da mesma forma, a agricultura e a pecuária, a partir da modificação da cobertura vegetal e da utilização de diversos compostos, pode influenciar na qualidade da água. Essas duas atividades são contempladas no mapeamento de uso e cobertura do solo e tiveram a metodologia de obtenção apresentada no item 3.3.1.1.

Saneamento e atividades industriais não são contemplados diretamente no mapeamento de uso e cobertura do solo pela sua natureza de espacialização, uma vez que suas localizações são pontuais, tal como será detalhado no item 3.3.

O saneamento adequado é fundamental para a preservação da qualidade das águas. No entanto, a falta de infraestrutura sanitária e o tratamento inadequado do esgoto são problemas conhecidos. A questão do esgotamento sanitário envolve a coleta, o tratamento e a disposição final dos efluentes. A ausência ou ineficiência do tratamento de esgoto podem degradar a qualidade das águas.

Para as análises acerca do saneamento foram utilizados os principais resultados apresentados no Estudo da Situação do Saneamento Básico (RP005) do PMSH, em que a temática é abordada de forma detalhada. Daquele produto, foram utilizados os fatores que possibilitassem uma correlação com os índices de qualidade das águas e que fossem possíveis de ampla espacialização, especialmente o IN015 (Índice de Coleta de Esgoto) e o IN016 (Índice de Tratamento de Esgoto). Assim, as análises se basearam nos percentuais populacionais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgotos, em cada um dos municípios mineiros. As porcentagens foram agrupadas em cinco faixas, a saber:

- Faixa 1: até 10% da população sem coleta e sem tratamento de esgotos;
- Faixa 2: entre 10% e 25% da população sem atendimento de esgotos;
- Faixa 3: entre 25% e 50% da população sem atendimento de esgotos;
- Faixa 4: entre 50% e 75% da população sem atendimento de esgotos;
- Faixa 5: acima de 75% da população sem atendimento de esgotos.

As atividades industriais, devido à sua natureza e escala, podem causar impactos significativos na qualidade das águas. A liberação de efluentes industriais, a contaminação por produtos químicos e o descarte inadequado de resíduos são questões chave e, por isso, são apresentadas as atividades industriais identificadas.

A avaliação das atividades industriais tomou por base as informações de empreendimentos licenciados obtidos através da IDE-SISEMA. Nas informações disponíveis os dados são classificados em oito categorias de empreendimentos:

- A - Atividades Minerárias
- B - Atividades Industriais/Indústria Metalúrgica e Outras
- C - Atividades Industriais/ Indústria Química e Outras
- D - Atividades Industriais/Indústria Alimentícia
- E - Atividades de Infraestrutura
- F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços
- G - Atividades Agrossilvipastoris
- H - Outras atividades

Essas informações foram filtradas a partir da categoria dos empreendimentos, classificadas em 8 listagens, das quais 3 são de empreendimentos industriais, a saber: B - Atividades Industriais/Indústria Metalúrgica e Outras, C - Atividades Industriais/ Indústria Química e Outras e D - Atividades Industriais/Indústria Alimentícia. Foram analisados, também, considerando a classificação do empreendimento conforme a DN COPAM nº 217/2017, que classifica os empreendimentos como apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Classificação dos empreendimentos.

		Potencial poluidor/degradador geral da atividade		
		P	M	G
Porte do Empreendimento	P	1	2	4
	M	1	3	5
	G	1	4	6

Fonte: DN Copam 217/2017.

3.3.1.3 Etapa 3: Levantamento das informações sobre a qualidade da água

As informações históricas dos índices de qualidade da água foram fornecidas pelo Igam em planilhas que continham as séries históricas para cada estação de monitoramento. O histórico de dados inicia em 1997 e é finalizado no ano de 2022, com as séries variando de tamanho a depender da estação. No total, a base de dados consta com informações de 798 estações de monitoramento. Os detalhes da base de dados utilizada são apresentados no APÊNDICE I – DADOS DA REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADAS NO ESTUDO.

A base de dados obtida possibilita o acesso aos principais indicadores de monitoramento, Contaminação por Tóxicos (CT), Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade da Água (IQA), objeto das análises de correlações indicadas pelo Termos de Referência, e outros parâmetros de qualidade, incluindo a identificação da violação dos limites legais.

O IQA, é utilizado para indicar o nível de alteração na qualidade das águas devido à presença de matéria orgânica, sólidos e nutrientes (IGAM, 2023a). Esse índice condensa a avaliação de nove parâmetros diferentes e possui a classificação apresentada na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas.

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público.
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito Ruim	

Fonte: IGAM (2023a) *apud* IGAM (2012) e CETESB (2008).

O IET tem como propósito categorizar corpos de água em diversos níveis de trofia, ou seja, analisar a qualidade da água em relação ao acúmulo de nutrientes e o impacto subsequente no aumento excessivo do fitoplâncton (IGAM, 2023b). O IET possui duas classificações, diferindo entre rios e reservatórios, como apresentado na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Classificação do Índice de Estado Trófico.

Tabela 1: Classificação do Estado Trófico – Rios

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P(µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67	P > 640	CL > 7,46

Tabela 2: Classificação do Estado Trófico – Reservatórios

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P(µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	P > 233	CL > 69,05

Fonte: IGAM (2023b).

Por fim, para gerar o índice de CT, realiza-se a comparação dos valores examinados com os critérios estabelecidos nas categorias de classificação dos corpos de água conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 08/2022. O termo "Baixa" é usado para indicar a presença de substâncias tóxicas em quantidades que superem em até 20% o limite da categoria de classificação da seção do corpo de água onde a estação de amostragem está situada. A contaminação é considerada "Média" quando a concentração excede os limites indicados na faixa de 20% a 100%, enquanto a contaminação é designada como "Alta" quando

as concentrações ultrapassam 100% (IGAM, 2023c). A classificação da CT é apresentada na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Classificação da contaminação por tóxicos.

Contaminação	Concentração em relação à classe de enquadramento
Baixa	concentração $\leq 1,2.P$
Média	$1,2.P < \text{concentração} \leq 2.P$
Alta	concentração $> 2.P$

P = Limite de Classe definido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008

Fonte: IGAM (2023c).

As informações detalhadas sobre parâmetros em desconformidade são apresentadas no

APÊNDICE II – INFORMAÇÕES SOBRE PARÂMETROS EM DESCONFORMIDADE.

3.3.1.4 Etapa 4: Análise dos fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas e avaliação da criticidade

Na última etapa (4), realizou-se uma análise correlacionando os fatores de pressão levantados com os dados do monitoramento de qualidade das águas.

Inicialmente, foram realizados cálculos de correlação estatística. No entanto, os resultados não forneceram fundamentos suficientes para serem considerados conclusivos devido aos baixos coeficientes encontrados, sendo, portanto, desconsiderados. Por conseguinte, optou-se por uma análise descritiva, focada na compreensão da influência dos fatores de pressão, detalhada por bacia de drenagem, a fim de obter uma visão abrangente que atendesse às exigências do PMSH. Essa abordagem estabeleceu a relação entre os fatores de pressão identificados e os dados de qualidade, fornecendo os subsídios necessários para que as próximas etapas de elaboração do estudo considerem os resultados obtidos para os temas abordados neste relatório, a fim de dar suporte ao processo de mapeamento de áreas prioritárias para ações de segurança hídrica.

Posteriormente, realizou-se uma análise estatística da variabilidade espacial (gradiente espacial) e sazonal (gradiente climático) do IQA, IET e CT foi realizada para os principais rios das UEGs. Nesse contexto, para IQA e IET, foram calculadas as estatísticas P25, P50 e P75, a partir de toda a série histórica disponível, dos pontos situados nos rios principais e os resultados foram apresentados em gráficos box-plot de montante para jusante ao longo do perfil longitudinal considerando a distância em relação às nascentes. Para análise ao longo do gradiente climático foram agrupadas as campanhas realizadas no 1º e 4º trimestre para caracterização do período chuvoso, e 2º e 3º para o período seco. No caso de CT, foram calculadas as variações do indicador (porcentagem das leituras dentro das classes alta, média e baixa), para cada uma das estações de monitoramento, nos períodos chuvoso e seco. Uma análise de frequência dos parâmetros responsáveis por classificações de IQA ruim, muito ruim e CT alto foi realizada e relacionada aos fatores de pressão.

As bacias consideradas nessa análise espaço-temporal foram as seguintes:

- Bacia do Rio Paraopeba
- Bacia do Rio das Velhas
- Bacia do Rio Paracatu
- Bacia do Rio Verde Grande
- Bacia do Rio São Francisco
- Bacia do Rio Verde
- Bacia do Rio Sapucaí
- Bacia do Rio Grande
- Bacia do Rio Piracicaba
- Bacia do Rio Piranga
- Bacia do Rio Doce
- Bacia do Rio Mucuri

- Bacia do Rio Jequitinhonha
- Bacias dos Rios Araguari
- Bacia do Rio Quebra Anzol
- Bacia do Rio Misericórdia
- Bacia do Rio Paranaíba
- Bacia do Rio Paraibuna
- Bacia do Rio Pomba

No caso de IQA e CT, foram utilizados os dados médios anuais disponíveis na IDE-SISEMA para destacar trechos de afluentes não compreendidos pela abordagem proposta. Esses resultados foram utilizados conforme a disponibilidade de dados por estação.

Vale destacar que nem todos os pontos de monitoramento passaram pela análise descrita nos parágrafos anteriores. Os trechos de rio que fazem parte da análise estão sob influência das diferentes tipologias de fatores de pressão mapeadas, ou seja, mineração, pastagem, agricultura, esgoto doméstico e industrial, abrangendo praticamente todo o Estado de Minas Gerais. Esses trechos foram escolhidos, pois possibilitaram uma análise geral e robusta da situação da qualidade da água e a sua relação com as fontes de poluição. Além disso, destaca-se que a classificação dos trechos críticos foi realizada para todos os pontos da rede de monitoramento disponibilizada.

Para classificação dos trechos críticos foi proposta uma matriz de criticidade baseada nos indicadores IQA e CT. Para o IQA foi adotado o valor médio na matriz. Para CT seguiu-se a regra:

- Se CT > 80% na classe BAIXA => BAIXA,
- Se CT > 30% na classe ALTA => ALTA,
- Se não, MÉDIA.

De posse dessa classificação de IQA e CT foi calculado o nível de criticidade de cada ponto quanto à qualidade da água com base na matriz proposta no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Matriz de Classificação dos pontos de monitoramento da qualidade da água quanto à criticidade.

CT \ IQA	MR	R	M	B	E
A	ALTA	ALTA	ALTA	MÉDIA	MÉDIA
M	ALTA	ALTA	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA
B	ALTA	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA

Fonte: elaboração própria.

3.4 Relação dos fatores de pressão e qualidade da água

Os subitens a seguir apresentam os resultados das relações por UEG, sendo estruturadas com as seguintes análises:

- histórico do uso e cobertura do solo: a análise histórica é realizada contemplando os anos de 2016 até 2022. Seu objetivo geral é identificar alterações recentes que possam motivar discussões maiores sobre possíveis grandes modificações na cobertura e uso do solo. Como poderá ser visto nos próximos itens, o cenário para o território mineiro é de estabilidade nas áreas ocupadas pelas classes de maneira geral.
- análise dos fatores de pressão: apresenta a análise qualitativa dos fatores de pressão naturais e antrópicos, que são divididos em dois grupos a seguir resumidos:
 - fatores de pressão naturais:
 - Solos: apresenta os tipos de solo presentes no Estado de Minas Gerais e suas possíveis relações com a qualidade da água;
 - Cobertura vegetal: foram consideradas as classes de uso e cobertura do solo que diferenciam as fitofisionomias, agrupando-as em duas grandes classes: classe “Floresta” (“Formação Florestal” e “Formação Savânica”) e classe “Formação Natural não Florestal” (“Campo Alagado e área Pantanosa”, “Formação Campestre” e “Outras Formações não Florestais”);
 - fatores de pressão antrópicos:
 - Agropecuária: foram consideradas as classes de uso e cobertura do solo associadas à agropecuária;
 - Mineração: a análise foi feita considerando todas as subclasses de mineração do dado de uso e cobertura do solo;
 - Atividade industrial: para as atividades industriais as relações foram obtidas a partir da comparação entre a existência e o quantitativo de empreendimentos e os resultados de qualidade das águas por categoria e classe de empreendimento;
 - Esgotamento sanitário: foi analisado o índice de coleta e tratamento de esgoto e, a partir disso, a população não atendida por esgotamento

3.4.1 Afluentes do Alto (UEG1) e Baixo São Francisco (UEG2)

3.4.1.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.6 e a Figura 3.7 apresentam os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2022, respectivamente para as UEGs 1 e 2. O Quadro 3.6 e o Quadro 3.7 quantificam as áreas com todas as classes de uso e cobertura do solo nas duas UEGs e em suas respectivas CHs, para o ano de 2022.

Os quantitativos das classes detalhados nas otobacias nível 6 são apresentados no APÊNDICE III – CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO NAS OTTOBACIAS NÍVEL 6. Há ainda o APÊNDICE IV – USO E COBERTURA DO SOLO EM FORMATO VETORIAL, cumprindo especificação do Termo de Referência.

Figura 3.6 – Uso e Cobertura do Solo na UEG1 para o ano de 2022

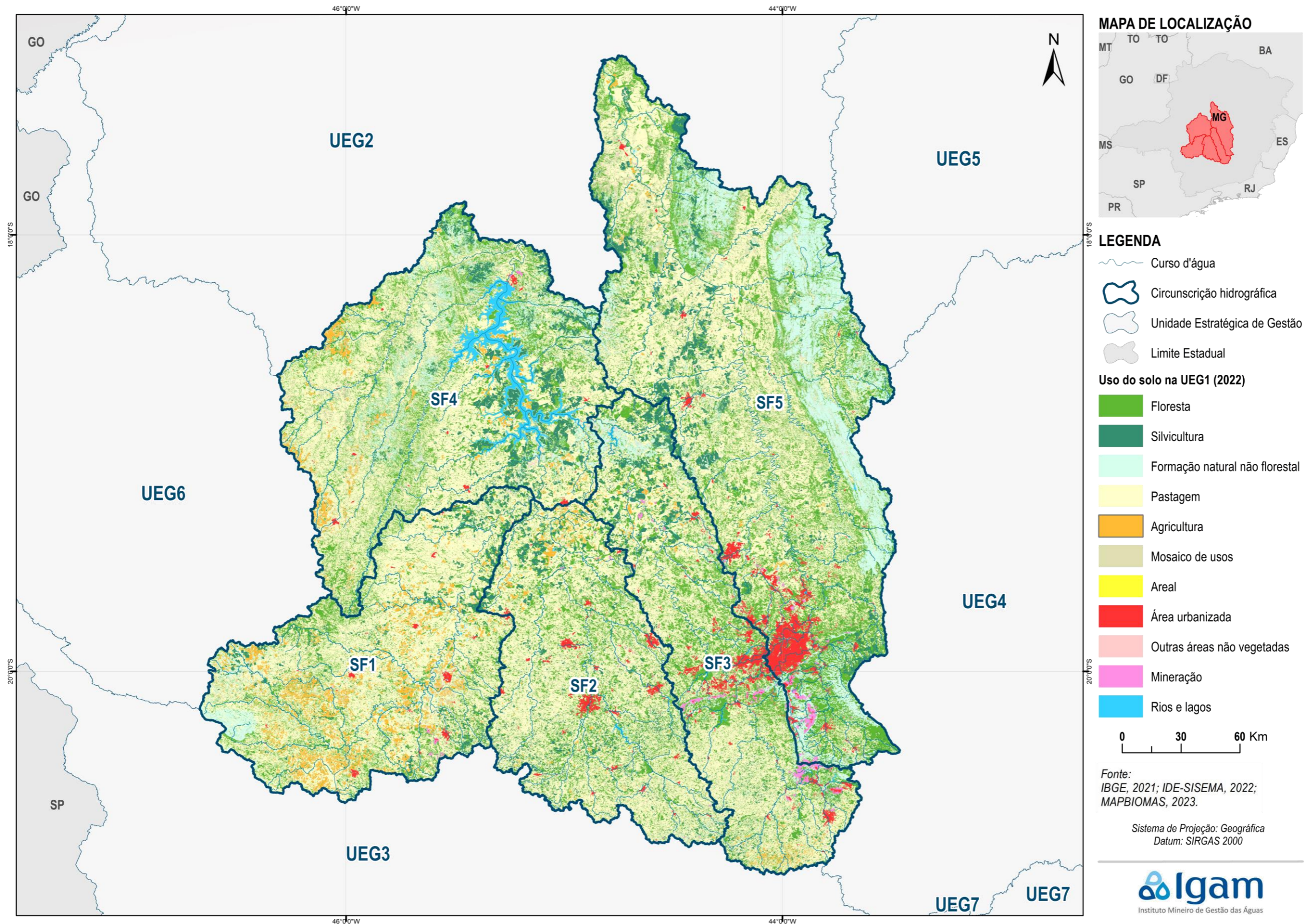
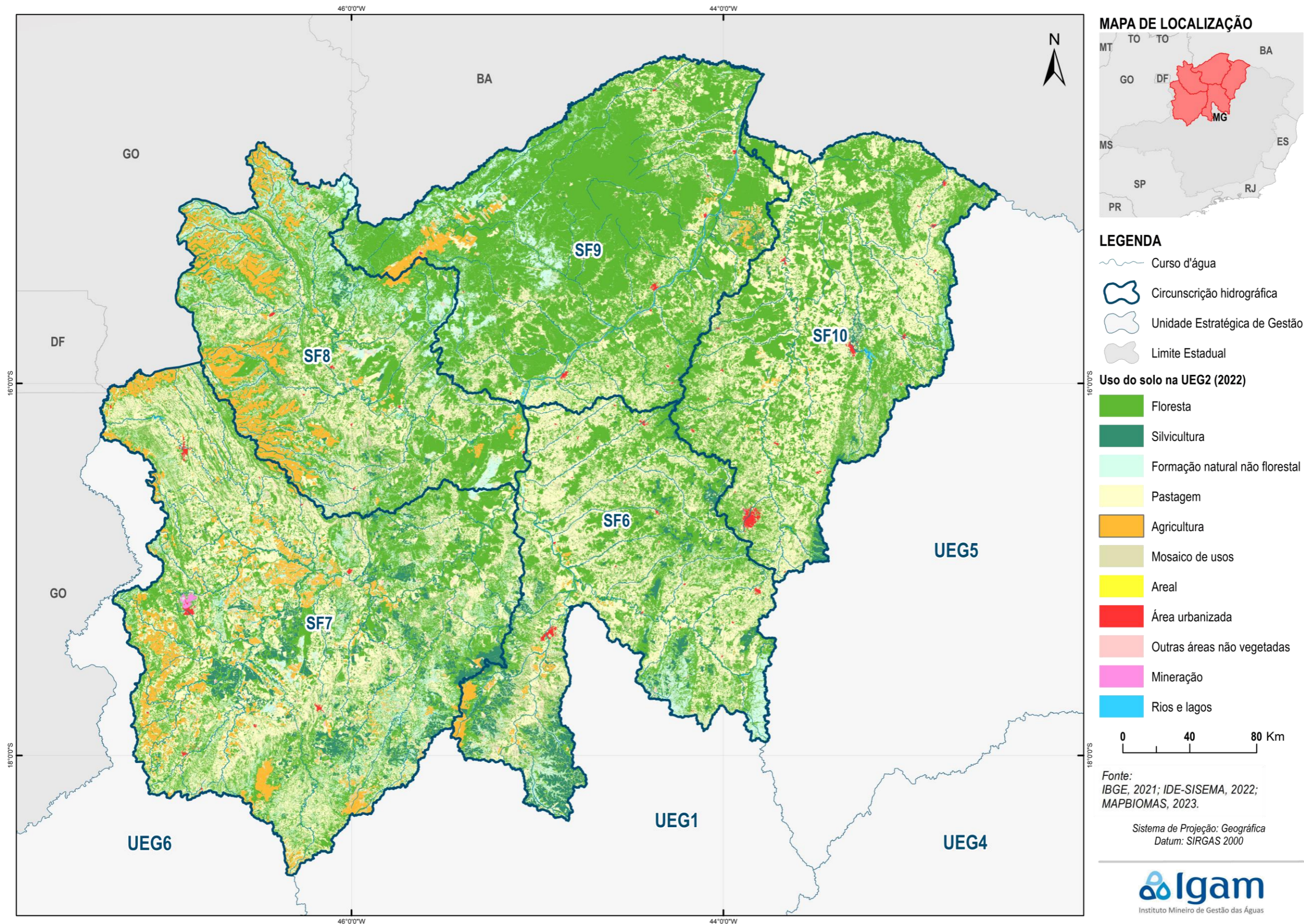


Figura 3.7 – Uso e Cobertura do Solo na UEG2 para o ano de 2022



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Quadro 3.6 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG1 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG1 (km ²)	CH SF1 (km ²)	CH SF2 (km ²)	CH SF3 (km ²)	CH SF4 (km ²)	CH SF5 (km ²)	%
Área urbanizada	1.639,3	81,7	227,0	443,5	54,7	832,5	1,9%
Agricultura	2.251,0	1.296,8	216,3	173,2	494,7	69,9	2,7%
Floresta	19.831,6	2.449,6	2.721,1	3.192,8	4.166,2	7.302,0	23,4%
Formação Natural não Florestal	7.859,9	704,7	226,9	693,6	1.475,0	4.759,7	9,3%
Mineração	299,3	15,0	14,9	142,7	7,6	119,0	0,4%
Mosaico de Usos	9.313,7	1.107,6	1.246,9	1.265,4	1.934,5	3.759,3	11,0%
Outras áreas não vegetadas	728,3	80,4	58,1	106,5	257,2	226,1	0,9%
Pastagem	37.378,3	7.790,3	6.759,2	5.274,0	8.141,4	9.413,4	44,0%
Rios e lagos	1.029,5	8,1	29,8	65,0	895,6	31,0	1,2%
Silvicultura	4.575,5	621,7	723,9	697,9	1.173,8	1.358,2	5,4%
Total	84.906,4	14.156,0	12.223,8	12.054,6	18.600,7	27.871,1	100,0%

Fonte: elaboração própria

Quadro 3.7 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG2 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG2 (km ²)	CH SF6 (km ²)	CH SF7 (km ²)	CH SF8 (km ²)	CH SF9 (km ²)	CH SF10 (km ²)	%
Área urbanizada	366,1	65,1	81,9	19,8	51,4	147,8	0,2%
Agricultura	7.211,8	360,1	3.188,4	2.961,5	614,2	87,6	4,8%
Floresta	72.296,1	9.990,3	15.480,7	11.228,7	22.407,8	13.188,5	48,2%
Formação Natural não Florestal	10.928,4	1.612,4	3.433,6	3.440,6	2.086,1	355,6	7,3%
Mineração	53,1	0,0	46,8	0,1	2,1	4,1	0,0%
Mosaico de Usos	7.922,9	2.032,9	2.462,7	1.680,4	748,3	998,6	5,3%
Outras áreas não vegetadas	1.342,5	234,2	533,3	388,5	129,9	56,5	0,9%
Pastagem	44.179,4	8.605,2	13.862,0	4.977,7	5.680,2	11.054,4	29,5%
Rios e lagos	476,6	83,0	84,1	67,5	190,2	51,8	0,3%
Silvicultura	5.059,8	1.836,9	2.301,5	274,5	184,4	462,5	3,4%
Total	149.836,5	24.820,0	41.474,9	25.039,4	32.094,6	26.407,5	100,0%

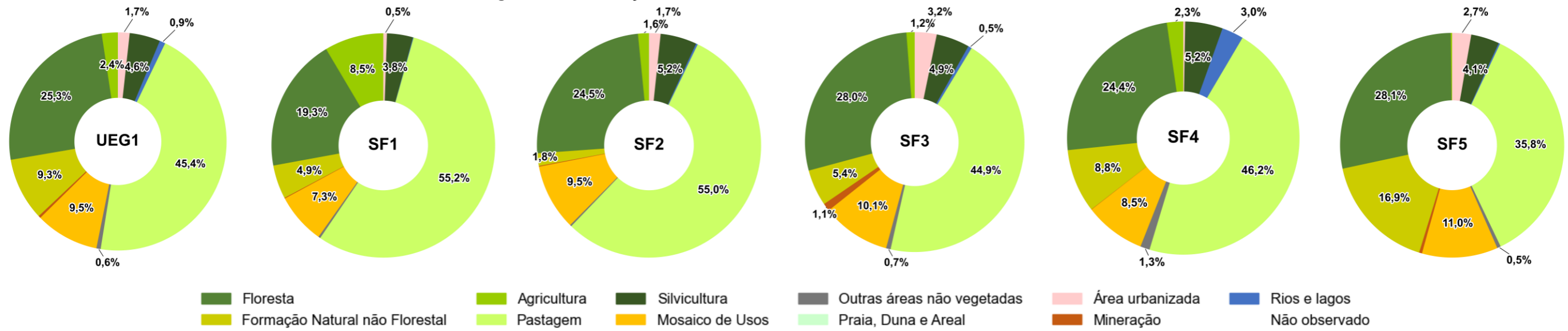
Fonte: elaboração própria

A Figura 3.8 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.9 para o ano de 2022 com a finalidade de avaliar a evolução histórica para a UEG1 e CHs.

A UEG dos Afluentes do Alto Rio São Francisco (UEG1) se caracteriza pela predominância de pastagens e formações florestais. Essa característica se manteve entre os anos analisados. Em 2016, 45,4% da área era ocupada por áreas de Pastagem e 25,3% por áreas de Floresta, que incluem áreas de Formação Savânica. Destacam-se, também, as classes de Formação Natural não Florestal (9,3%) e de Mosaico de Usos (9,5%). A distribuição das classes para o ano de 2016 é apresentada na Figura 3.8.

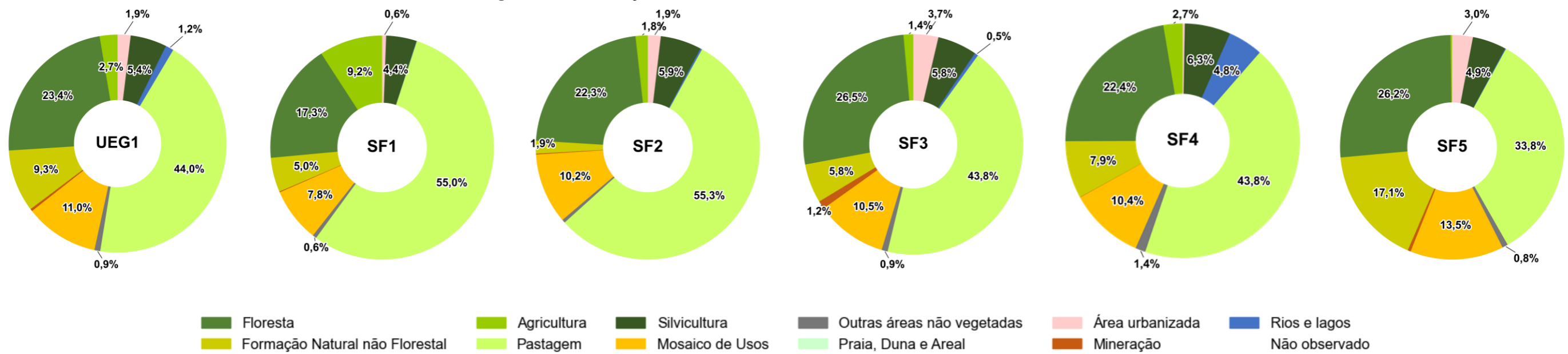
Em 2022, a distribuição das classes apresenta variação negativa nas classes de Pastagem (45,4% para 44,0%) e Floresta (25,3% para 23,4%); e aumento para a classe Mosaico de Usos (9,5% para 11,0%). Ainda, destaca-se o aumento das classes de Silvicultura e de Agricultura. A distribuição das classes para o ano de 2022 é apresentada na Figura 3.9.

Figura 3.8 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG1, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.9 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG1, em 2022.



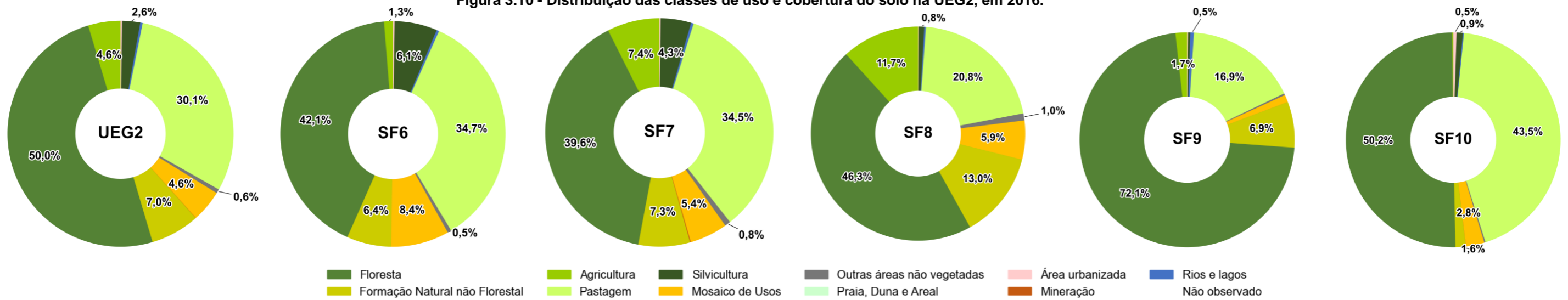
Fonte: elaboração própria.



A UEG dos Afluentes do Baixo São Francisco (UEG2) se caracteriza pela cobertura vegetal de Formações Florestais e Savânicas que ocupam parte relevante de seu território (50,0% em 2016 e 48,2% em 2022). Também se destaca a cobertura por pastagens, em 2016 era de 30,1% e em 2022 correspondendo a 29,5% da área. As classes de Formação Natural não Florestal – em sua maioria composta por Formação Campestre nessa UEG – e Mosaico de Usos ocupam, respectivamente, 7,3% e 5,3% das áreas em 2022.

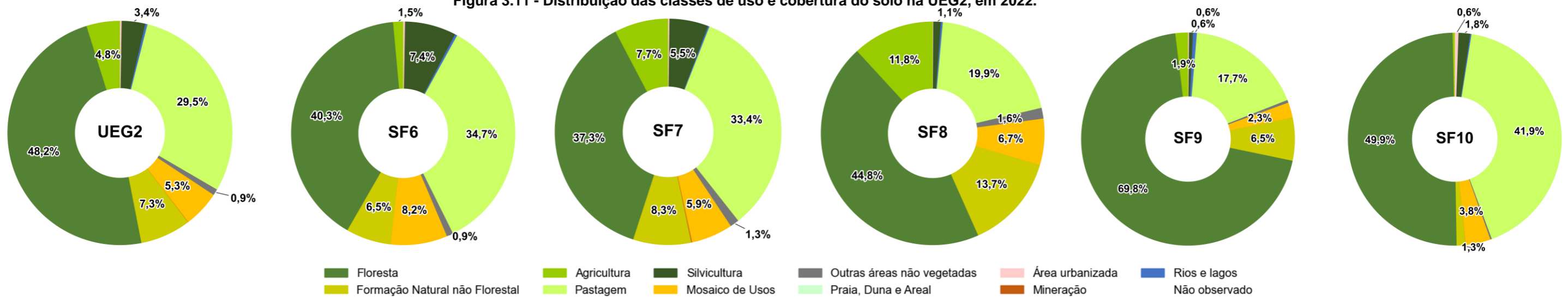
A variação positiva fica por conta das classes de Agricultura e Silvicultura, que ocupavam 4,6% e 2,6% do território em 2016 e 4,8% e 3,4% em 2022, respectivamente. A Figura 3.10 e a Figura 3.11 apresentam a distribuição das classes para os anos de 2016 e 2022, respectivamente.

Figura 3.10 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG2, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.11 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG2, em 2022.



Fonte: elaboração própria

3.4.1.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.1.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.1.2.1.1 Solos

O Quadro 3.8 e o Quadro 3.9 apresentam os quantitativos por classe de solo e a Figura 3.12 e a Figura 3.13 apresentam a distribuição espacial das classes de solo na UEG1 e na UEG2, respectivamente.

O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6.

Observando-se o Quadro 3.8, nota-se a predominância de cambissolos e latossolos na UEG1, que representam 66% da área desta unidade. Na UEG2, o latossolo predomina, respondendo por 49% da área da bacia. Observando-se os mapas, pode-se notar algumas particularidades: i) neossolo litolítico na região do Quadrilátero Ferrífero, que abrange as CHs SF3 e SF5; ii) manchas de neossolo quartzarênico na CH SF4 e na CH SF5, além de áreas mais significativas deste solo nas regiões que margeiam o rio São Francisco, nas CHs SF6, SF7, SF8 e SF9; iii) manchas de nitossolo na CH SF10.

Para auxiliar na análise deste fator de pressão, foi consultado o Atlas Geoquímico da Bacia do Rio São Francisco, elaborado e publicado pelo Serviço Geológico do Brasil em 2018 (CPRM, 2018b). Para compor tal relatório, foram coletadas amostras das águas superficiais, sedimentos de fundo dos corpos hídricos e de solos, a fim de se identificar as possíveis fontes, sejam antropogênicas ou geogênicas. Dentre as anomalias de origem geogênica, que são pertinentes no presente subitem, destacam-se:

- i) Flúor na região entre as CHs SF6 e SF10: segundo o estudo, a presença de flúor nos sedimentos, nas águas superficiais e no solo podem ter origem natural, tal como flúor-apatitas da Formação Serra da Saudade, além de fluorita presente em calcários. No estudo é apresentado mapa com as manchas onde foram observados teores altos de flúor, por exemplo, a região ao sul da CH SF10, próximo ao município de Montes Claros, onde ocorrem manchas de nitossolo;
- ii) Arsênio em Paracatu e no Quadrilátero Ferrífero: o estudo mostra espacialmente manchas de grandes extensões onde a concentração de arsênio é elevada nas regiões próximas aos municípios de Paracatu, na CH SF7 e Belo Horizonte, na CH SF5, nas amostras de solo, sedimentos e águas superficiais, sendo atribuída origem geogênica. Comparando-se a localização de tais manchas com o mapa de solos, observa-se que ocorrem predominantemente o neossolo litolítico e o latossolo, na mancha de Paracatu e o neossolo litolítico e o cambissolo, na mancha da Belo Horizonte;
- iii) Zinco em Vazante: o estudo apresenta espacialmente manchas que se estendem desde o município de Lagamar até os municípios de Vazante e Paracatu, na CH SF7, onde os teores de zinco foram elevados nas amostras de solos e de sedimentos, por origens naturais e onde o solo é predominantemente neossolo litolítico;

Além dos elementos citados anteriormente, o estudo espacializou as concentrações de outros elementos encontrados nas amostras de solos. A seguir são citadas as regiões na bacia do rio São Francisco onde ocorreram as maiores concentrações:

- prata no extremo oeste da CH SF7, oeste-noroeste da CH SF8 e centro-norte da CH SF9;
- alumínio no extremo oeste da CH SF7 e próximo à nascente do rio São Francisco, na CH SF1; bário em manchas dispersas nas CHs SF5, SF6, SF7 e SF10;
- berílio em manchas dispersas nas CHs SF1, SF3, SF5 e SF9;
- bismuto de forma significativa em praticamente toda a bacia;
- cálcio em praticamente toda a CH SF10, além de grandes manchas nas CHs SF1, SF2, SF3, SF4, SF5, SF6 e SF7;
- cádmio em praticamente toda a CH SF1, em porções significativas das CHs SF2 e SF3, além de manchas nas CHs SF6 e SF7;
- cério, em manchas pontuais nas CHs SF1, SF2, SF6 e SF10;
- cobalto em manchas extensas na CH SF10, além de manchas mais pontuais nas CHs SF1, SF3, SF5, SF7 e SF9;
- cromo, principalmente nas regiões de cabeceira da bacia do rio São Francisco, notadamente nas CHs SF3 e SF5, além de manchas também nas CHs SF1, SF4 e SF10;
- céσιο em manchas nas CHs SF5, SF6 e SF7;
- cobre, em pequenas manchas pontuais principalmente nas CHs SF 3 e SF5;
- ferro, em manchas concentradas nas porções das cabeceiras dos rios Paraopeba e das Velhas (CHs SF3 e SF5);
- mercúrio, em manchas aparentes majoritariamente na CH SF5, em sua porção alta e em sua porção baixa, já próximo à confluência com o rio São Francisco;
- potássio, em manchas mais pontuais nas CHs SF4, SF5 e SF10;
- lítio, em extensas manchas principalmente na CH SF5, mas também nas CHs SF3 e SF10;
- magnésio, em grandes manchas espalhadas por quase toda a bacia, principalmente nas CHs SF4, SF5 e SF10;
- manganês, em manchas espalhadas pelas CHs SF5, SF7 e SF10 principalmente;
- nióbio, em manchas de grandes extensões nas regiões de cabeceira da bacia do rio São Francisco (CHs SF1 a SF5);
- níquel, em manchas mais significativas nas CHs SF3 e SF5;
- fósforo, em manchas mais pontuais nas CHs SF1, SF3, SF4 e SF7;
- antimônio, em manchas aparentes principalmente nas CHs SF3, SF5 e SF7;
- escândio, nas regiões de cabeceira das CHs SF3 e SF5; estrôncio em manchas significativas, principalmente na CH SF10, mas também nas CHs SF1, SF4, SF5 e SF6;
- tório, nas regiões de cabeceira da CH SF2;
- titânio, nas regiões de cabeceira das CHs SF3 e SF5;

- urânio, nas regiões de cabeceira da bacia do rio São Francisco, notadamente nas CHs SF2 e SF3, além de manchas na CH SF10;
- tungstênio em extensa mancha na CH SF5;
- zinco, em mancha significativa na CH SF7, próximo ao município de Vazante.



Quadro 3.8 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG1.

Classes de solo	UEG1		SF1		SF2		SF3		SF4		SF5	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	0,77	0,00%	-	-	-	-	0,77	0,01%	-	-	-	-
Argissolo Vermelho-Amarelo	10.037,92	11,13%	794,82	5,14%	3.335,97	26,78%	1.934,94	16,01%	1.633,72	7,77%	2.338,47	8,01%
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háptico	30.466,56	33,77%	6.903,33	44,64%	4.152,21	33,34%	4.018,68	33,25%	5.133,65	24,41%	10.258,68	35,15%
Cambissolo Húmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háptico	47,36	0,05%	-	-	-	-	-	-	-	-	47,36	0,16%
Gleissolo Melânico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Amarelo	1.256,67	1,39%	90,42	0,58%	1.096,95	8,81%	69,30	0,57%	-	0,00%	-	-
Latossolo Hidromórfico	389,26	0,43%	-	-	23,83	0,19%	-	-	365,43	1,74%	-	-
Latossolo Vermelho	15.646,96	17,34%	4.250,24	27,49%	1.527,41	12,26%	1.812,39	15,00%	4.948,48	23,52%	3.108,44	10,65%
Latossolo Vermelho-Amarelo	12.932,73	14,33%	1.902,48	12,30%	1.862,67	14,95%	2.966,86	24,55%	2.194,41	10,43%	4.006,31	13,73%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	361,76	0,40%	199,84	1,29%	-	-	-	-	-	-	161,92	0,55%
Neossolo Hidromórfico	857,61	0,95%	-	-	-	-	7,84	0,06%	849,77	4,04%	-	-
Neossolo Litólico	14.980,85	16,60%	1.289,08	8,34%	456,09	3,66%	1.166,58	9,65%	4.589,71	21,82%	7.479,38	25,63%
Neossolo Quartzarênico	1.842,31	2,04%	-	-	-	-	-	-	1.319,80	6,27%	522,50	1,79%
Nitossolo Háptico	20,91	0,02%	-	-	0,61	0,00%	-	-	-	-	20,30	0,07%
Nitossolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras Áreas	1.362,82	1,51%	15,70	0,10%	-	-	108,55	-	-	-	1.238,57	4,24%
Planossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	17,77	0,02%	17,77	0,11%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	90.222,25	100,00%	15.463,68	100,00%	12.455,74	100,00%	12.085,92	100,00%	21.034,98	100,00%	29.181,93	100,00%

Fonte: elaboração própria.



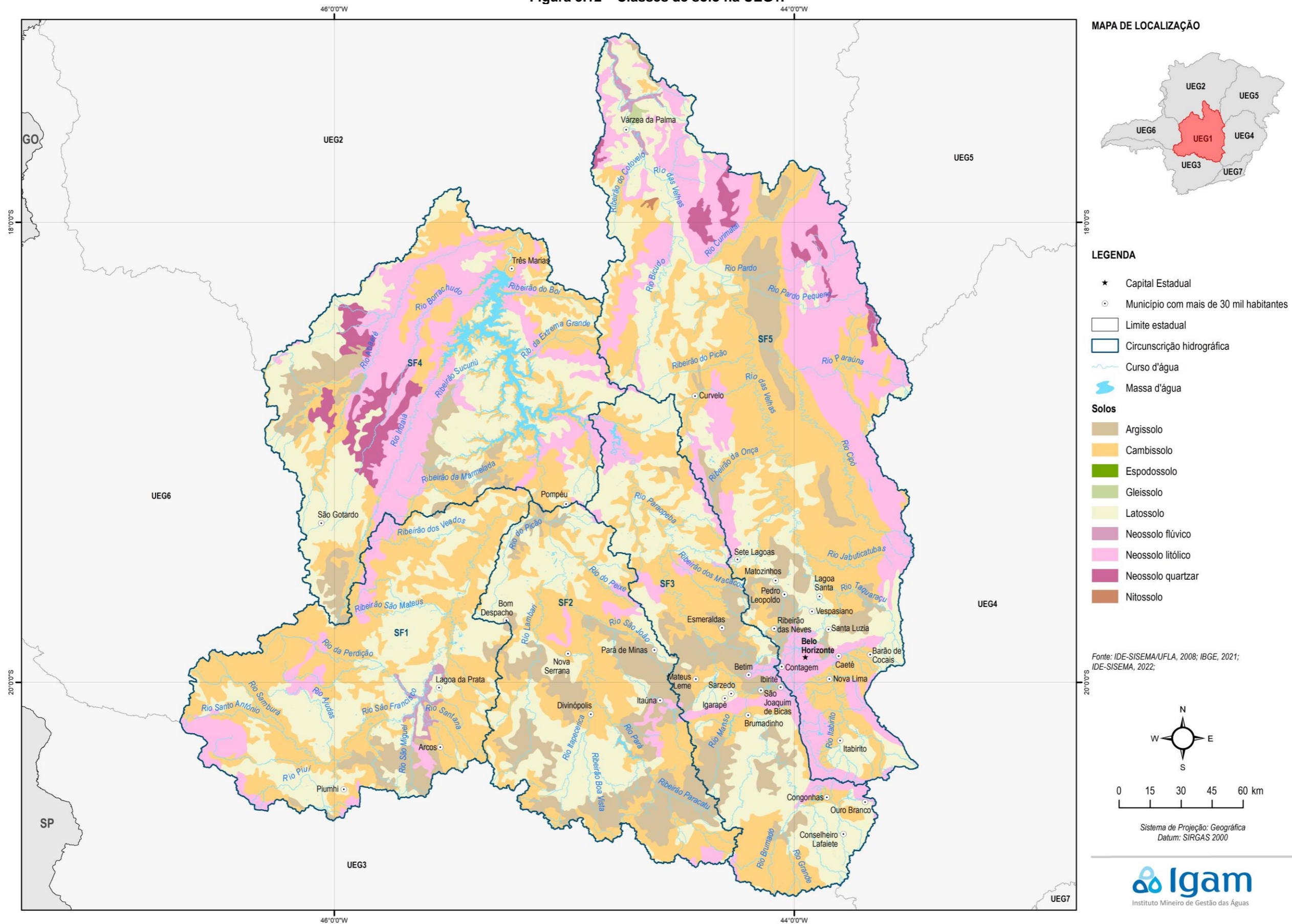
Quadro 3.9 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG2.

Classes de solo	UEG2		SF6		SF7		SF8		SF9		SF10		SF6/SF8	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Argissolo Vermelho-Amarelo	5.139,99	3,34%	929,98	3,73%	19,27	0,04%	-	-	1.537,28	4,73%	2.653,45	10,03%	-	-
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háptico	18.541,81	12,05%	3.042,57	12,20%	4.704,10	10,72%	4.243,32	16,35%	3.163,88	9,73%	3.383,74	12,78%	4,20	2,83%
Cambissolo Húmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háptico	574,59	0,37%	19,53	0,08%	372,21	0,85%	83,62	0,32%	99,23	0,31%	-	-	-	-
Gleissolo Melânico	468,76	0,30%	-	-	26,92	0,06%	113,65	0,44%	328,19	1,01%	-	-	-	-
Latossolo Amarelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	18.230,37	11,85%	2.879,37	11,54%	8.694,22	19,82%	1.041,21	4,01%	847,17	2,61%	4.768,40	18,02%	-	-
Latossolo Vermelho-Amarelo	56.748,90	36,88%	9.890,66	39,65%	10.108,16	23,04%	9.697,96	37,38%	19.164,84	58,96%	7.884,76	29,79%	2,53	1,71%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	10,17	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-	10,17	0,04%	-	-
Neossolo Erro	10.085,40	6,55%	793,69	3,18%	2.657,36	6,06%	2.246,77	-	2.858,04	-	1.476,95	5,58%	52,58	35,48%
Neossolo Hidromórfico	512,03	0,33%	195,45	0,78%	0,69	0,00%	0,89	0,00%	281,62	0,87%	1,10	0,00%	32,29	21,79%
Neossolo Litólico	26.671,81	17,33%	4.267,06	17,11%	13.014,31	29,66%	5.651,52	21,78%	1.838,04	5,65%	1.900,88	7,18%	-	-
Neossolo Quartzarênico	11.944,52	7,76%	2.537,60	10,17%	4.278,42	9,75%	2.867,56	11,05%	2.104,97	6,48%	99,36	0,38%	56,60	38,19%
Nitossolo Háptico	2.921,13	1,90%	11,06	0,04%	-	-	-	-	231,51	0,71%	2.678,56	10,12%	-	-
Nitossolo Vermelho	639,71	0,42%	-	-	-	-	-	-	-	-	639,71	2,42%	-	-
Outras Áreas	1.347,57	0,88%	377,49	1,51%	-	-	-	-	-	-	970,07	3,67%	-	-
Planossolo Háptico	50,66	0,03%	-	-	-	-	-	-	50,66	0,16%	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	153.887,42	100,00%	24.944,47	100,00%	43.875,66	100,00%	25.946,50	100,00%	32.505,43	100,00%	26.467,16	100,00%	148,20	100,00%

Fonte: elaboração própria.



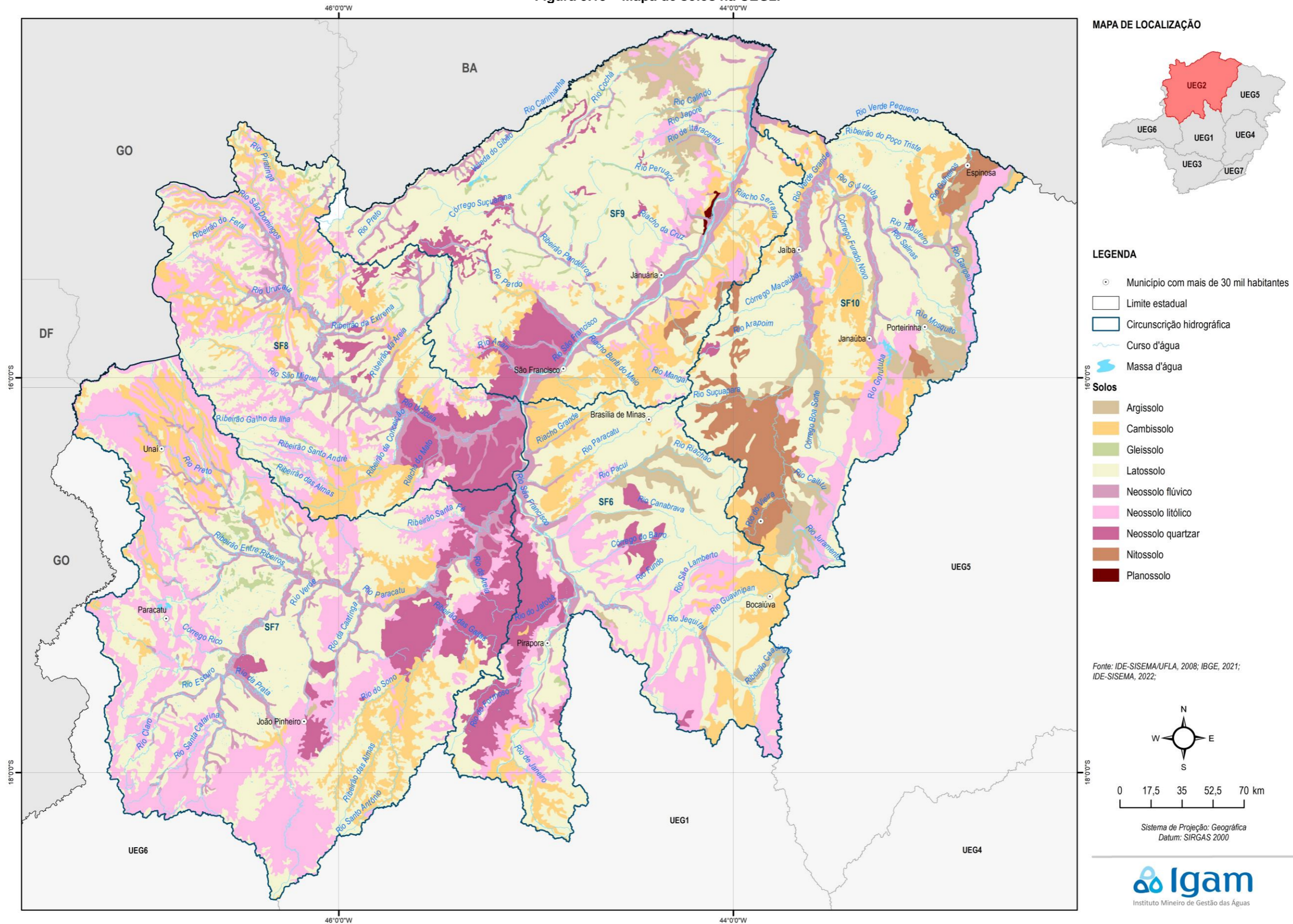
Figura 3.12 – Classes de solo na UEG1.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps



Figura 3.13 – Mapa de solos na UEG2.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.1.2.1.2 Cobertura vegetal

O Quadro 3.10 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.14 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG1.

Quadro 3.10 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG1.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG1	(km ²)	1.136,20	6.419,37	13.297,72	6.533,88
	(%)	4,15%	23,44%	48,55%	23,86%
SF1	(km ²)	237,76	466,43	1.752,27	697,33
	(%)	7,54%	14,79%	55,56%	22,11%
SF2	(km ²)	115,84	106,87	2.349,51	371,54
	(%)	3,94%	3,63%	79,81%	12,62%
SF3	(km ²)	141,73	511,32	2.685,09	507,67
	(%)	3,69%	13,30%	69,82%	13,20%
SF4	(km ²)	222,76	1.252,23	2.107,49	2.058,70
	(%)	3,95%	22,20%	37,36%	36,49%
SF5	(km ²)	418,11	4.082,52	4.403,36	2.898,64
	(%)	3,54%	34,59%	37,31%	24,56%

Fonte: elaboração própria.

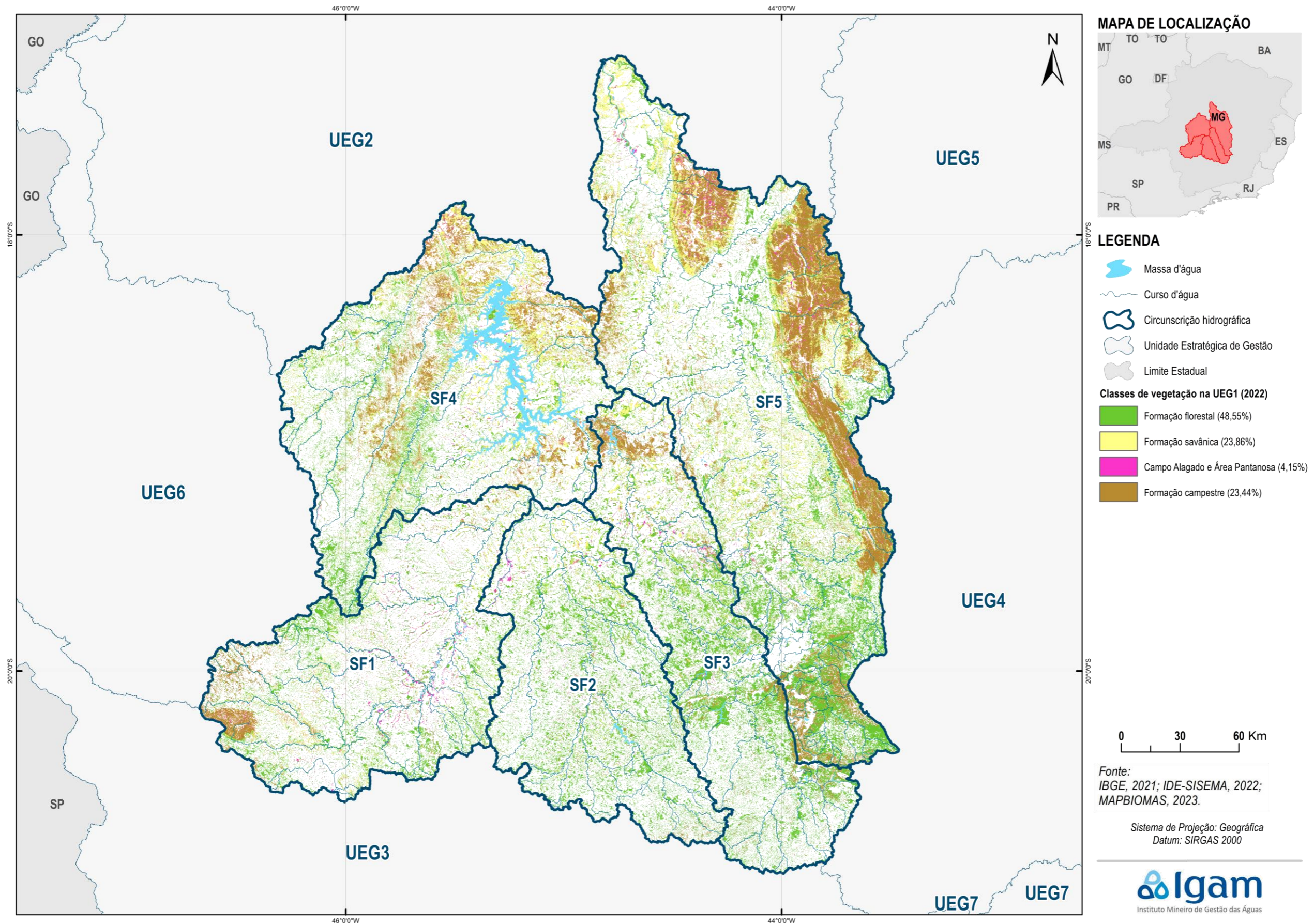
O Quadro 3.11 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.15 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG2.

Quadro 3.11 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG2.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG2	(km ²)	1785,27	9141,94	8351,79	63944,22
	(%)	2,15%	10,98%	10,04%	76,83%
SF6	(km ²)	311,16	1.301,26	1.315,05	8.675,26
	(%)	2,68%	11,22%	11,33%	74,77%
SF7	(km ²)	937,58	2.496,04	3.425,33	12.055,36
	(%)	4,96%	13,20%	18,11%	63,74%
SF8	(km ²)	356,55	3.084,08	1.236,96	9.991,78
	(%)	2,43%	21,02%	8,43%	68,11%
SF9	(km ²)	169,59	1.915,45	1.212,88	21.194,88
	(%)	0,69%	7,82%	4,95%	86,54%
SF10	(km ²)	10,39	345,11	1.161,57	12.026,94
	(%)	0,08%	2,55%	8,58%	88,80%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.14 – Cobertura Vegetal na UEG1.



Fonte: elaboração própria

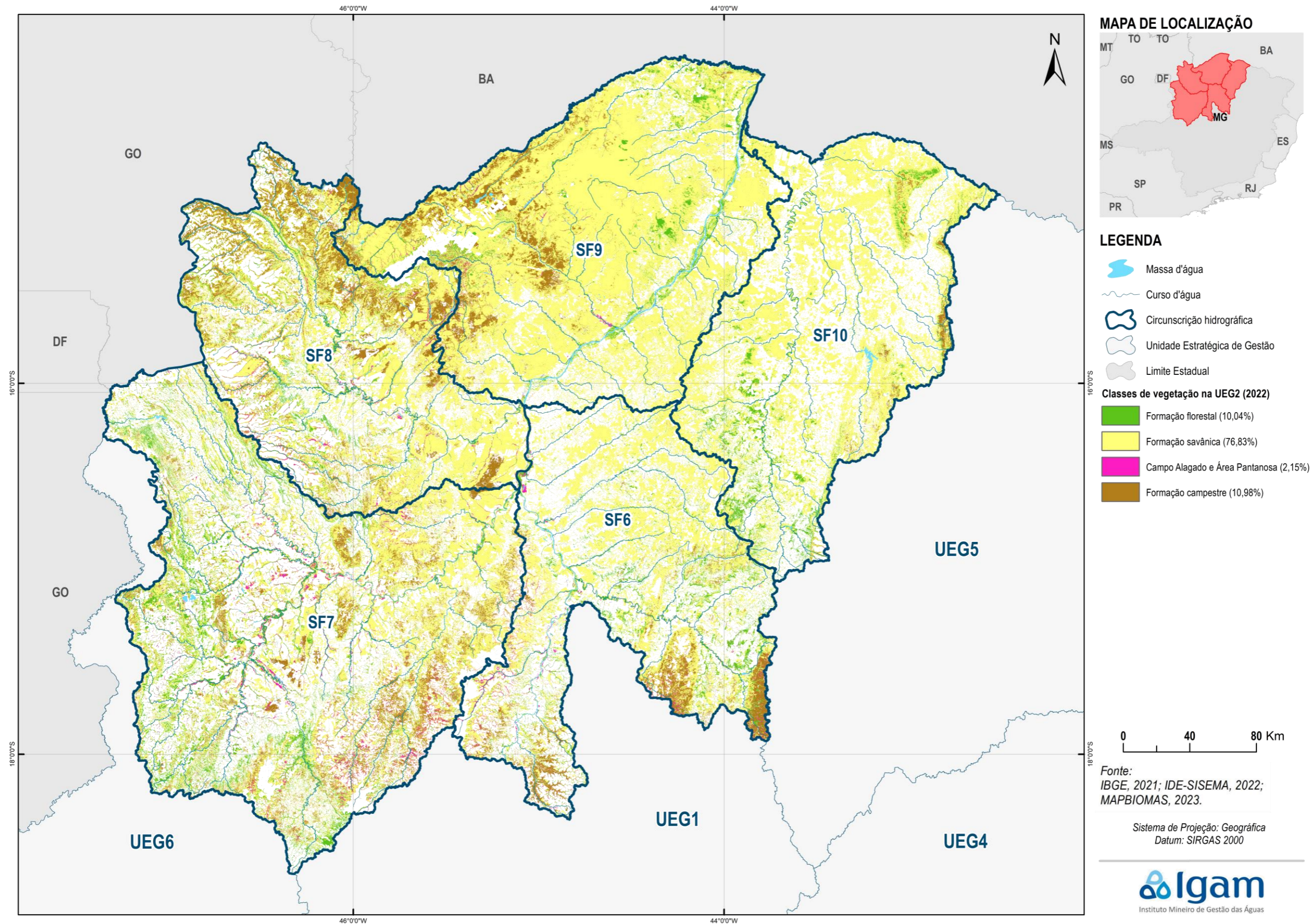
Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.15 – Cobertura vegetal na UEG2.



3.4.1.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.1.2.2.1 Agricultura e pastagem

O Quadro 3.12 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.16 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG1.

Quadro 3.12 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG1.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG1	(km ²)	37.378,27	390,00	1.861,00	9.313,73
	(%)	76,37%	0,80%	3,80%	19,03%
SF1	(km ²)	7.790,34	258,40	1.038,41	1.107,63
	(%)	76,41%	2,53%	10,19%	10,86%
SF2	(km ²)	6.759,19	11,74	204,54	1.246,85
	(%)	82,21%	0,14%	2,49%	15,16%
SF3	(km ²)	5.273,96	2,74	170,50	1.265,45
	(%)	78,57%	0,04%	2,54%	18,85%
SF4	(km ²)	8.141,42	111,38	383,36	1.934,48
	(%)	77,02%	1,05%	3,63%	18,30%
SF5	(km ²)	9.413,36	5,74	64,19	3.759,32
	(%)	71,08%	0,04%	0,48%	28,39%

Fonte: elaboração própria.

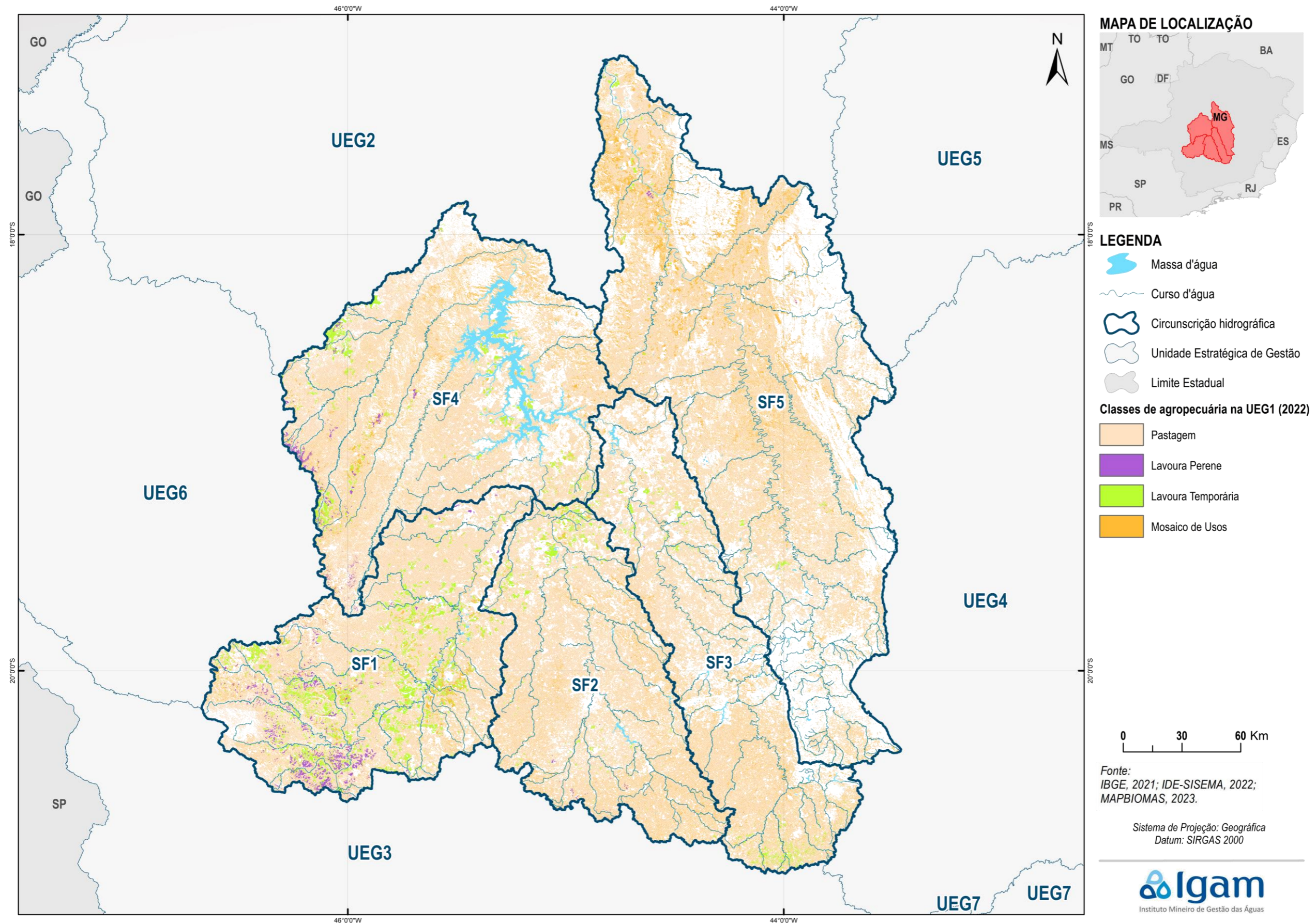
O Quadro 3.13 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.17 – apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG2.

Quadro 3.13 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG2.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG2	(km ²)	44.179,38	106,21	7.105,59	7.922,90
	(%)	74,48%	0,18%	11,98%	13,36%
SF6	(km ²)	8.605,15	17,53	342,59	2.032,89
	(%)	78,24%	0,16%	3,11%	18,48%
SF7	(km ²)	13.862,00	54,55	3.133,83	2.462,72
	(%)	71,04%	0,28%	16,06%	12,62%
SF8	(km ²)	4.977,68	32,16	2.929,36	1.680,37
	(%)	51,75%	0,33%	30,45%	17,47%
SF9	(km ²)	5.680,15	1,89	612,31	748,35
	(%)	80,65%	0,03%	8,69%	10,63%
SF10	(km ²)	11.054,40	0,08	87,50	998,57
	(%)	91,05%	0,00%	0,72%	8,23%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.16 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG1.



Fonte: elaboração própria

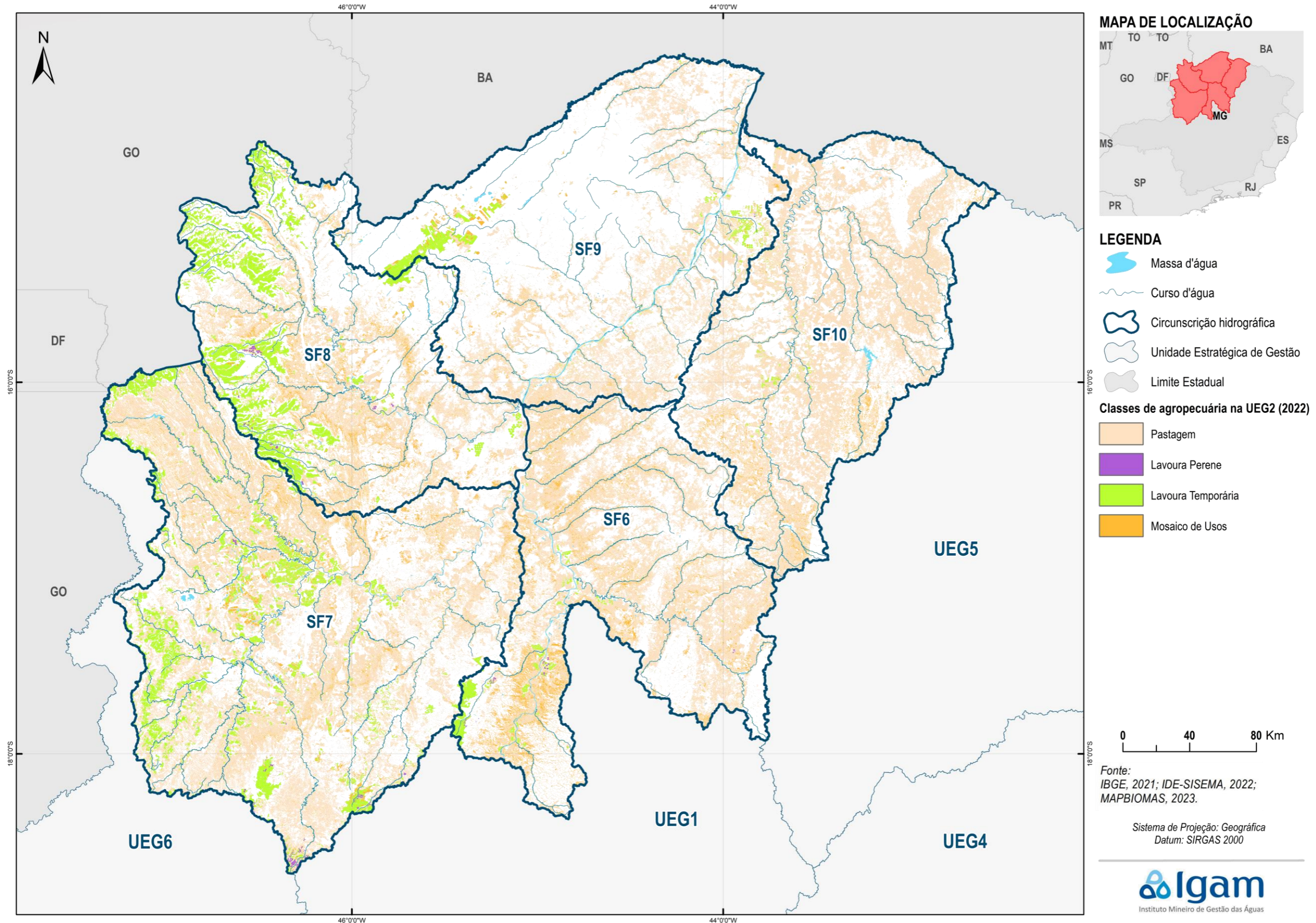
Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.17 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG2.



3.4.1.2.2 Mineração

O Quadro 3.14 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.18 – apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG1.

O detalhamento dos materiais minerados por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6

Quadro 3.14 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG1.

Material minerado	SF1		SF2		SF3		SF4		SF5	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Agalmatolito	-	-	0,27	1,78%	-	-	-	-	-	-
Água mineral	-	-	-	-	0,00	0,00%	-	-	-	-
Ardósia	-	-	3,85	25,79%	14,48	10,13%	1,06	14,01%	-	-
Areia	-	-	6,47	43,35%	1,84	1,29%	-	-	0,04	0,04%
Areia de fundição	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,14%
Arenito	-	-	-	-	-	-	4,37	57,68%	-	-
Argila	0,13	0,87%	-	-	0,93	0,65%	-	-	3,24	2,72%
Argila refratária	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00%
Argilito	0,00	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauxita	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,03%
Brita	-	-	0,75	5,04%	0,07	0,05%	-	-	0,21	0,18%
Calcário	14,43	95,84%	-	-	0,38	0,26%	0,41	5,41%	12,31	10,33%
Calcário calcítico	0,00	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcário dolomítico	0,00	0,02%	-	-	-	-	-	-	-	-
Caulim	0,49	3,26%	-	-	-	-	-	-	-	-
Diamante	-	-	0,00	0,02%	0,49	0,34%	-	-	-	-
Dolomito	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,06%
Esteatito	-	-	-	-	-	-	-	-	1,59	1,33%
Ferro	-	-	1,18	7,89%	92,63	64,78%	-	-	83,82	70,34%
Filito	-	-	-	-	0,06	0,04%	-	-	0,20	0,17%
Gnaisse	-	-	0,06	0,39%	1,26	0,88%	-	-	1,30	1,09%
Grafita	-	-	-	-	0,15	0,10%	-	-	-	-
Granito	-	-	0,08	0,56%	0,68	0,48%	-	-	0,57	0,48%
Manganês	-	-	-	-	5,39	3,77%	-	-	0,08	0,06%
Mineral não cadastrado	-	-	-	-	0,07	0,05%	1,74	22,90%	0,09	0,07%
Minério de ferro	-	-	2,18	14,58%	11,20	7,83%	-	-	6,65	5,58%
Minério de manganês	-	-	-	-	0,17	0,12%	-	-	0,02	0,01%
Minério de ouro	-	-	-	-	12,01	8,40%	-	-	1,20	1,01%
Mármore	-	-	-	-	0,00	0,00%	-	-	0,19	0,16%
Ouro	-	-	0,09	0,60%	1,14	0,80%	-	-	5,21	4,37%
Quartzito	-	-	-	-	0,01	0,01%	-	-	0,41	0,34%
Quartzo	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,46%
Quartzo industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,19%
Saibro	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01%
Topázio	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98	0,82%

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 3.15 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.19 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG2.

Quadro 3.15 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG2.

Material minerado*	SF7		SF8		SF9		SF10	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Argila	-	-	-	-	-	-	0,04	0,94%
Brita	0,07	0,14%	-	-	-	-	2,79	67,68%
Calcário	0,72	1,55%	-	-	2,05	98,99%	1,28	30,89%
Calcário dolomítico	-	-	0,10	100,00%	-	-	-	-
Cascalho	-	-	-	-	-	-	0,00	0,03%
Mineral não cadastrado	0,09	0,19%	-	-	0,02	0,84%	0,02	0,46%
Minério de manganês	-	-	-	-	0,00	0,17%	-	-
Minério de ouro	1,61	3,44%	-	-	-	-	-	-
Minério de zinco	0,57	1,23%	-	-	-	-	-	-
Ouro	43,73	93,45%	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

Nota: A CH SF6 não contempla áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do MAPBIOMAS (ano base 2022).

Dos quadros apresentados anteriormente e das figuras a seguir expostas, deve-se dar especial destaque à região do Quadrilátero Ferrífero, localizada entre as CHs SF3 e SF5, onde há intensa exploração deste material. Ele corresponde a cerca de 65% e 70% do material minerado nas CHs SF3 e SF5, respectivamente.

Além desta região, podem ser citadas também manchas de atividades minerárias na porção baixa da CH SF3, tendo a ardósia como material minerado. Na CH SF1, observa-se mineração de calcário na porção sudeste da bacia, que corresponde a mais de 95% das áreas de mineração nessa CH.

Já na UEG2, as maiores áreas de mineração estão na CH SF7, em sua porção oeste, sendo o material minerado predominante o ouro, que corresponde a 93,4% da área de mineração nesta CH.

Figura 3.18 – Áreas de mineração na UEG1.

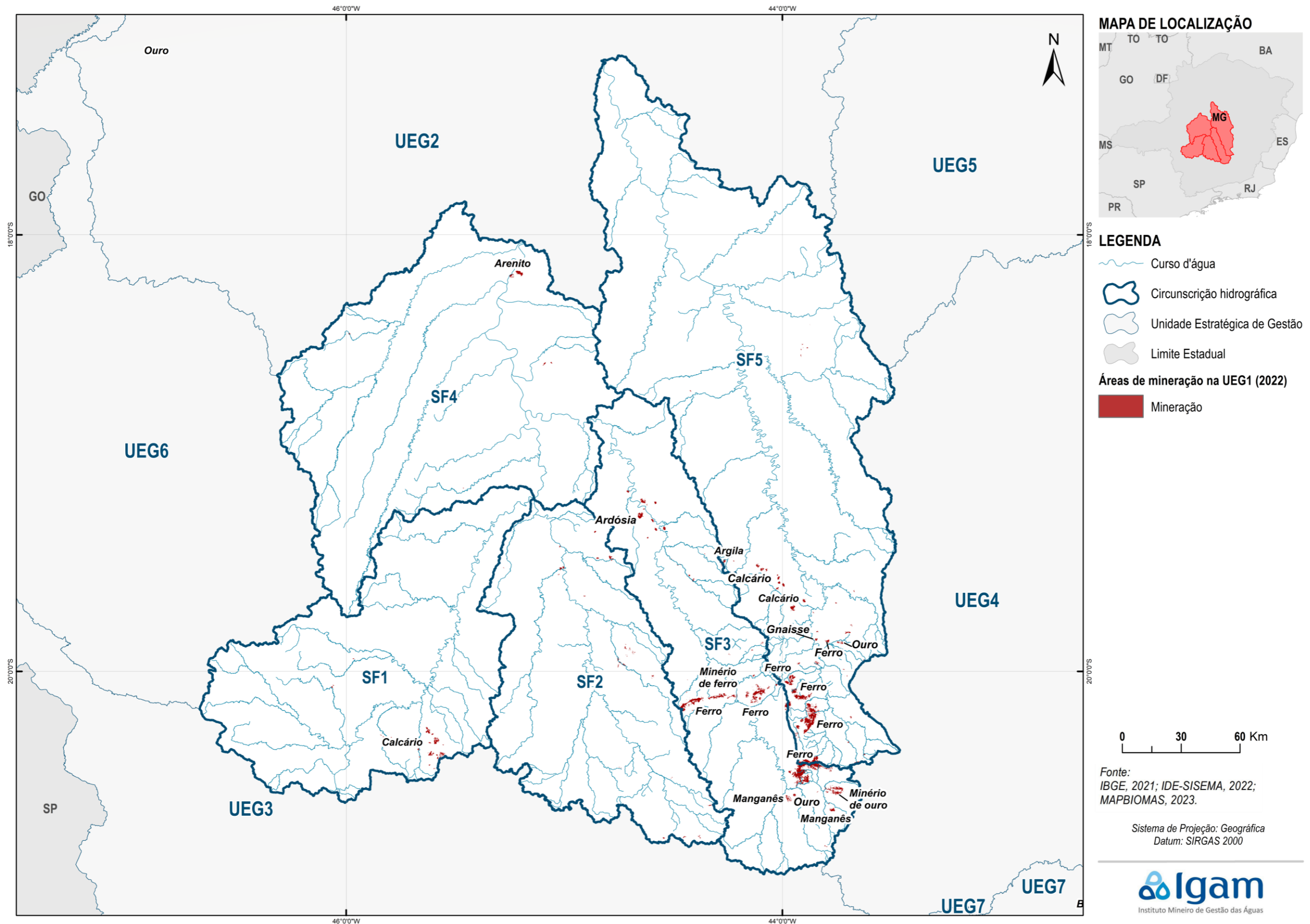
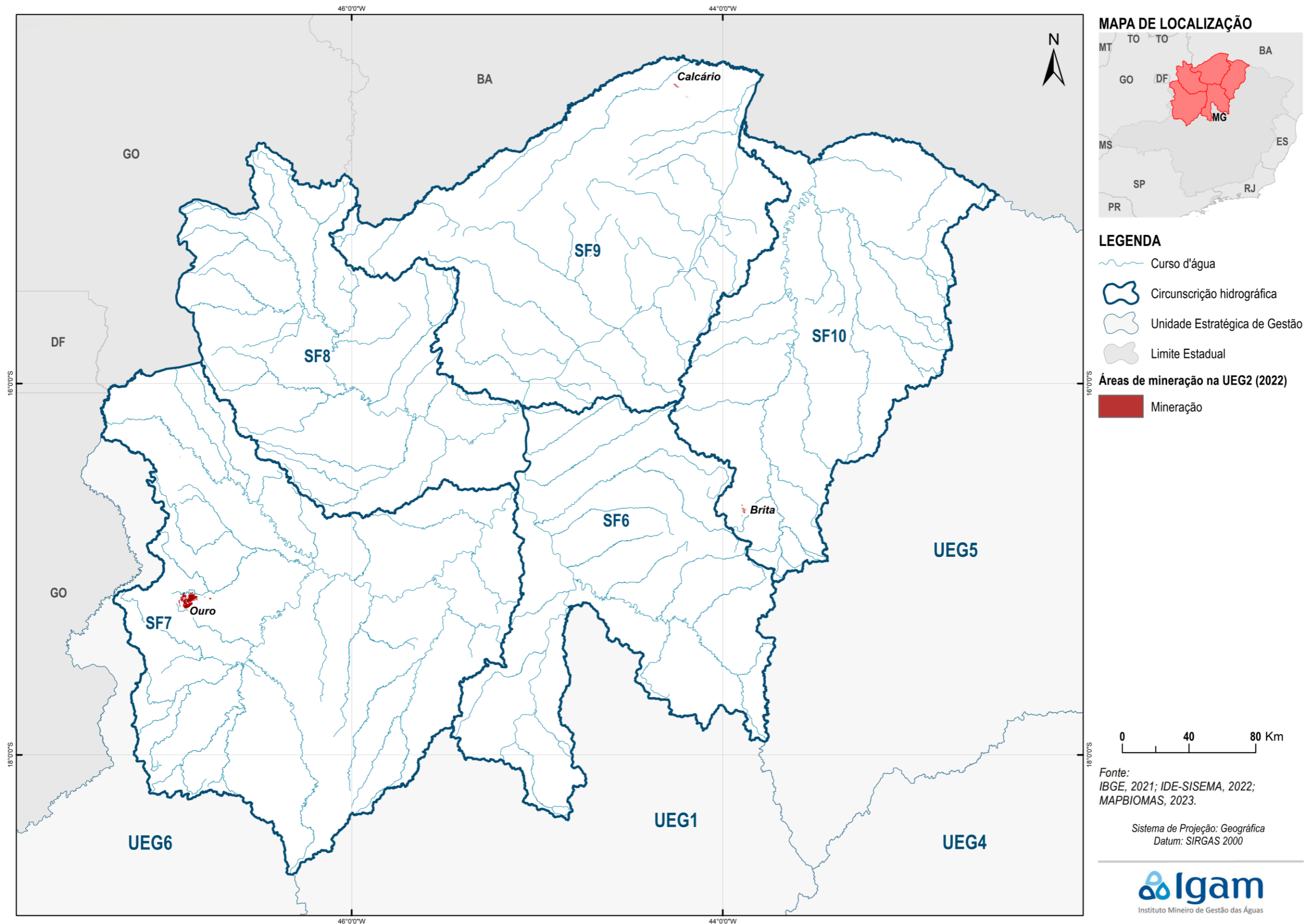


Figura 3.19 – Áreas de mineração na UEG2.



3.4.1.2.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes nas UEGs 1 e 2 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.16.

Quadro 3.16 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG1 e a UEG2 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG1	500	537	266	184	211	665	500	1	2.864
CH SF1	49	26	36	44	22	66	73	-	316
CH SF2	129	262	97	58	39	171	171	-	927
CH SF3	158	135	45	39	43	184	73	-	677
CH SF4	39	7	3	9	10	35	80	-	183
CH SF5	125	107	85	34	97	209	103	1	761
UEG2	248	57	46	43	253	235	897	-	1.779
CH SF6	27	4	5	6	44	39	42	-	167
CH SF7	129	36	19	21	58	86	492	-	841
CH SF8	23	2	3	2	34	21	302	-	387
CH SF9	13	2	-	2	11	21	45	-	94
CH SF10	56	13	19	12	106	68	16	-	290
Total	748	594	312	227	464	900	1.397	1	4.643

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes nas UEGs 1 e 2 e em suas respectivas CHs por classe da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.17. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.17 – Empreendimentos industriais licenciados por classe de potencial poluidor/degradador para a UEG1 e a UEG2 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG1	173	684	67	49	10	4	987
CH SF1	25	60	15	5	1	-	106
CH SF2	87	280	22	20	5	3	417
CH SF3	34	162	11	10	1	1	219
CH SF4	2	13	3	1	-	-	19
CH SF5	25	169	16	13	3	-	226
UEG2	37	84	8	13	1	3	146
CH SF6	1	10	2	1	-	1	15
CH SF7	22	43	4	6	1	-	76
CH SF8	2	5	-	-	-	-	7
CH SF9	3	-	-	1	-	-	4
CH SF10	9	26	2	5	-	2	44
Total	210	768	75	62	11	7	1.133

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados nas UEGs 1 e 2 pode ser observada na Figura 3.20 e na Figura 3.21, respectivamente.

Observa-se do Quadro 3.16 que os empreendimentos licenciados se concentram majoritariamente na UEG1, naturalmente por ser a UEG que reúne os maiores aglomerados urbanos e populacionais do estado, notadamente a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Ainda neste quadro, observa-se que predominam na bacia do rio São Francisco os empreendimentos da tipologia G, correspondente às atividades agrossilvipastoris, o que corrobora com a base de uso e ocupação do solo, apresentada no item 3.4.1.1, que aponta a existência de extensas áreas de agricultura e pastagens na bacia. Em seguida, tem-se a tipologia F, de gerenciamento de resíduos e serviços, respondendo por cerca de 20% dos empreendimentos licenciados no estado. Dentro desta tipologia, predominam os postos de combustíveis, que correspondem a cerca de 70% das licenças desta tipologia no somatório das UEGs 1 e 2.

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, predominam as do tipo B, de atividades industriais/ indústria metalúrgica e outras. Do Quadro 3.17, observa-se que a maior parte dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio.

Com relação à distribuição espacial dos empreendimentos industriais, segundo os mapas da Figura 3.20 e da Figura 3.21, fica evidente a concentração de tais atividades nas CHs SF3 e SF5, nas quais está contida a RMBH. Na CH SF3, as licenças de atividades industriais estão distribuídas de forma relativamente uniforme em toda a bacia. Já na CH SF5, as licenças se concentram majoritariamente na região alta da bacia, que corresponde à RMBH, tendo no baixo curso a ocorrência de pontos mais dispersos e visivelmente em menores quantidades.

A CH SF2 apresenta também significativo número de atividades industriais, notadamente da tipologia B, que se concentram em municípios como Divinópolis, Nova Serrana, Igaratinga, Papagaios e Cláudio. Na CH SF1, observa-se concentração das licenças nos municípios de Piumhi, Santo Antônio do Monte e Lagoa da Prata, predominantemente de tipologia D (indústria alimentícia).

Nas demais CHs das UEGs 1 e 2 os empreendimentos industriais estão bastante dispersos e são em menores quantidades. Ainda assim, podem ser citados alguns municípios que concentram quantidades significativas de atividades industriais licenciadas, como é o caso de Janaúba e Nova Porteirinha, ambas na CH SF10, e João Pinheiro, Paracatu e Unaí, todas na CH SF7.

Com relação à classe dos empreendimentos, aqueles classificados em 5 ou 6 se concentram na CH SF2, sendo a maior parte de tipologia B. Os demais empreendimentos industriais classificados nas duas maiores classes de potencial poluidor/degradador estão nas CHs SF3, SF5, SF6, SF7 e SF10.

Figura 3.20 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG1.

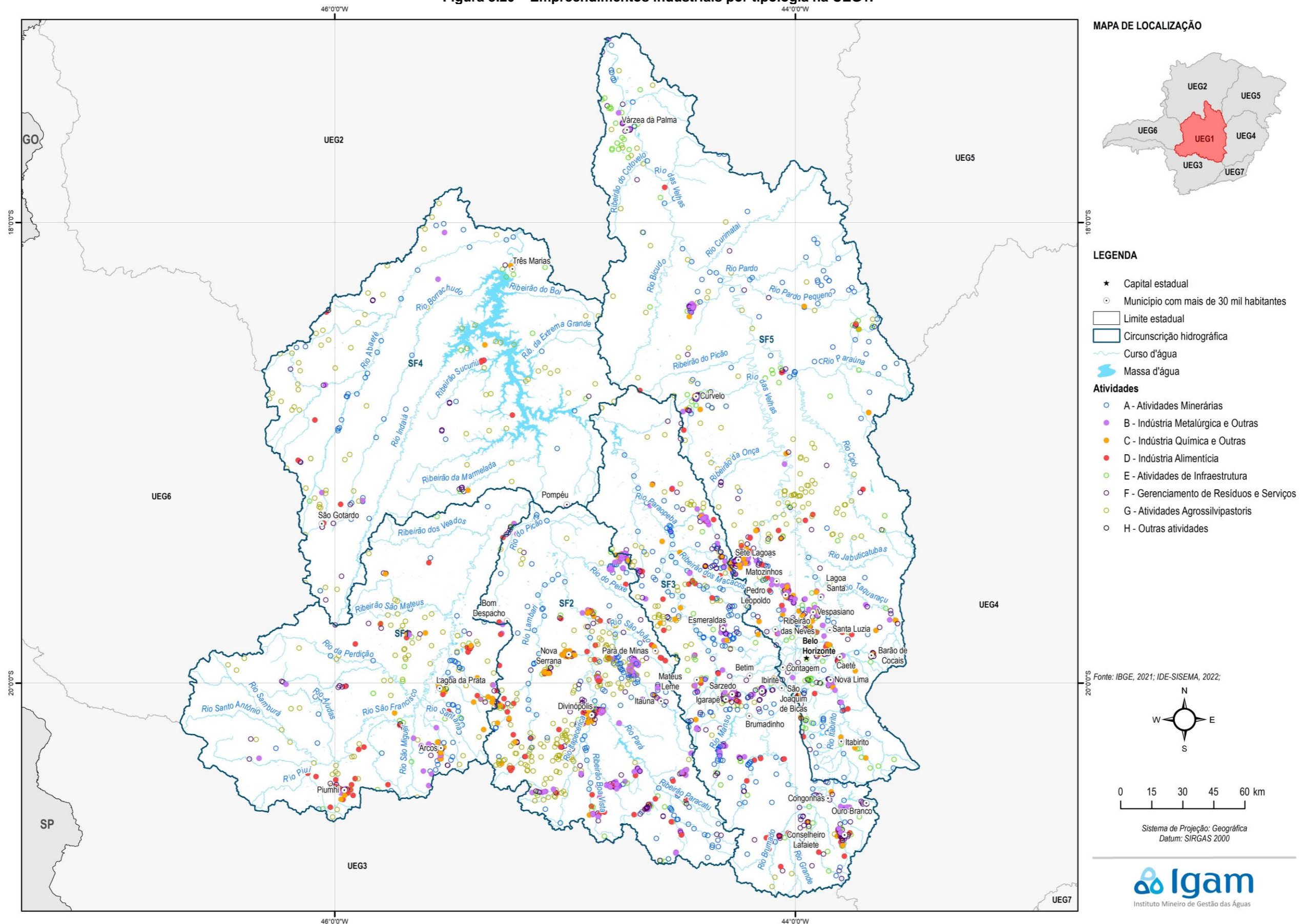
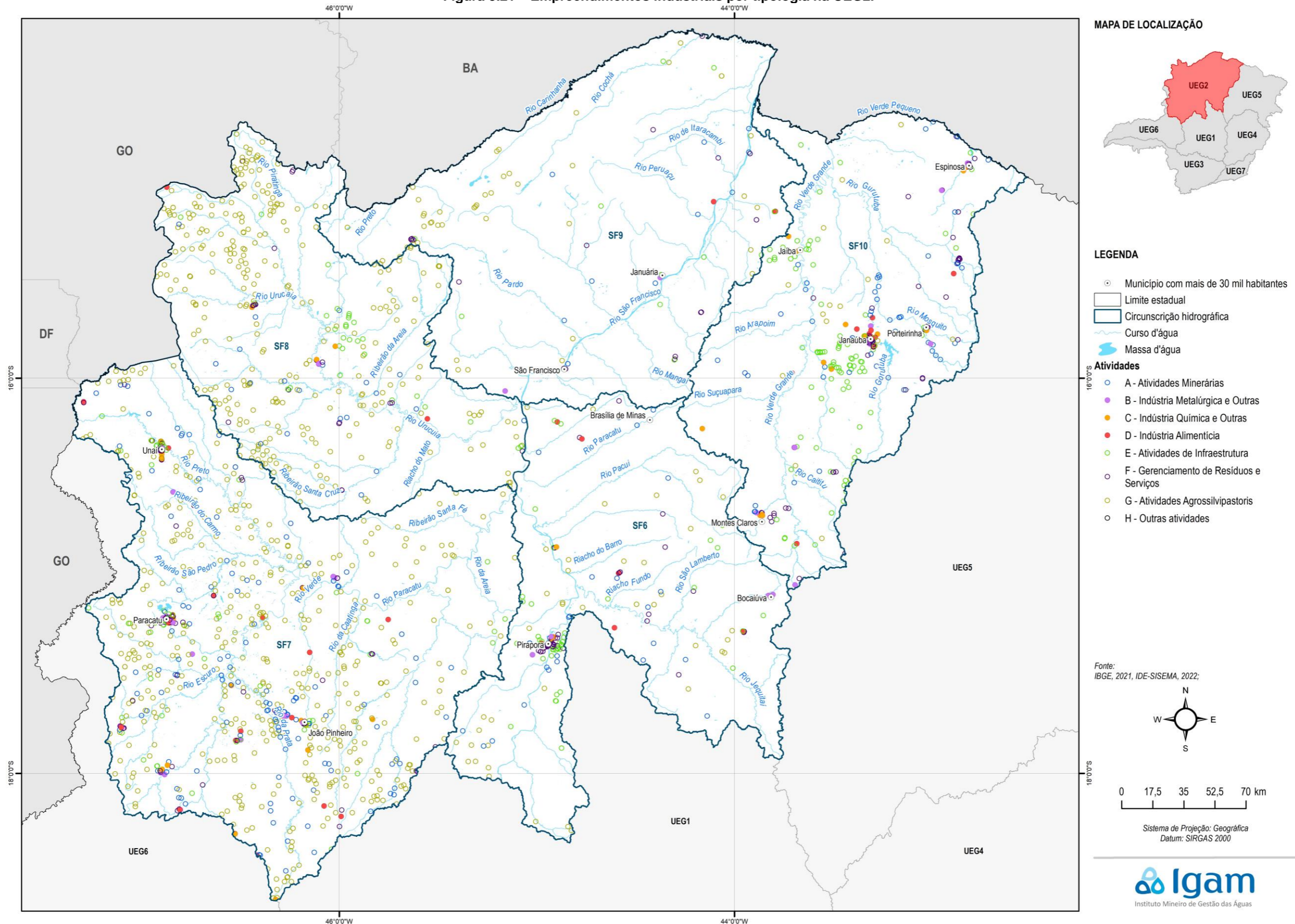


Figura 3.21 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG2.



3.4.1.2.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação dos dados sobre esgotamento sanitário, tema que foi amplamente abordado no RP005 do PMSH, sendo que este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.18 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.22 e a Figura 3.23 apresentam as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para as UEGs 1 e 2, respectivamente.

Quadro 3.18 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário nas UEGs 1 e 2.

UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	Faixa 1 até 10%	Faixa 2 10 - 25%	Faixa 3 25 - 50%	Faixa 4 50 - 75%	Faixa 5 acima de 75%	
UEG1	62	34	21	13	11	141
CH SF1	13	4	1	2	-	20
CH SF2	21	4	-	1	-	26
CH SF3	12	10	8	4	2	36
CH SF4	5	4	1	2	3	15
CH SF5	11	12	11	4	6	44
UEG2	22	2	7	13	37	81
CH SF6	8	-	1	3	7	19
CH SF7	6	1	2	1	3	13
CH SF8	2	-	-	2	4	8
CH SF9	1	-	1	2	13	17
CH SF10	5	1	3	5	10	24
Total	84	36	28	26	48	222

Fonte: elaboração própria.

Do Quadro 3.18 e dos dois mapas observa-se claramente a pior situação do esgotamento sanitário nos municípios da UEG2, em todas as suas CHs. Nesta UEG, dos 81 municípios cujas sedes estão nela inseridas, 37 têm mais de 75% de sua população sem coleta e sem tratamento de esgotos, o que corresponde a 46% das sedes. Destes municípios, os que reúnem as maiores populações são: Espinosa (CH SF10), São João da Ponte (CH SF10), Buritizeiro (CH SF6), Manga (CH SF9) e Varzelândia (CH SF10).

Na UEG1, apesar da situação estar melhor, se comparada à UEG2, há ainda alguns municípios nas faixas 4 e 5, ou seja, com 50% ou mais da população sem atendimento algum de serviços de esgotamento sanitário. Nesta situação, podem-se citar municípios como Rio Manso, na CH SF3, Felixlândia na CH SF4 e Lassance, na CH SF5. Ainda, no caso da UEG1, por abrigar municípios com grandes populações, ainda que estes estejam em faixas de porcentagem de não atendimento relativamente bons, em termos absolutos representam montantes de população significativos, como é o caso inclusive da capital Belo Horizonte, que tem menos de 10% de sua população sem coleta e tratamento de esgoto. Convertendo em valores absolutos, considerando uma população de 2,3 milhões de habitantes, o montante populacional sem acesso aos serviços de esgotamento sanitário chega quase a 10 mil habitantes. Desse modo, a carga poluidora sem tratamento lançada nos corpos d'água é

também significativa, contribuindo para a deterioração da qualidade das águas superficiais no entorno do município.

Figura 3.22 – Índice de atendimento de esgoto na UEG1.

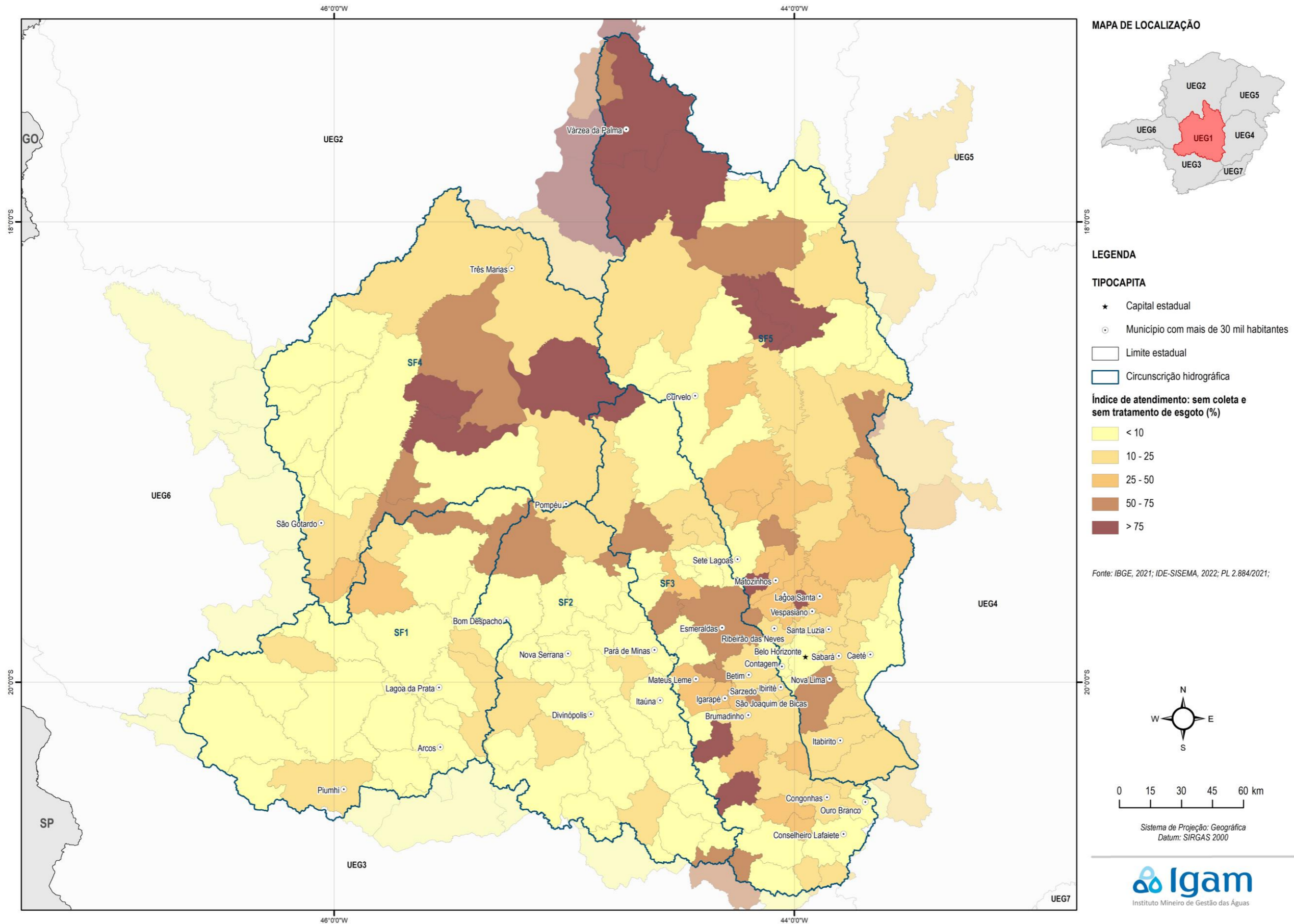
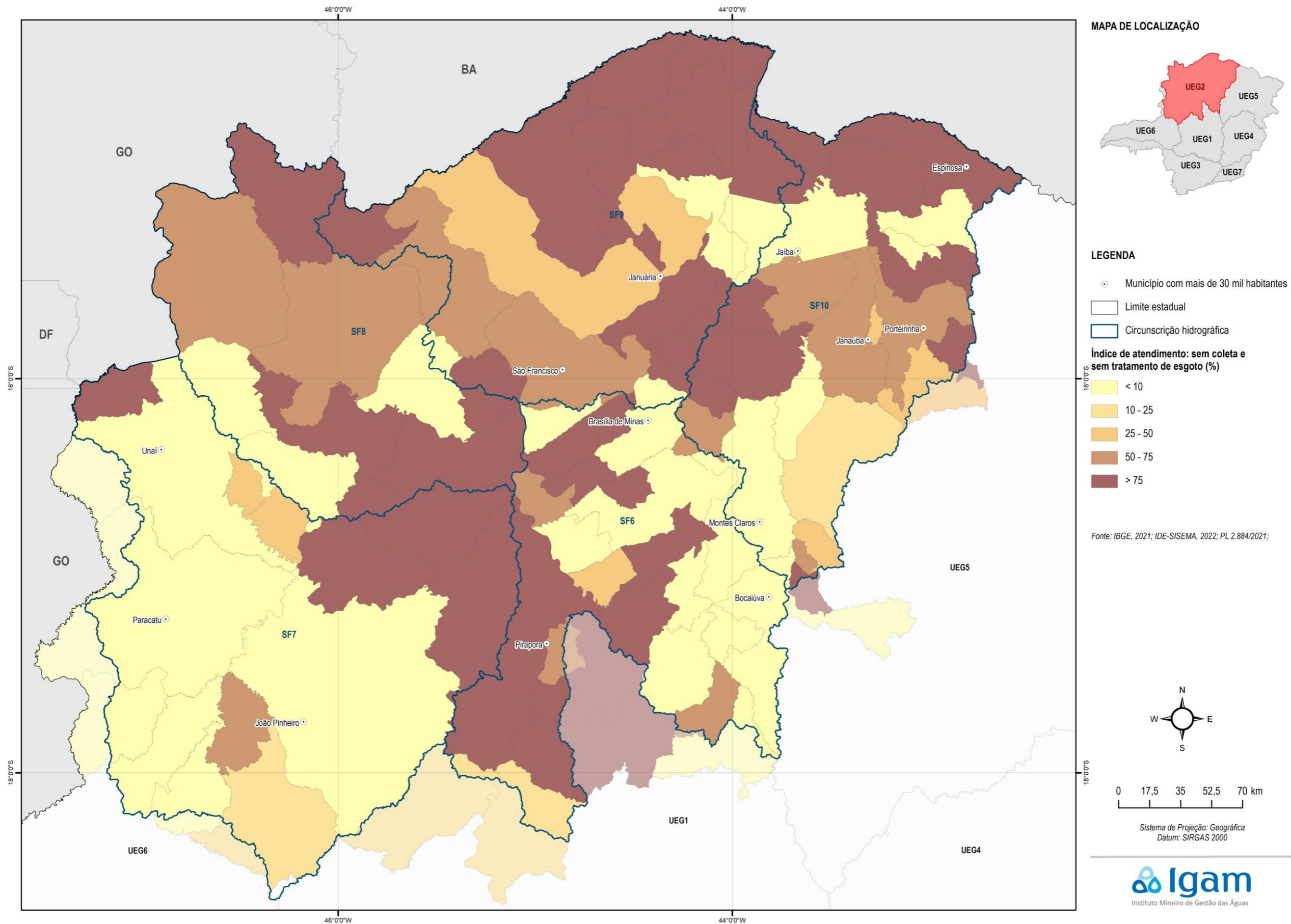


Figura 3.23 – Índice de atendimento de esgoto na UEG2.



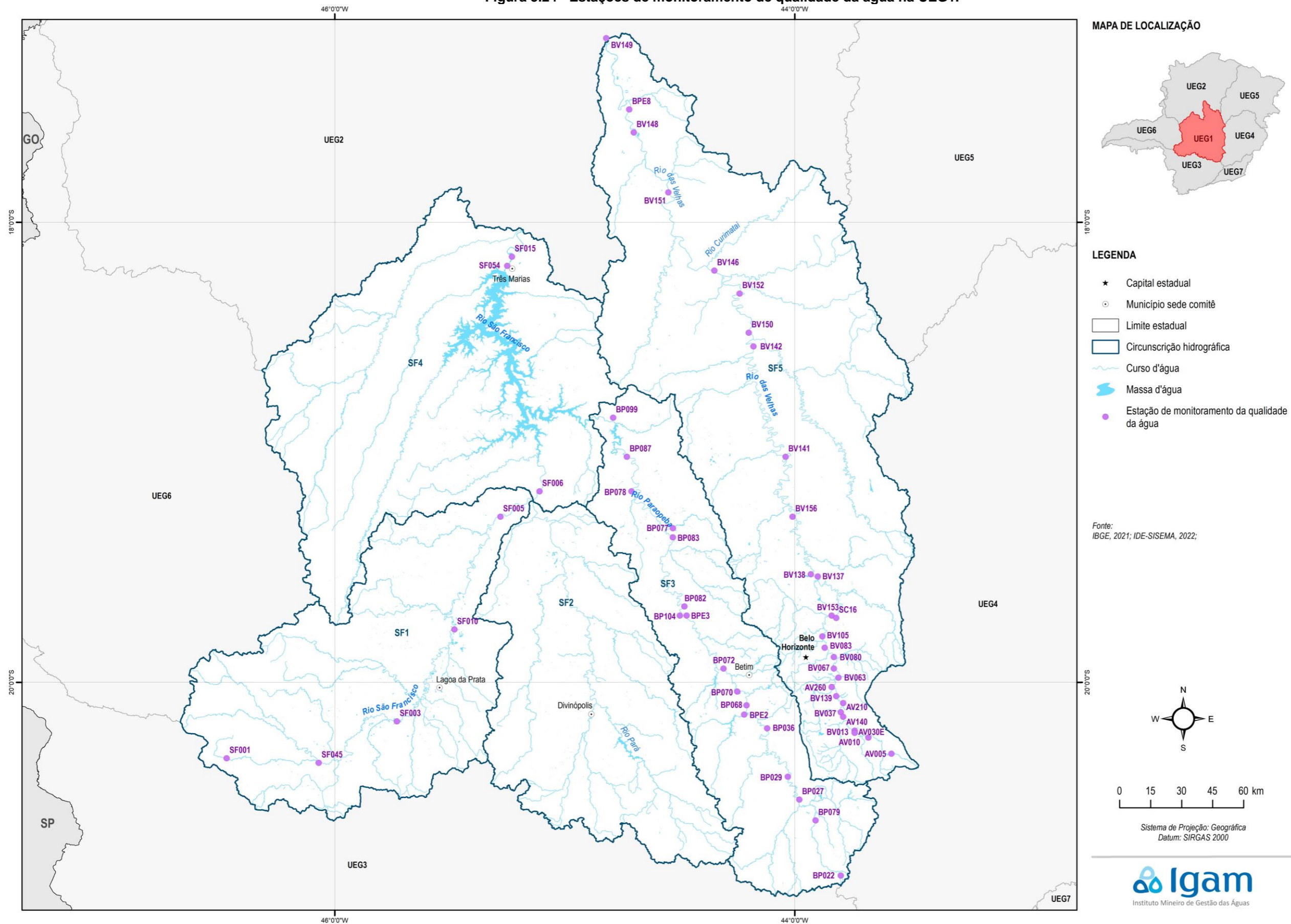
3.4.1.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água é apresentada na Figura 3.24 e Figura 3.25, respectivamente para as UEGs 1 e 2.

Em seguida, é apresentada a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacia do Rio Paraopeba
- Bacia do Rio das Velhas
- Bacia do Rio Paracatu
- Bacia do Rio Verde Grande
- Bacia do Rio São Francisco

Figura 3.24 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG1.



Fonte: elaboração própria

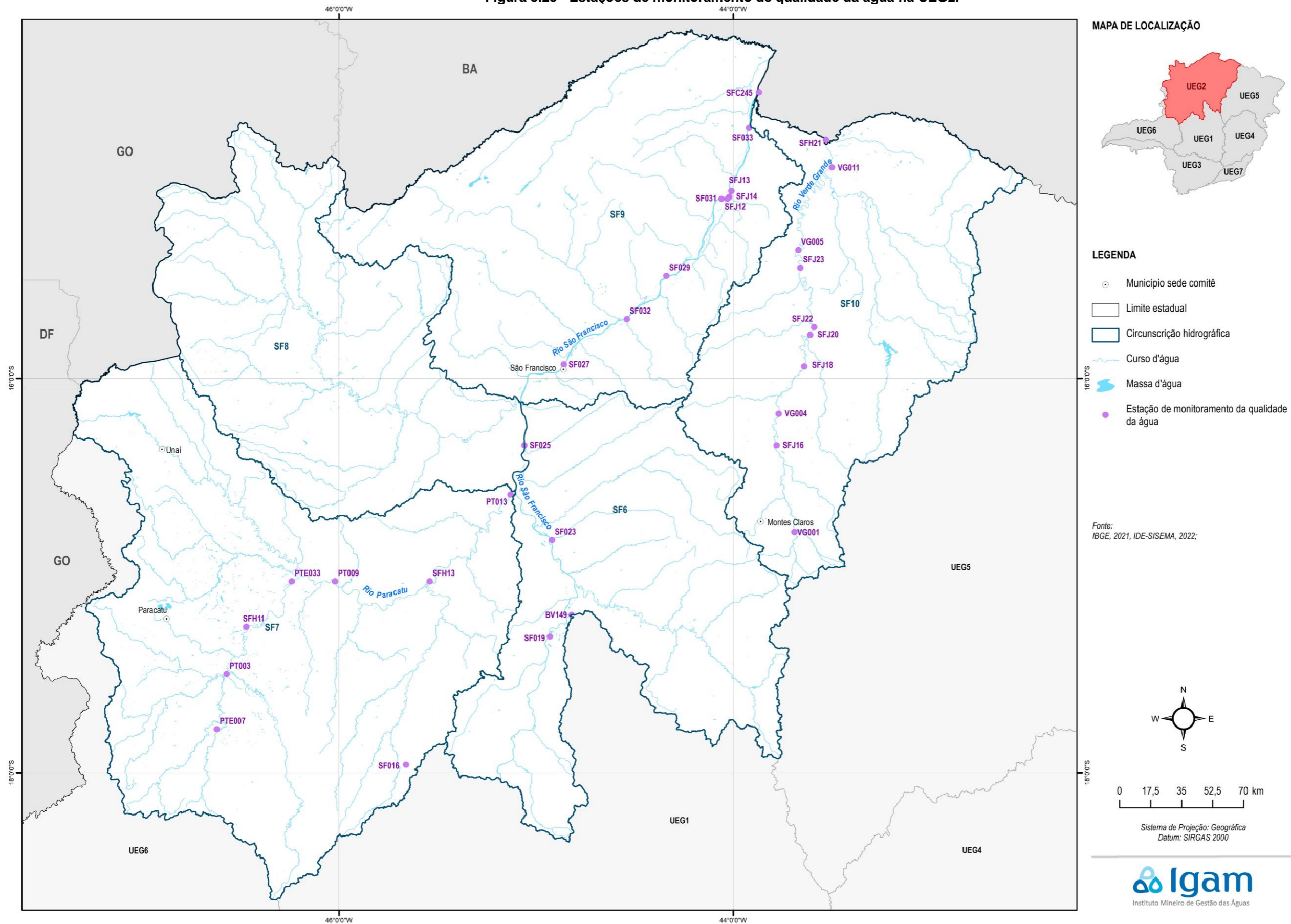
Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.25 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG2.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

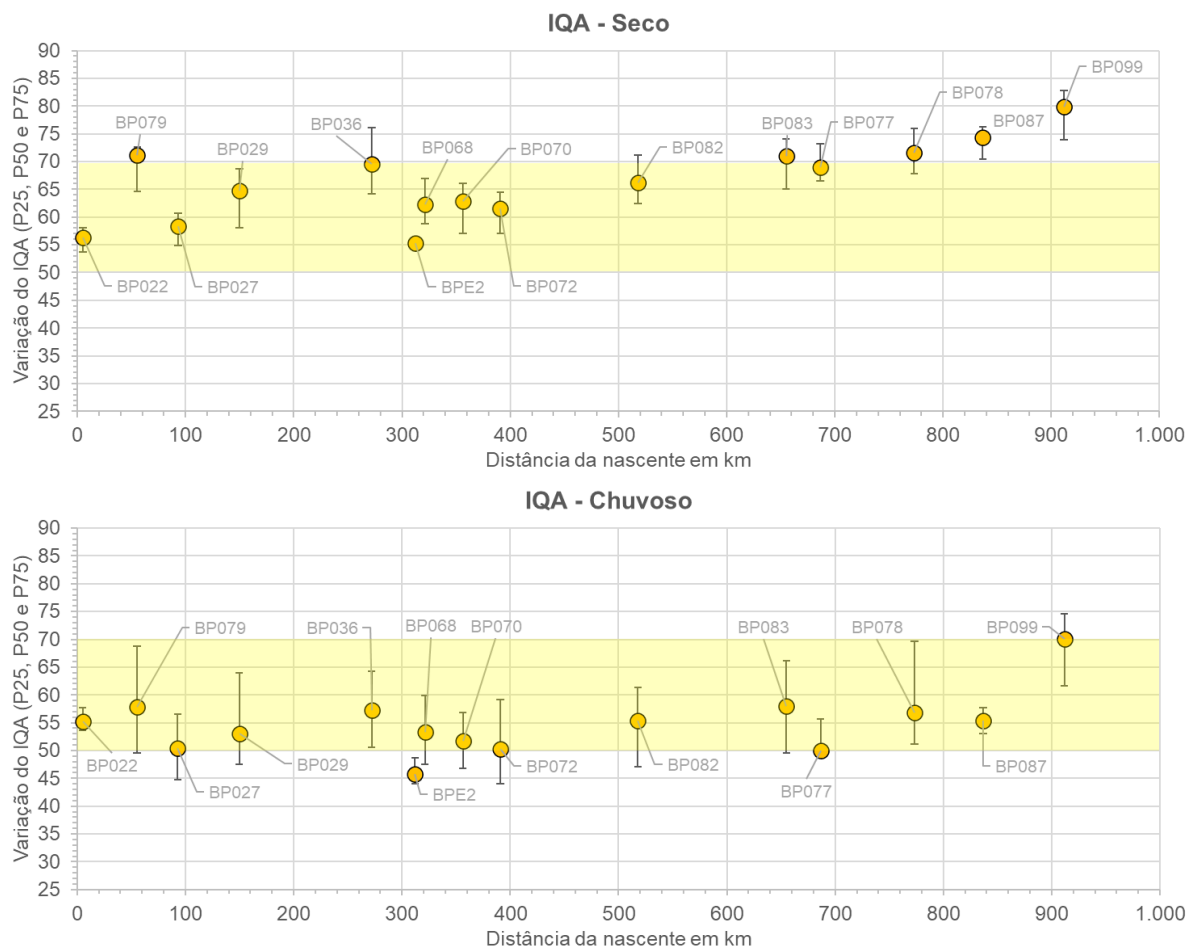
RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.1.3.1 SF3 - Bacia do Rio Paraopeba

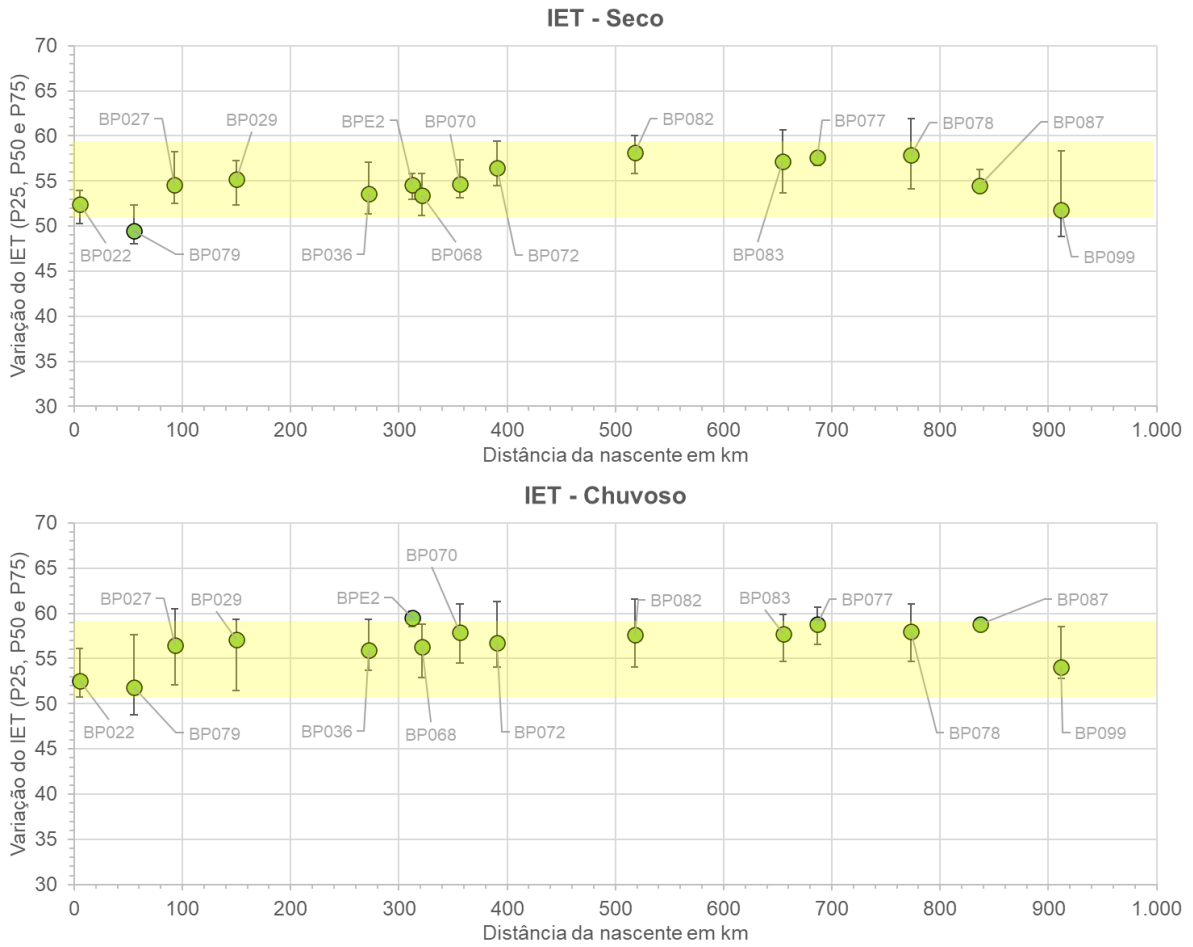
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Paraopeba (SF3) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.26), IET (Figura 3.27) e CT (Figura 3.28). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os indicadores e com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.19), e CT ALTA (Quadro 3.20).

Figura 3.26 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



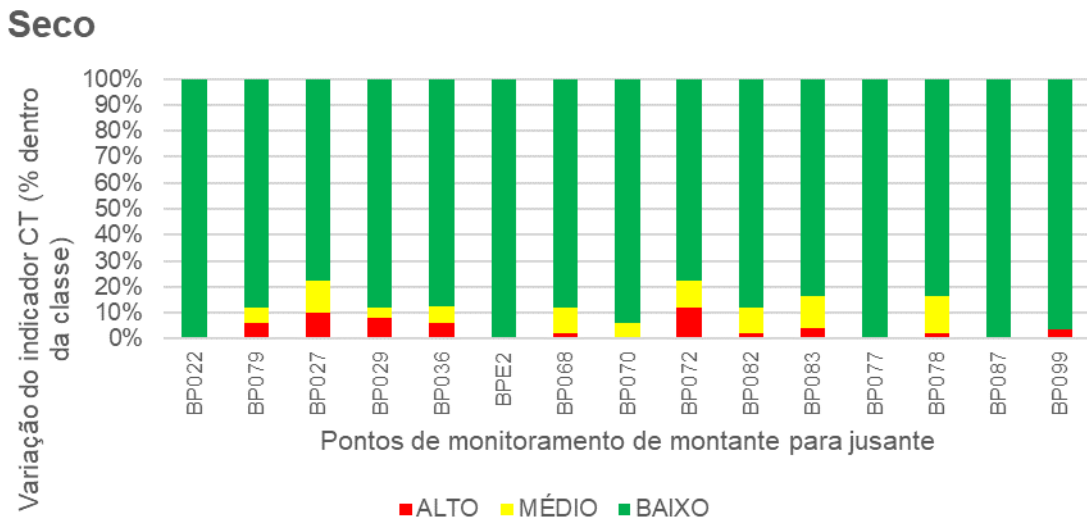
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.27 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

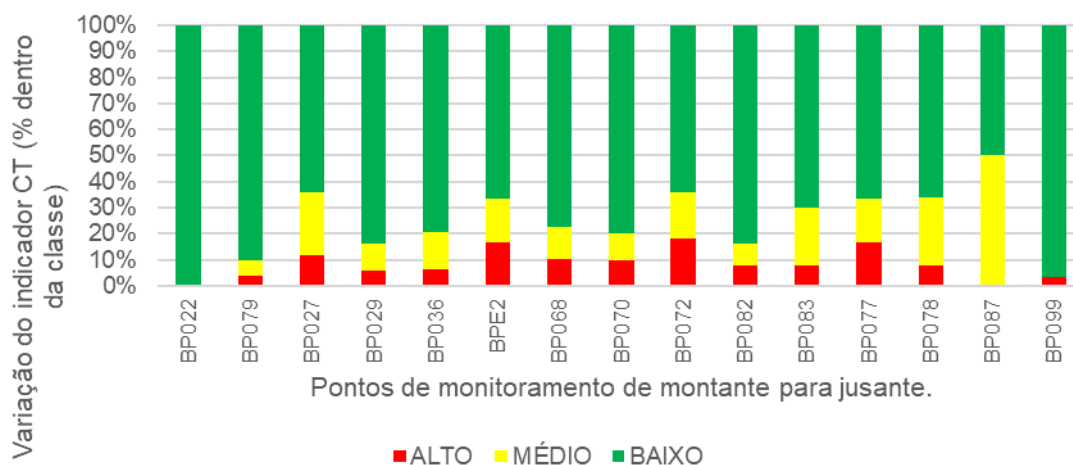


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.28 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paraopeba (SF3). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.19 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paraopeba (SF3).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BP022	5	0	0	100	0	0	0	0	0	0
BP079	55	0	0	54	0	0	0	0	46	0
BP027	93	0	0	49	0	5	0	1	45	0
BP029	150	0	0	52	0	0	0	2	46	0
BP036	272	0	0	49	0	0	0	1	49	0
BPE2	312	0	0	51	0	0	0	2	47	0
BP068	321	0	0	49	0	0	0	3	49	0
BP070	356	0	0	49	0	0	0	1	49	0
BP072	391	0	2	51	0	0	1	3	43	0
BPE3	497	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BP104	505	0	0	45	10	0	0	0	45	0
BP082	518	0	0	50	0	0	0	1	50	0
BP083	655	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BP077	687	0	0	45	0	0	0	10	45	0
BP078	773	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BP087	837	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BP099	912	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.20 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paraopeba (SF3).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BP022	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BP079	55	17	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0
BP027	93	0	0	0	0	40	20	0	0	40	0	0	0	0
BP029	150	0	0	0	0	0	50	10	0	40	0	0	0	0



Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BP036	272	0	0	0	0	33	0	0	0	67	0	0	0	0
BPE2	312	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
BP068	321	0	20	0	0	20	0	0	0	60	0	0	0	0
BP070	356	0	0	0	0	50	0	13	0	38	0	0	0	0
BP072	391	0	0	0	0	36	27	0	0	27	0	0	0	9
BPE3	497	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
BP104	505	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BP082	518	25	0	0	0	25	0	0	0	50	0	0	0	0
BP083	655	0	0	0	0	0	33	0	0	67	0	0	0	0
BP077	687	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
BP078	773	0	0	0	0	25	0	0	0	75	0	0	0	0
BP087	837	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BP099	912	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

A qualidade da água do Rio Paraopeba ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo na bacia oscilou preferencialmente dentro da classe MÉDIA do IQA em ambos os períodos climáticos, embora no período chuvoso tenha sido constatada uma piora consistente do indicador no gradiente espacial. O nível trófico predominante ao longo do perfil longitudinal e climático foi o MESOTRÓFICO. A frequência do CT na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais, de 89% (seco) e 75% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA respondeu por 6% (seco) e 8% (chuvoso).

No gradiente espacial do Rio Paraopeba, pode-se destacar dois trechos em que se verifica uma piora dos indicadores de qualidade da água: (a) no trecho alto a jusante da confluência com o Rio Maranhão (BP027), que drena os efluentes domésticos e industriais das sedes urbanas de Ouro Branco (Índice de coleta de esgoto - IN015=74,9%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%), Conselheiro Lafaiete (IN015=70,4%; IN016=70,1%) e Congonhas (IN015=58,7%; IN016=NI), com destaque para a indústria metalúrgica, bem como para a atividade minerária, e (b) no médio Paraopeba, entre os km 300-400, trecho em que a bacia incremental é fortemente antropizada, com destaque para os efluentes industriais (metalurgia e de resíduos), da mineração e domésticos/poluição difusa das sedes urbanas, com destaque para Ibitiré, Betim (IN015=68,2%; IN016=100%), Contagem (IN015=74,3%; IN016=100%) e Brumadinho (IN015=57,3%; IN016=13,9%). Nesse trecho, as cargas poluidoras alcançam o rio principal através dos seguintes afluentes: Rio Betim, Córrego do Feijão e Ribeirão Sarzedo, pela margem direita, e Rio Manso e Ribeirão Serra Azul, pela margem esquerda.

No trecho baixo (jusante do km 600), verifica-se uma gradativa melhora dos indicadores, resultando em uma frequência maior do IQA na classe BOA durante o período seco. Nessa porção da bacia o uso do solo é predominantemente rural, com destaque para o incremento de área de silvicultura, lavouras temporárias (soja) e pastagens.

Coliformes termotolerantes e turbidez foram responsáveis pela piora do IQA de forma consistente ao longo de todo o gradiente espacial. Nesse contexto, coliformes pode estar relacionado tanto com as cargas remanescentes dos esgotos domésticos das principais sedes

urbanas, quanto com a carga difusa, especialmente durante o período chuvoso, das áreas de pastagens que possuem elevada representatividade na bacia.

Já o incremento na turbidez tem relação principalmente com processos erosivos alóctones e autóctones. Esses processos são potencializados durante o período chuvoso em áreas com solo exposto. Nesse contexto, a representatividade sobretudo da turbidez ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo pode explicar em parte a piora do IQA durante a estação de chuvas. Fatores de pressão presentes na bacia que se relacionam com a geração de sedimentos e, conseqüente, elevação da turbidez da água são as áreas urbanas, atividade agropastoril e de mineração, com destaque para a mineração da areia, nos municípios de Esmeraldas e Cachoeira da Prata (COBRAPE, 2020), e ardósia, no leito do Rio Paraopeba entre as estações BP077 e BP078.

Embora turbidez seja um parâmetro que contribui de maneira consistente para um IQA RUIM e MUITO RUIM nas bacias mineiras, no caso específico do Rio Paraopeba é importante mencionar a relação dos dados históricos de turbidez com o evento de rompimento da Barragem B1 da Vale ocorrida em 2019. De acordo com IGAM (2023a) os níveis de turbidez no Rio Paraopeba não retornaram à normalidade (pré-rompimento), principalmente, no período chuvoso. Nesse contexto, vale destacar para as atividades de dragagem pós-rompimento, de responsabilidade da Vale, que tem sido realizadas no leito do rio, as quais também contribuem para o incremento da turbidez no manancial.

Os resultados mostram ainda no trecho médio uma tendência de enriquecimento das águas do Paraopeba com base no IET no período seco. Esse cenário pode também ser explicado pelos despejos de esgotos domésticos e industriais oriundos das sedes urbanas situadas nessa porção da bacia.

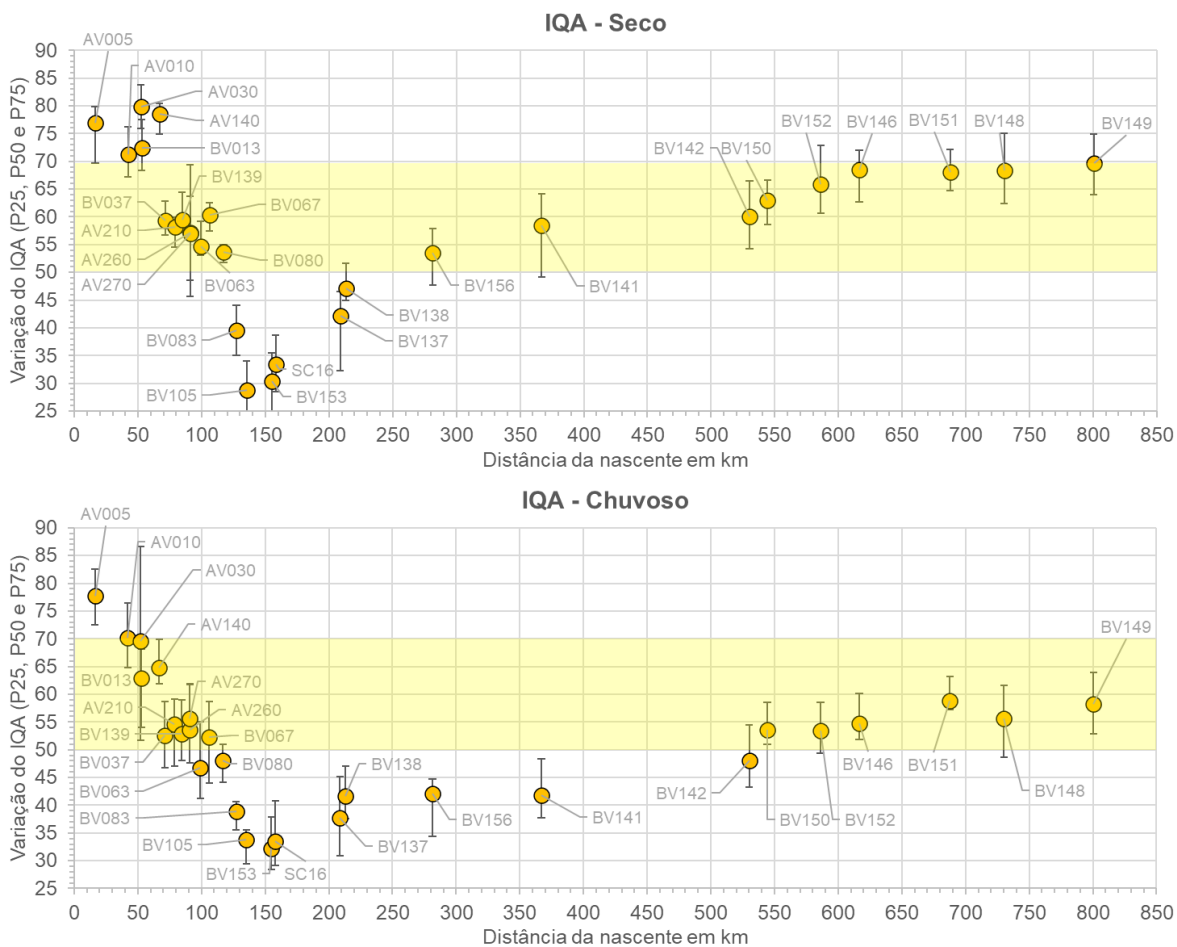
Os principais parâmetros que contribuíram de maneira consistente para um CT ALTO ao longo do Rio Paraopeba foram fenóis e chumbo. A maior frequência nas classes MÉDIA e ALTA durante o período chuvoso pode estar relacionada com a carga de lavagem de diferentes tipologias de uso e cobertura presentes na bacia. Nesse contexto, pela forma generalizada com que aparece ao longo do perfil longitudinal, compostos fenólicos podem estar relacionados com as cargas difusas oriundas da atividade agropastoril, devido à presença deste composto em dejetos animais e em pesticidas. Este contaminante pode também estar relacionado com os centros urbanos devido aos esgotos domésticos (presença em desinfetantes e dejetos humanos), efluentes da indústria química e de resíduos.

Contaminação por chumbo pode estar relacionada com as áreas de mineração, despejos industriais, com destaque para o setor metalúrgico, e carga difusa das áreas agropastoris (presente em pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo). De acordo com CPRM (2018) concentrações significativas de chumbo estão presentes no solo da bacia do Rio Manso. Além disso, tanto chumbo, quanto compostos aromáticos podem estar presentes nas cargas de lavagem das áreas impermeáveis de zonas urbanas (poluição difusa da drenagem urbana), as quais possuem boa representatividade na bacia ao longo do trecho médio do Paraopeba. Por fim, vale mencionar que os dados históricos de chumbo também são influenciados fortemente pelo evento de rompimento da Barragem da B1 da Vale, os quais não retornaram à normalidade pré-rompimento, possivelmente devido à remobilização do metal presente nos sedimentos do Rio Paraopeba principalmente durante o período de chuvas (IGAM, 2023a).

3.4.1.3.2 SF5 – Bacia do Rio das Velhas

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio das Velhas (SF5) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.29), IET (Figura 3.30) e CT (Figura 3.31). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.21), e CT ALTA (Quadro 3.22).

Figura 3.29 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.



Figura 3.30 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO e limite superior do IET EUTRÓFICO.

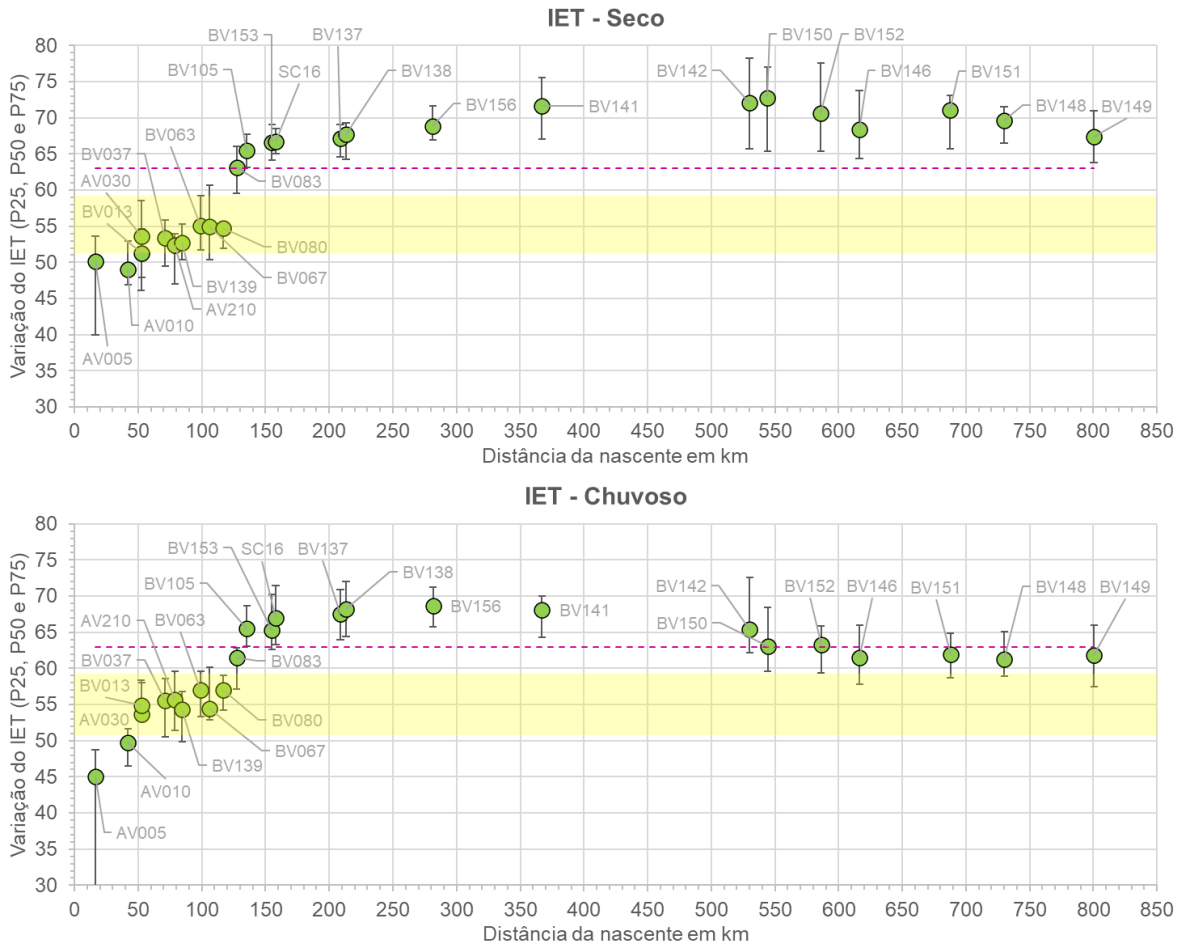
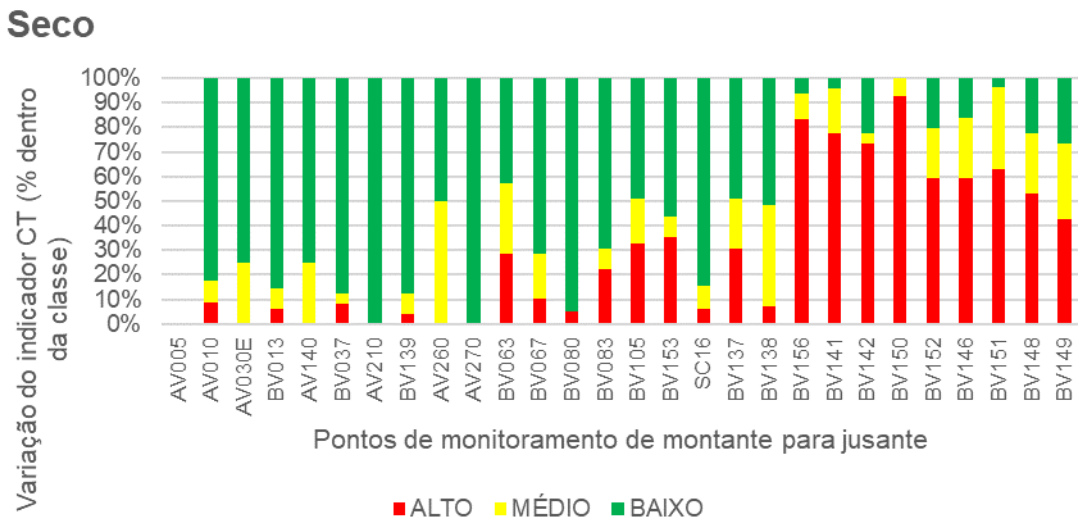
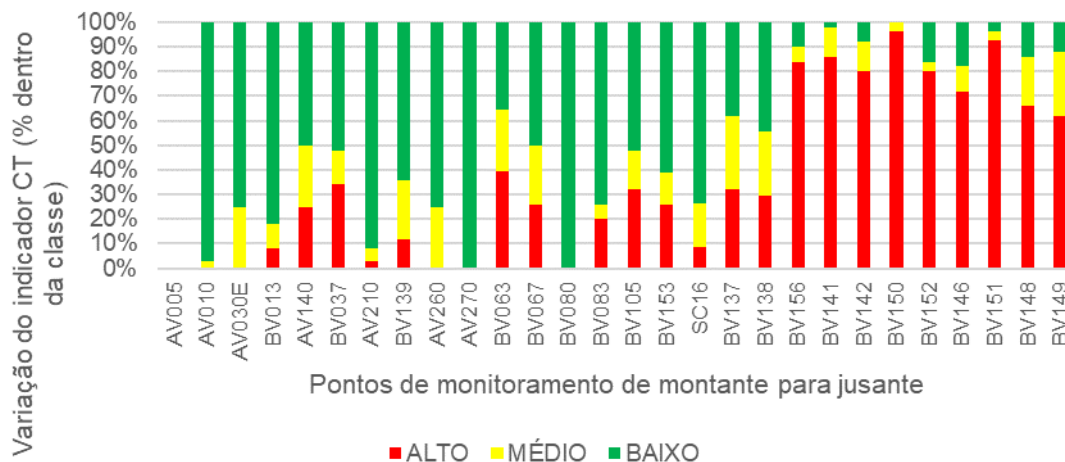


Figura 3.31 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio das Velhas (SF5). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.21 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio das Velhas (SF5).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
AV005	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV010	42	0	0	46	2	0	0	6	46	0
AV030E	52	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BV013	53	0	0	47	2	0	0	4	47	0
AV140	67	0	0	33	17	0	0	17	33	0
BV037	71	0	0	46	0	0	0	9	46	0
AV210	79	0	0	47	0	1	0	7	45	0
BV139	85	0	1	49	0	1	0	2	48	0
AV260	91	0	0	37	10	0	0	17	37	0
AV270	91	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BV063	99	0	0	49	0	0	0	3	47	0
BV067	106	0	0	47	0	1	0	6	45	0
BV080	117	0	0	56	0	2	0	6	36	0
BV083	127	0	5	41	0	20	0	19	14	0
BV105	135	0	22	31	0	19	0	18	10	0
BV153	155	0	27	33	0	14	0	15	10	0
SC16	158	0	26	34	0	12	0	18	11	0
BV137	209	0	26	35	0	7	0	17	15	0
BV138	213	0	21	36	0	8	1	15	19	0
BV156	281	0	18	39	0	9	3	8	24	0
BV141	367	0	10	40	0	8	4	8	29	0
BV142	530	0	8	39	1	4	4	10	34	0
BV150	544	0	3	44	2	0	5	3	42	0
BV152	586	0	6	40	4	2	4	7	38	0
BV146	616	0	6	43	2	2	2	6	40	0
BV151	688	0	5	47	3	0	0	2	43	0



Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BV148	730	0	5	50	5	1	1	2	37	0
BV149	801	0	5	47	3	0	0	8	37	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.22 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio das Velhas (SF5).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
AV005	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV010	42	0	33	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0
AV030E	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV013	53	0	29	0	0	29	14	14	0	14	0	0	0	0
AV140	67	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
BV037	71	0	28	0	0	24	8	27	8	4	0	0	0	2
AV210	79	0	0	0	0	67	0	0	33	0	0	0	0	0
BV139	85	5	14	0	0	24	14	29	5	10	0	0	0	0
AV260	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV270	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV063	99	0	57	0	0	7	0	12	8	17	0	0	0	0
BV067	106	0	44	0	0	19	12	23	2	0	0	0	0	0
BV080	117	0	33	0	33	33	0	0	0	0	0	0	0	0
BV083	127	71	14	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
BV105	135	68	9	0	0	9	9	5	0	0	0	0	0	0
BV153	155	68	26	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0
SC16	158	50	25	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
BV137	209	70	20	0	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0
BV138	213	30	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV156	281	12	66	0	0	4	1	0	0	17	0	0	0	0
BV141	367	5	77	0	0	3	1	5	1	8	0	0	0	0
BV142	530	1	82	0	0	4	1	1	0	9	1	0	0	0
BV150	544	0	98	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
BV152	586	5	89	0	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0
BV146	616	11	80	0	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0
BV151	688	1	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BV148	730	3	81	0	0	1	2	0	0	8	5	0	0	0
BV149	801	7	83	0	0	1	1	5	0	0	2	0	0	1

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

A qualidade da água do Rio das Velhas ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo na bacia apresentou forte oscilação dos indicadores IQA, IET e CT em ambos os períodos climáticos. No trecho alto, a montante da confluência com o Rio Itabirito (km 50), o IQA oscilou dentro da classe BOA, principalmente no período seco. O IET no trecho se manteve no nível OLIGOTRÓFICO. A frequência do CT na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais do trecho, de 81% (seco) e 85% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA

respondeu por 5% (seco) e 3% (chuvoso). Nessa porção da bacia o uso do solo é predominantemente rural com destaque para a cobertura florestal e de áreas de pastagem.

A jusante da confluência com o Rio Itabirito, nota-se uma queda gradual e consistente dos níveis de qualidade da água. A piora dos indicadores IQA e IET é constatada até o km 155 (BV153). No trecho o IQA oscilou de BOM a RUIM (P50, seco/chuvoso) e o IET variou de OLIGO a SUPEREUTRÓFICO (P50, seco/chuvoso). A classe ALTA do indicador CT alcançou frequência acima de 30% (seco/chuvoso) em mais de um ponto amostral no trecho.

Quanto aos principais fatores de pressão envolvidos nesse percurso, pode-se dividir o Rio das Velhas da seguinte forma: (a) km 50 (~BV140) ao km 106 (BV067), influência da atividade mineradora existente nas bacias do Rio Itabirito, Ribeirão Água Suja, Ribeirão dos Macacos, e Rio do Peixe, todos contribuintes da margem esquerda, e em menor grau das zonas urbanas de Itabirito (Índice de coleta de esgoto - IN015=80,2%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=87,2%), Nova Lima (IN015=19%; IN016=100%) e Raposos (IN015=66,5%; IN016=100%), e (b) km 106 (BV067) ao km 155 (BV153), influência dos efluentes urbanos da RMBH (BH: IN015=77,9%; IN016=100%), com destaque para os esgotos domésticos, cargas difusas das áreas impermeáveis e efluentes industriais, com destaque para o setor químico, metalúrgico e de resíduos. Esses efluentes alcançam o Rio das Velhas através dos seguintes afluentes da margem esquerda: Ribeirão Arruda, Ribeirão da Onça, Ribeirão Baronesa, Ribeirão da Mata e Córrego Bebedouro.

A partir do km 200 (~BV137), a jusante do trecho influenciado pelas cargas poluidoras da RMBH, verifica-se uma recuperação gradual da qualidade da água no Rio das Velhas com base no IQA e IET. Por outro lado, a frequência do CT na classe ALTA é significativamente incrementada, mantendo-se acima de 50% até a foz. Nessa porção, a bacia do Rio das Velhas é predominante rural com destaque para a atividade agropastoril.

Coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total (FT) e turbidez foram os principais parâmetros responsáveis pela piora do IQA ao longo do gradiente espacial. Coliformes pode ser atribuído aos esgotos domésticos no trecho sob influência da RMBH e fontes difusas da pecuária, principalmente, no período chuvoso. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e Fósforo Total (FT) tem relação com os esgotos domésticos da RMBH, já que possuem representatividade somente no trecho que recebe a carga remanescente da zona urbana (esgotos domésticos e drenagem urbana) pela margem esquerda.

Turbidez, que também é representativa ao longo de todo o gradiente espacial, pode estar relacionada com a carga difusa de diversas tipologias como da mineração, áreas urbanas e, de maneira mais generalizada na bacia, com a atividade agropastoril. Particularmente, vale ressaltar para as atividades de dragagem relacionadas ao garimpo do ouro no Alto Velhas, entre a confluência com o Rio Itabirito até a ETA Bela Fama, como potencial fonte de produção de sólidos.

No caso do CT os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA foram: arsênio, nitrogênio amoniacal e chumbo. Nitrogênio amoniacal está relacionado com as cargas domésticas da RMBH, pois aparece de forma representativa somente nesse trecho. Chumbo aparece tanto na porção alta da bacia, em zona rural, quanto no trecho mais antropizado destacado anteriormente. Nesse contexto, diversas fontes podem estar relacionadas com o

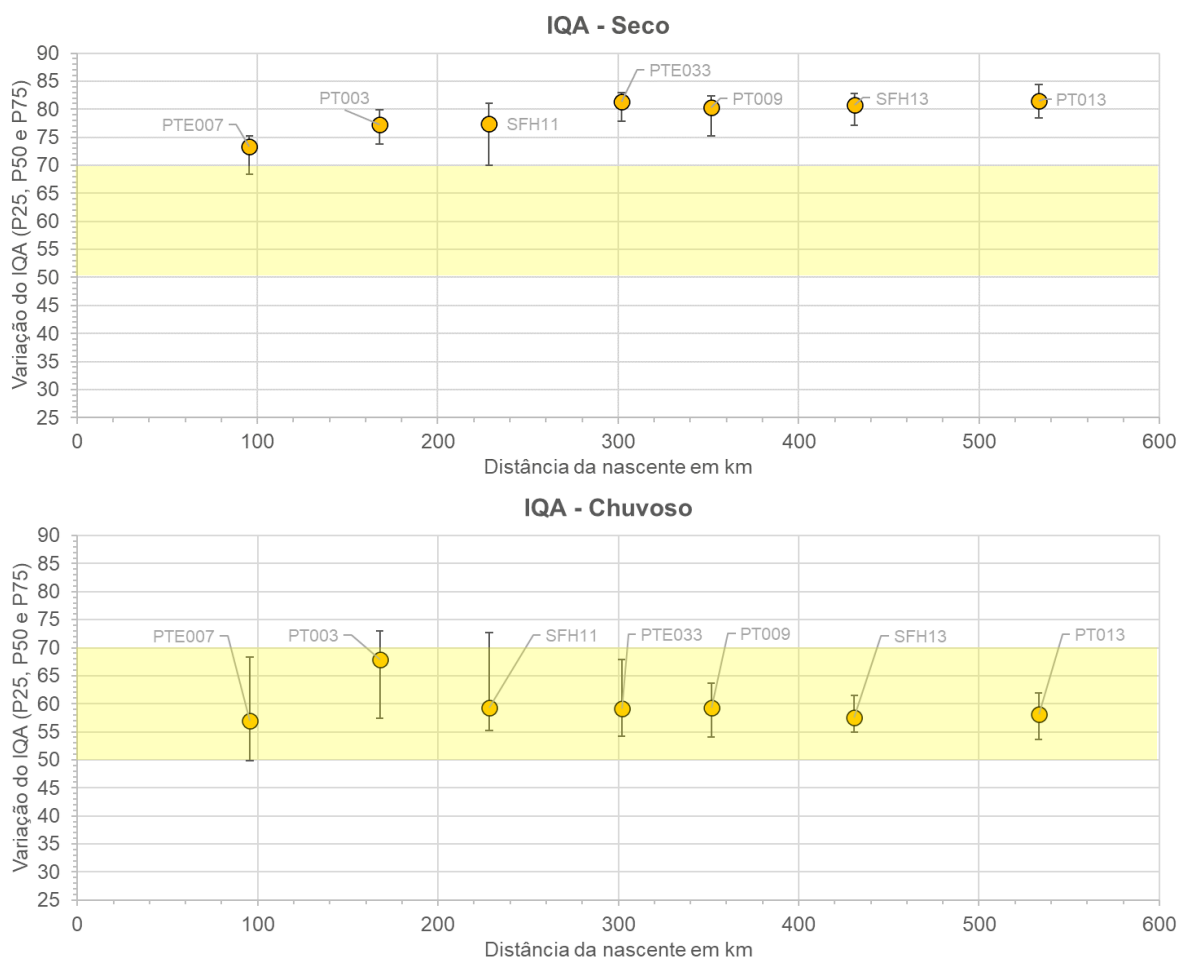
parâmetro, tais como: mineração, agricultura/pastagens (pesticidas/fertilizantes/corretivos), efluentes urbanos (carga difusa da drenagem urbana) e industriais (setor metalúrgico).

O arsênio que aparece ao longo de todo o gradiente espacial pode estar relacionado com o tipo de rocha e solo na região. De acordo com CPRM (2018) arsênio é encontrado em grandes concentrações no solo da bacia do Rio das Velhas. Dessa maneira, pode alcançar a rede de drenagem através do escoamento superficial e subterrâneo, através de processos de lixiviação/percolação. Atividades antrópicas que expõem o solo e/ou rocha podem potencializar a liberação do mineral, como é o caso da mineração e da agricultura. Porém, a forma consistente com que o não-metal aparece no trecho baixo, mesmo na situação de estiagem, pode estar relacionada ao escoamento de base devido a elevados teores de arsênio na água subterrânea (CETESB, 2017).

3.4.1.3.3 SF7 – Bacia do Rio Paracatu

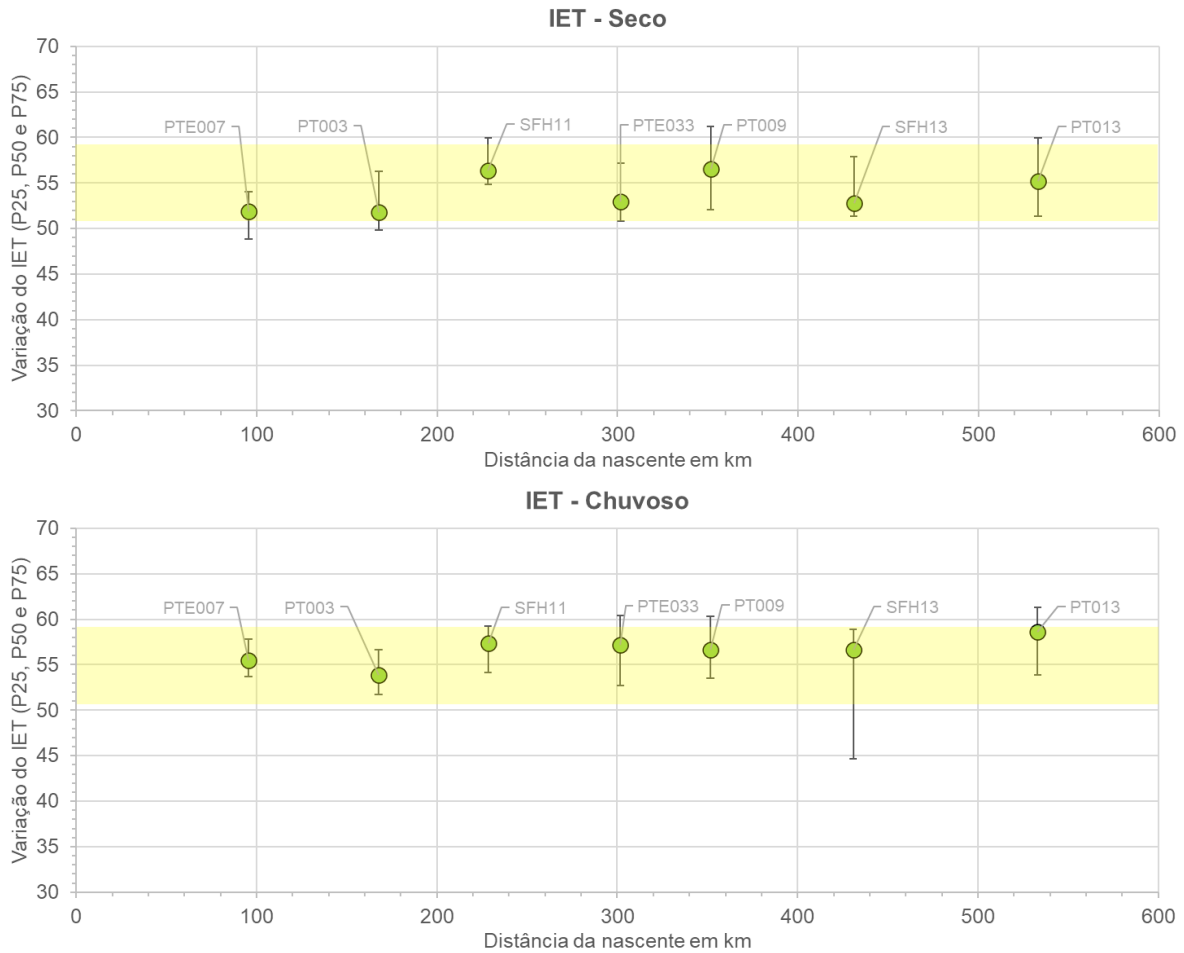
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Paracatu (SF7) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.32), IET (Figura 3.33) e CT (Figura 3.34). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.23), e CT ALTA (Quadro 3.24).

Figura 3.32 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



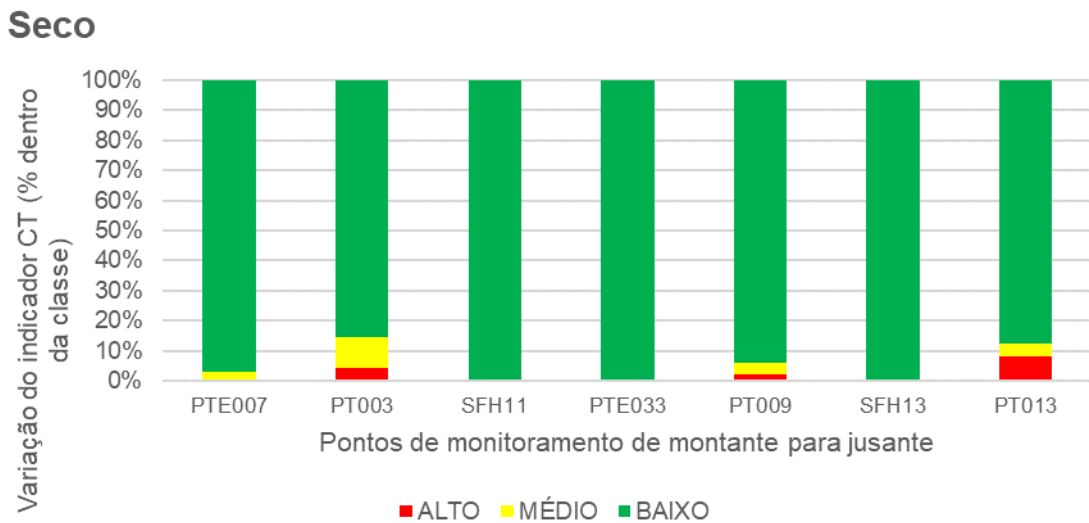
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.33 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

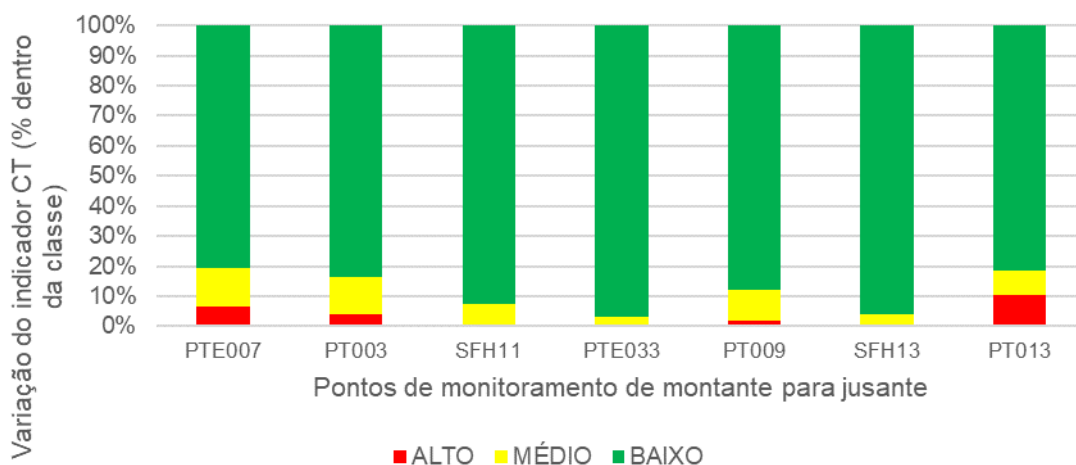


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.34 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paracatu (SF7). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.23 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paracatu (SF7).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
PTE007	96	0	4	48	0	0	0	0	48	0
PT003	168	0	11	44	0	0	0	0	44	0
SFH11	228	0	0	50	0	0	0	0	50	0
PTE033	302	0	0	50	0	0	0	0	50	0
PT009	352	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SFH13	431	0	0	50	0	0	0	0	50	0
PT013	533	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.24 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paracatu (SF7).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
PTE007	96	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0
PT003	168	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
SFH11	228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PTE033	302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT009	352	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
SFH13	431	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT013	533	0	0	0	0	25	0	50	0	25	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

A qualidade da água do Rio Paracatu ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo na bacia oscilou preferencialmente dentro da classe BOA (IQA), no período seco, e na classe



MÉDIA no período de chuvas. O estado trófico predominante ao longo do perfil longitudinal e climático foi o MESOTRÓFICO. A frequência do CT na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais, de 95% (seco) e 88% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA respondeu por 2% (seco) e 3% (chuvoso).

Nesse caso, a manutenção dos indicadores de qualidade da água no Rio Paracatu ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo pode ser explicada pela ausência de centros urbanos populosos, principalmente, próximos do canal principal. A bacia possui ocupação predominantemente rural com destaque para as áreas de cultivo de cana e soja, no alto e médio Paracatu; pastagens, silvicultura e a preservação de áreas remanescentes do cerrado, principalmente no trecho baixo da bacia.

As principais sedes urbanas, Paracatu (Índice de coleta de esgoto - IN015=72%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=97,5%) e Unaí (IN015=75,5%; IN016=73,2%), situam-se nas cabeceiras dos cursos d'água Córrego Rico e Rio Preto, respectivamente. Uma importante área de mineração na bacia se distribui no divisor das bacias do Córrego Rico e Ribeirão Santa Rita (Mina do Morro do Ouro). Os afluentes mencionados, bem como a carga difusa de uma parcela relevante das áreas de cultivo de cana e soja na bacia alcançam o rio principal ao longo do trecho que abrange os pontos de monitoramento PT003 e PT009.

Nesse contexto, mais uma vez, coliformes termotolerantes e turbidez foram os parâmetros responsáveis pela piora do IQA ao longo de todo o gradiente espacial. Esse resultado pode estar relacionado com a carga difusa das áreas de pastagem e de agricultura (soja e cana) no período chuvoso, uma vez que foi constatada uma piora consistente do indicador entre os períodos climáticos em todos os pontos amostrais do Rio Paracatu.

Esses resultados sugerem que nas bacias rurais, com cobertura do solo predominantemente composta por áreas agrícolas, pastagens, silvicultura e cobertura natural, a qualidade da água é essencialmente dependente da carga difusa, as quais são potencializadas no período de chuvas, o que explica a piora dos indicadores nesse período climático para turbidez e coliformes.

Por outro lado, no caso do CT, os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA no Rio Paracatu foram: chumbo e fenóis. Esses contaminantes foram observados em concentrações elevadas de maneira isolada na bacia. Diversos fatores de pressão existentes na bacia podem ter relação com o chumbo, tais como: mineração, agricultura/pastagem (pesticidas/fertilizantes/corretivos), efluentes urbanos (drenagem urbana) e industriais (setor metalúrgico). Fenóis possuem relação com a carga de lavagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, e da atividade agropastoril (dejetos/pesticidas).

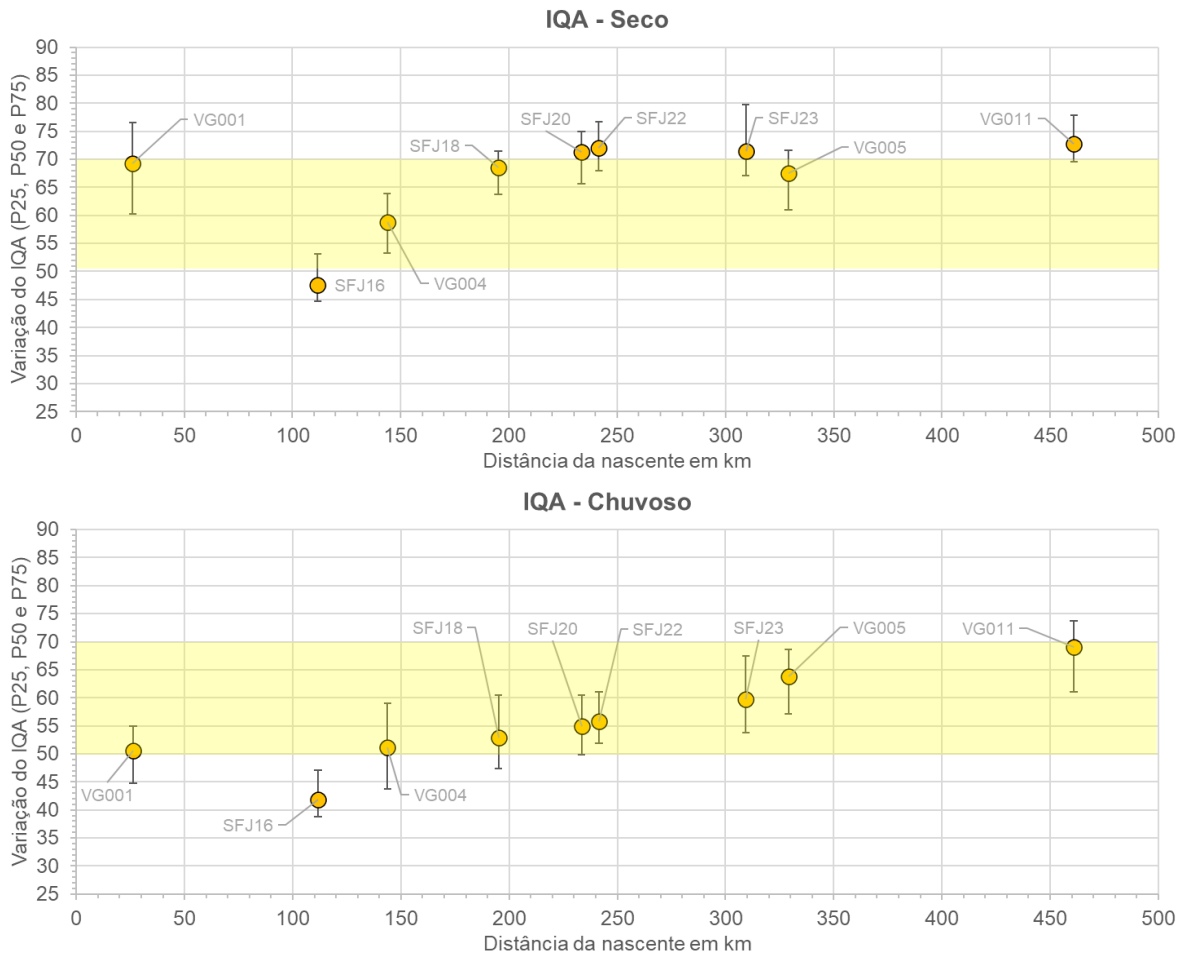
É importante destacar para a contaminação por arsênio no trecho do Córrego Rico a jusante da sede de Paracatu e da Mina do Ouro (PT023 e PT005). De acordo com CPRM (2018) a região da cabeceira da bacia do Paracatu, entre os municípios de Vazante e Paracatu, possui elevada concentração de arsênio no solo, possivelmente relacionada com o tipo de rocha de origem. Nesse contexto, a atividade mineradora em operação na região pode potencializar a liberação desse constituinte para a rede de drenagem, que além do Córrego Rico, alcança via escoamento superficial o Ribeirão Santa Rita e Ribeirão São Pedro.

Com relação ao trecho alto do Córrego Rico, vale a menção para as atividades históricas de mineração e garimpo as quais causaram degradação do leito do rio, contribuindo também para as ocorrências dos teores anômalos de arsênio ao longo do córrego (TANNÚS et al, 2001).

3.4.1.3.4 SF10 – Rio Verde Grande

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Verde Grande (SF10) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.35), IET (Figura 3.36) e CT (Figura 3.37). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.25), e CT ALTA (Quadro 3.26).

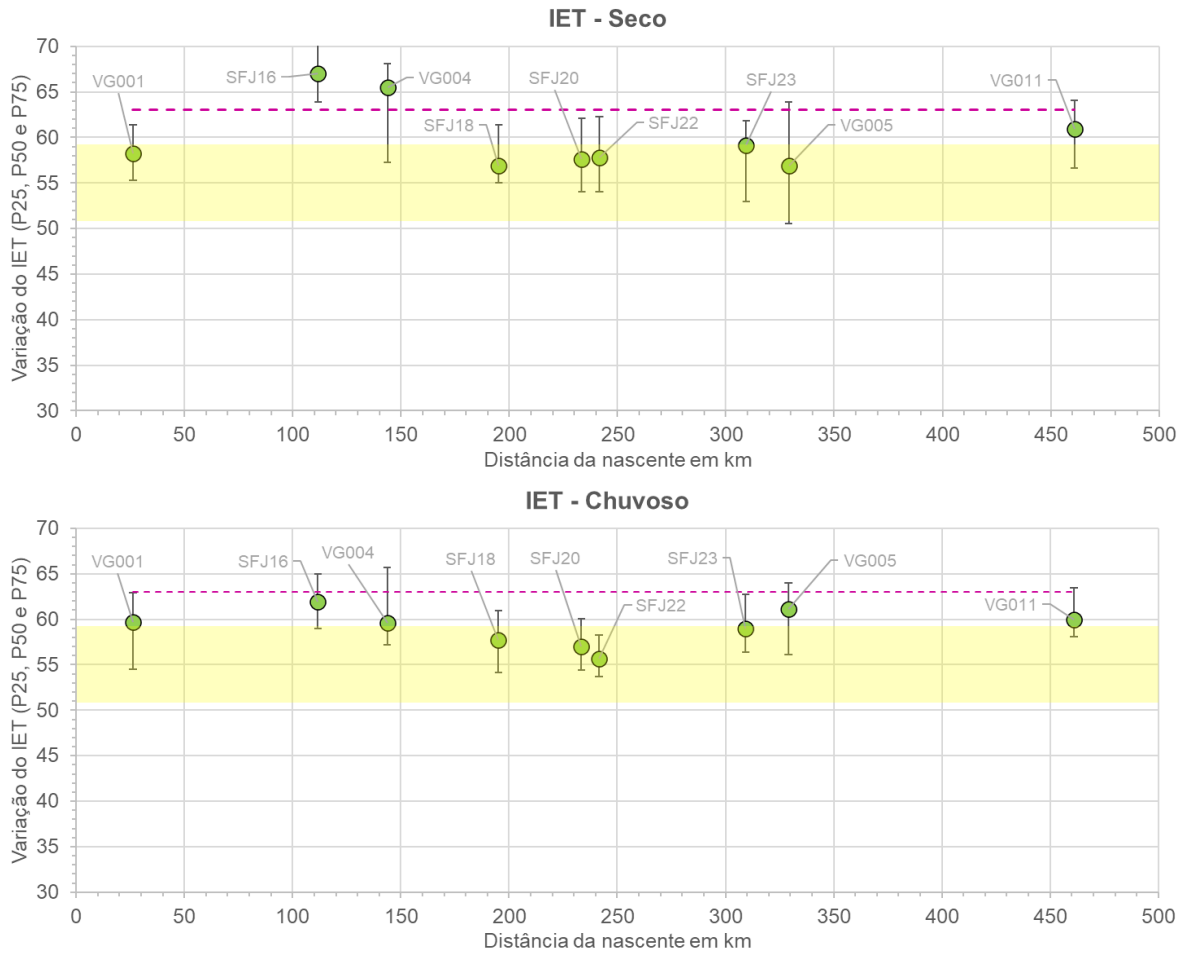
Figura 3.35 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.



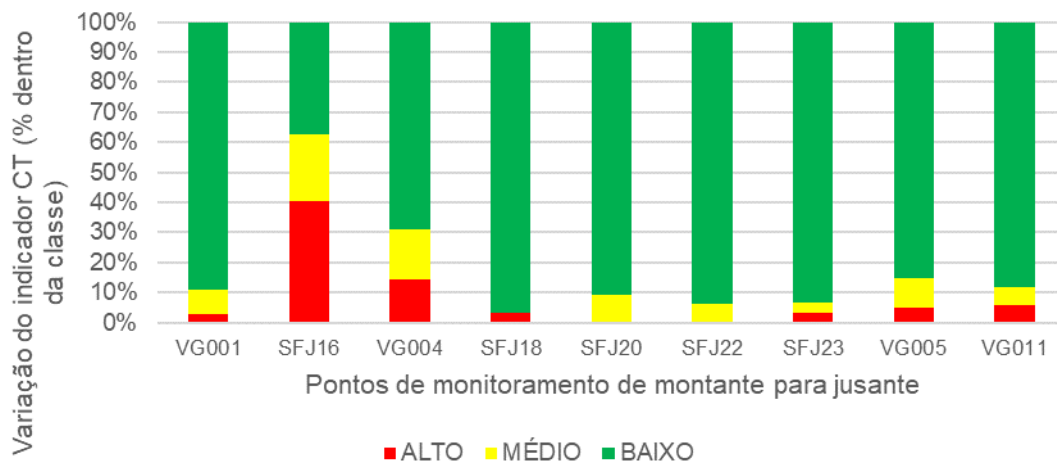
Figura 3.36 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO e limite superior do IET EUTRÓFICO.



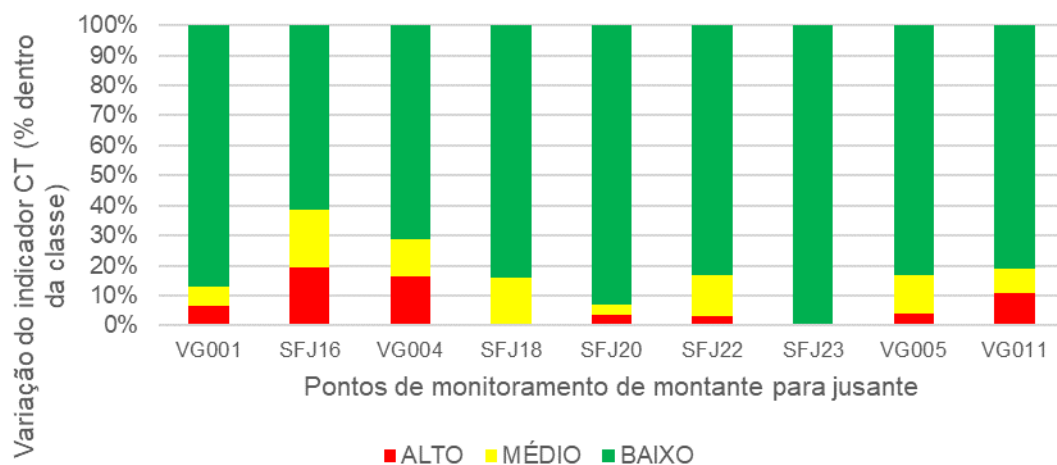
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.37 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Verde Grande (SF10). Período Seco (superior) e Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.25 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Verde Grande (SF10).

Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
VG001	26	0	1	49	0	0	0	2	49	0
SFJ16	112	0	21	34	0	5	13	9	18	0
VG004	144	0	11	36	0	6	10	10	28	0
SFJ18	195	0	14	42	0	0	10	4	31	0
SFJ20	233	0	6	49	0	0	0	0	46	0
SFJ22	242	0	11	44	0	0	0	0	44	0
SFJ23	309	0	8	46	0	0	0	0	46	0
VG005	329	0	0	50	0	0	0	0	50	0
VG011	461	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Ponto de Monitor.	Km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
SFH21	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.26 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Verde Grande (SF10).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
VG001	26	17	0	0	0	17	0	50	17	0	0	0	0	0
SFJ16	112	64	7	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0
VG004	144	52	0	0	0	11	11	0	0	22	0	0	4	0
SFJ18	195	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SFJ20	233	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
SFJ22	242	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
SFJ23	309	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
VG005	329	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50
VG011	461	38	0	0	0	0	25	0	0	38	0	0	0	0
SFH21	480	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O Rio Verde Grande apresentou forte gradiente nos indicadores de qualidade da água. Com base nos resultados, verifica-se uma piora significativa nos indicadores de qualidade da água a jusante da confluência com o Rio do Vieira (entre VG001 e SFJ16), que drena as cargas urbanas (domésticas e da drenagem urbana) e das atividades industrial e de mineração presentes na sede urbana de Montes Claros (Índice de coleta de esgoto - IN015=80,7%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%). O IQA (P50) oscila de MÉDIO a RUIM (P50, seco/chuvoso). O IET alcança nível SUPEREUTRÓFICO (P50, seco) e a frequência de CT ALTO alcança 20% no período chuvoso e 40% no período seco.

A partir desse ponto (SFJ16) os resultados indicam uma clara tendência de recuperação de indicadores MÉDIOS a BONS (IQA) de qualidade da água do Rio Verde Grande. Essa tendência de recuperação tem-se mostrado mais rápida no período seco, possivelmente devido ao maior tempo de residência, em relação ao período de chuvas na bacia. A mesma tendência de recuperação é observada para os indicadores CT e IET.

De maneira geral na bacia, há o predomínio na paisagem de áreas antropizadas, destinadas à atividade agropastorial, e de áreas naturais com cobertura savânica. As demais sedes urbanas existentes são pouco populosas e localizam-se de maneira esparsa na bacia.

Os principais parâmetros responsáveis pelos piores indicadores (RUIM e MUITO RUIM) de qualidade da água ao longo do Rio Verde Grande foram coliformes termotolerantes e turbidez. Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT) e Nitrato (NO3) também contribuíram para a piora do IQA no trecho a jusante da confluência com o Rio do Vieira. Vale destacar que Nitrogênio amoniacal (NH4) também apareceu como parâmetro responsável pela contaminação por tóxico ALTA no mesmo trecho.

Sendo assim, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT), Nitrogênio amoniacal (NH₄), Nitrato (NO₃) e coliformes se relacionam principalmente com as cargas domésticas, da drenagem urbana e industriais de Montes Claros. Na forma de carga difusa, as áreas de pastagem e agrícolas estão relacionadas principalmente com os parâmetros coliformes e turbidez, pela consistência como esses parâmetros contribuem para um IQA RUIM e MUITO RUIM nos pontos de monitoramento ao longo de todo o Rio Verde Grande.

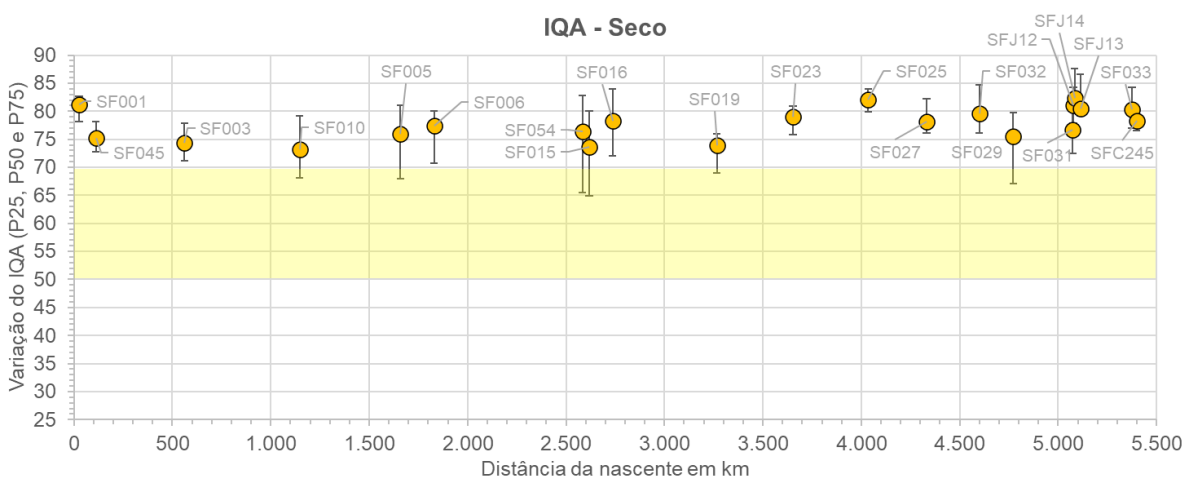
Por outro lado, no caso do CT, os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA no Rio Verde Grande foram: chumbo, cobre, fenóis e Nitrogênio amoniacal (NH₄), já comentado. Diversos fatores de pressão existentes na bacia podem ter relação com o chumbo, tais como: mineração (bacia do Rio do Vieira), atividade agropastoril (pesticidas/fertilizantes/corretivos de solo), efluentes urbanos (drenagem urbana) e industriais (setor metalúrgico). Vale destacar que bolsões de chumbo são constatados nos solos da bacia, com destaque para os arredores de Montes Claros (CPRM, 2018b), trecho em que há atividade minerária. Esse metal apareceu de forma representativa nesse trecho do Verde Grande.

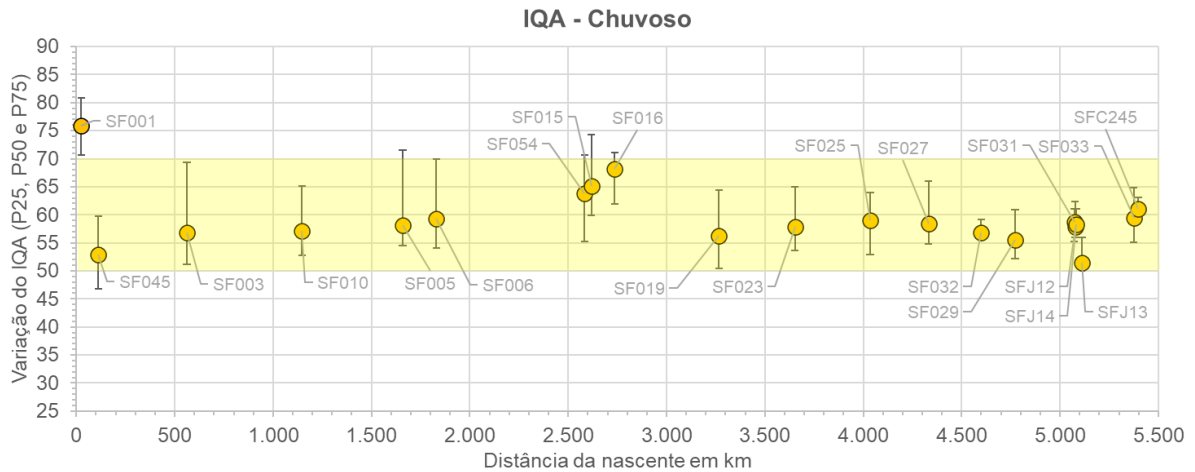
Fatores de pressão existentes na bacia do Verde Grande que podem se relacionar com fenóis são: drenagem urbana (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e efluentes industriais (setores metalúrgico e químico). Por fim, cobre possui relação com as indústrias de metalurgia, mineração e áreas agropastoris (pesticidas/fertilizantes/corretivos de solo).

3.4.1.3.5 Rio São Francisco

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.38), IET (Figura 3.39) e CT (Figura 3.40). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.27), e CT ALTA (Quadro 3.28).

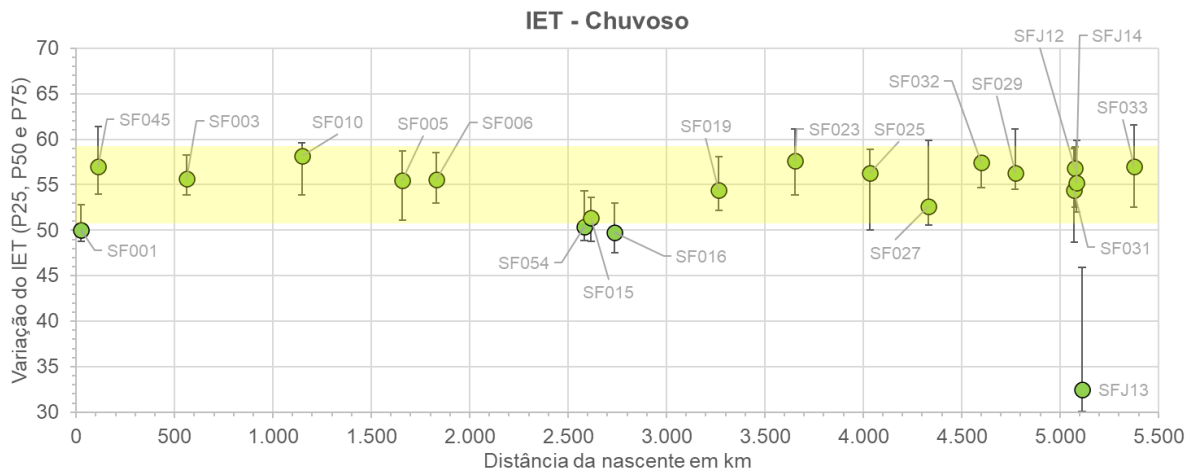
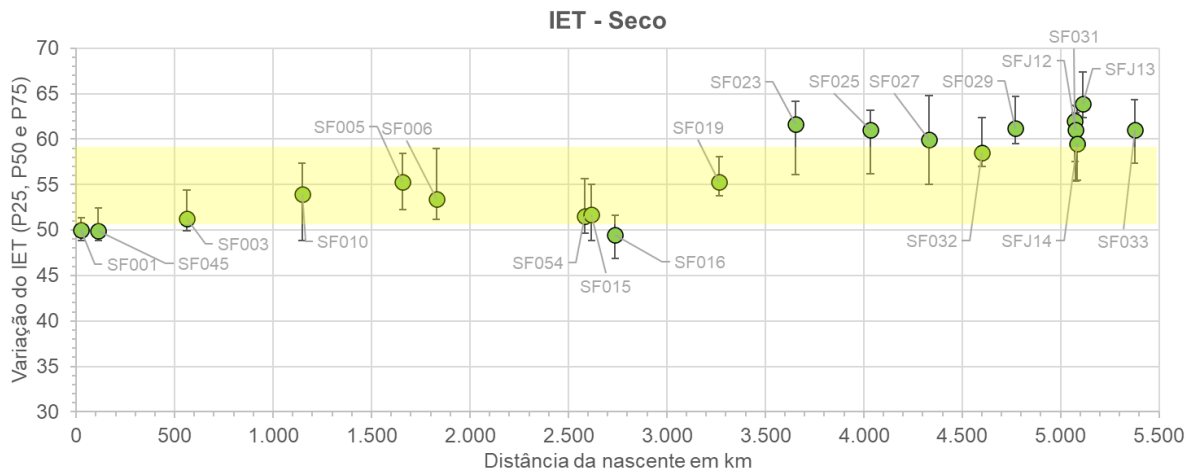
Figura 3.38 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.





Fonte: elaboração própria.

Figura 3.39 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

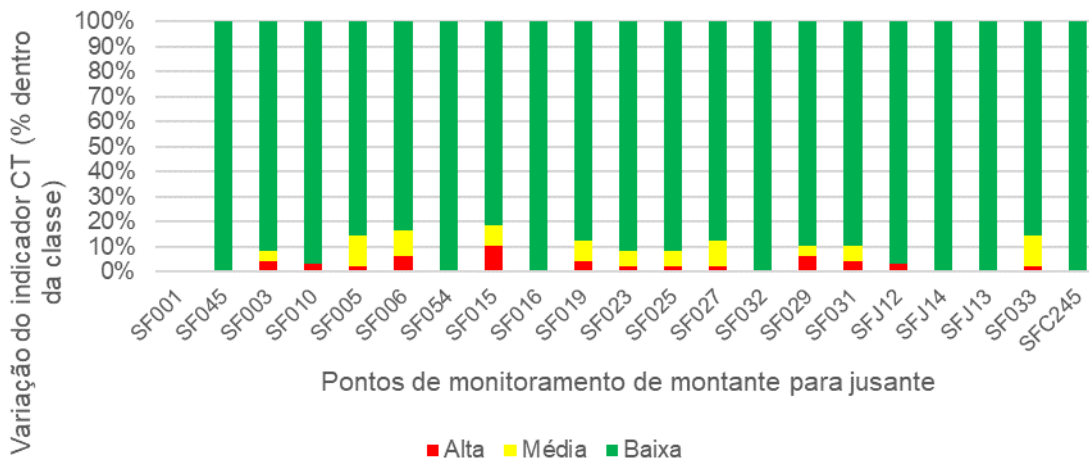


Fonte: elaboração própria.

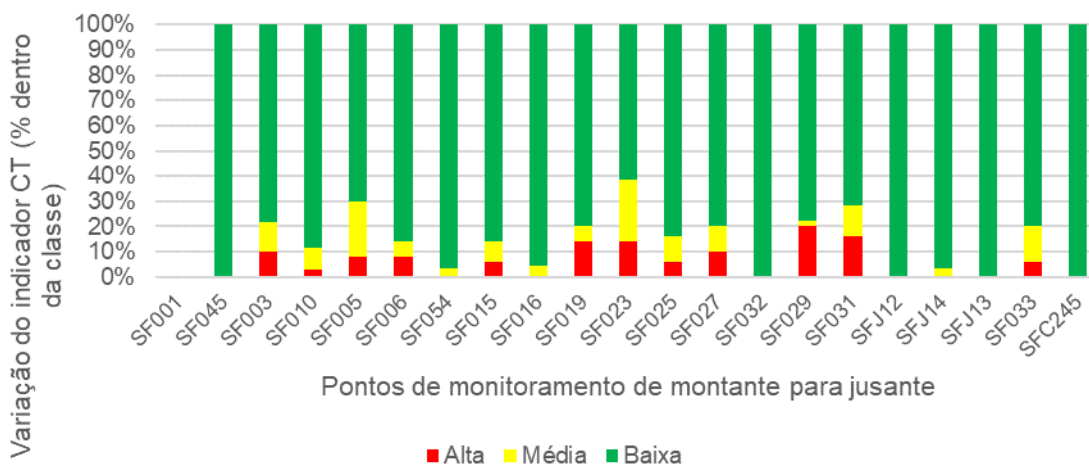


Figura 3.40 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio São Francisco (UEG1 e UEG2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.27 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio São Francisco (UEG1 e UEG2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
SF001	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF045	112	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF003	561	0	0	49	0	0	0	3	49	0
SF010	1,146	0	0	50	0	0	0	8	42	0
SF005	1,658	0	5	48	0	0	0	0	48	0
SF006	1,830	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF054	2,583	0	50	50	0	0	0	0	0	0
SF015	2,617	0	50	50	0	0	0	0	0	0
SF016	2,737	0	0	50	0	0	0	0	50	0



Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
SF019	3,266	0	0	52	0	0	0	3	45	0
SF023	3,653	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF025	4,035	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF027	4,332	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF032	4,600	0	33	33	0	0	0	0	33	0
SF029	4,772	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SF031	5,073	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SFJ12	5,076	0	11	44	0	0	0	0	44	0
SFJ14	5,084	0	0	50	0	0	0	0	50	0
SFJ13	5,112	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF033	5,376	0	0	46	0	0	0	8	46	0
SFC245	5,398	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.28 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio São Francisco (UEG1 e UEG2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
SF001	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF045	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF003	561	0	0	0	0	33	0	33	0	33	0	0	0	0
SF010	1,146	0	0	0	0	33	0	0	0	33	0	0	0	33
SF005	1,658	0	0	0	0	67	0	0	0	33	0	0	0	0
SF006	1,830	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
SF054	2,583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF015	2,617	0	0	0	0	0	25	0	0	50	0	0	0	25
SF016	2,737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF019	3,266	0	0	0	0	0	0	25	0	75	0	0	0	0
SF023	3,653	0	43	0	0	14	0	14	0	29	0	0	0	0
SF025	4,035	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
SF027	4,332	0	33	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0
SF032	4,600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF029	4,772	0	0	0	0	17	0	56	0	11	0	0	0	17
SF031	5,073	0	0	0	0	17	17	42	0	25	0	0	0	0
SFJ12	5,076	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
SFJ14	5,084	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SFJ13	5,112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF033	5,376	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
SFC245	5,398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O IQA durante o período seco, oscilou ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo do Rio São Francisco predominantemente dentro da faixa da classe BOA, com baixa frequência na classe MÉDIA. No período chuvoso, constatou-se um piora do indicador, que oscilou dentro da faixa da classe MÉDIA ao longo do gradiente espacial. Nesse período, a classificação BOA é verificada somente na cabeceira do Rio Francisco (SF001).

O IET no período seco oscilou de OLIGOTRÓFICO na cabeceira do Rio São Francisco, MESOTRÓFICO no trecho médio a EUTRÓFICO (> 50% das estações de monitoramento) no trecho baixo da UEG2, demonstrando uma tendência de enriquecimento das águas do rio. No período chuvoso, o IET oscilou dentro da faixa MESOTRÓFICA com uma distribuição mais uniforme ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo do Rio São Francisco no trecho analisado. No limite de 50% das amostragens (P50) foram observados valores dentro da faixa OLIGOTRÓFICA na cabeceira do manancial (SF001).

Assim como ocorreu para os principais afluentes apresentados, os piores valores do IQA ao longo do perfil longitudinal (UEG1 e UEG2) foram atribuídos de maneira consistente aos parâmetros turbidez e coliformes termotolerantes. Turbidez possui relação principalmente com o carreamento de sedimentos durante o período chuvoso (cargas difusas) das áreas agropastoris e da atividade mineradora, principalmente, através das bacias do Rio Paraopeba, das Velhas e Paracatu, como já comentado.

Coliformes termotolerantes, tem relação com a carga difusa, principalmente no período chuvoso, das áreas de pastagens e ao longo de todo o gradiente climático com as cargas domésticos das sedes urbanas, cujos esgotos são drenados por afluentes, com destaque para a RMBH, no divisor das bacias do Rio Paraopeba e das Velhas, e lançados diretamente no Rio São Francisco, com destaque para Três Marias (Índice de coleta de esgoto - IN015=59%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%), Pirapora (IN015=34,5%; IN016=100%), Januária (IN015=19,2%; IN016=100%) e Itacarambi (IN015=36,5%; IN016=100%), ao longo do trecho inserido na UEG2.

A manutenção de bons níveis de qualidade da água na cabeceira do trecho ao longo de todo o gradiente climático pode ser explicada pelo baixo nível de antropização da bacia de drenagem no ponto SF001. Outro ponto refere-se à melhora dos indicadores IQA e IET a jusante da barragem de Três Marias no período chuvoso (SF054, SF015 e SF016). O elevado tempo de residência do reservatório da UHE pode explicar essa condição imposta a jusante da barragem. Um tempo de detenção hidráulico alto favorece o decaimento de coliformes, por exemplo, bem como a retenção de sólidos, atuando na redução da turbidez para jusante da barragem.

O indicador CT se apresentou ao longo do gradiente espacial do Rio São Francisco com elevada permanência dentro da classe BAIXA (acima de 80% para todas as estações) no período seco. Contaminação por tóxicos na faixa ALTA mostra-se abaixo de 10% ao longo de todo o gradiente espacial no período seco. No período chuvoso, ainda que apresente predominância da classe BAIXA (> 70% em média), é clara a tendência de incremento em termos percentuais das faixas MÉDIA e ALTA do indicador, especialmente no trecho a jusante da contribuição do Rio das Velhas (SF023) e de sedes urbanas localizadas na margem do Rio São Francisco, tais como Pirapora (SF019), Januária (SF029) e Itacarambi (SF031).

Os principais parâmetros que contribuiram para a classe ALTA ao longo do Rio São Francisco foram: chumbo, cobre, fenóis. Como já comentado, diversos fatores de pressão existentes na bacia podem ter relação com o chumbo, tais como: mineração, atividade agropastoril (pesticidas/fertilizantes/corretivos), efluentes urbanos (drenagem urbana) e industriais (setor metalúrgico). Vale destacar que bolsões de chumbo são constatados nos solos da bacia, com destaque para as cabeceiras das bacias dos Rios Paraopeba, das Velhas, Pará, Jequitaí, Verde Grande, Paracatu e Alto São Francisco (CPRM, 2018b).

Fatores de pressão existentes na bacia do Rio São Francisco que podem se relacionar com fenóis são: carga de lavagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e efluentes industriais (setores metalúrgico e químico).

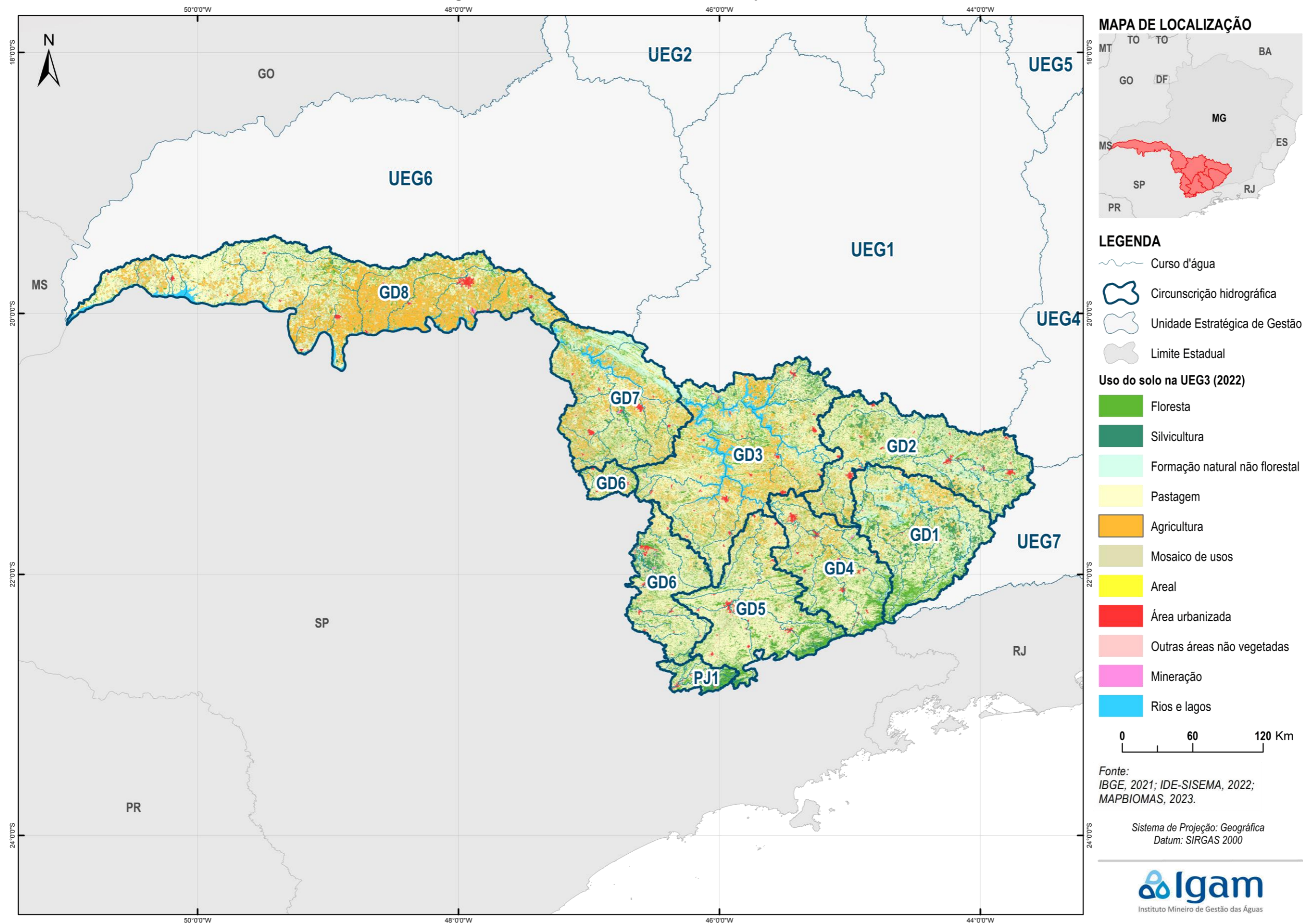
Cobre possui relação com as indústrias de metalurgia, mineração e áreas agropastoris (pesticidas/fertilizantes/corretivos). Vale destacar que bolsões de cobre são constatados nos solos da bacia, com destaque para as cabeceiras das bacias dos Rios Paraopeba, das Velhas, Pará, Paracatu e Alto São Francisco (CPRM, 2018b).

3.4.2 Afluentes do Rio Grande (UEG3)

3.4.2.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.41 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2022, para a UEG3. O Quadro 3.29 quantifica as áreas das classes de uso e cobertura do solo na UEG e suas CHs, para o ano de 2022.

Figura 3.41 - Uso e Cobertura do Solo na UEG3 para o ano de 2022



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Quadro 3.29 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG3 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG3 (km ²)	GD1 (km ²)	GD2 (km ²)	GD3 (km ²)	GD4 (km ²)	GD5 (km ²)	GD6 (km ²)	GD7 (km ²)	GD8 (km ²)	PJ1 (km ²)	%
Área urbanizada	895,6	21,4	134,8	151,7	107,5	122,3	106,6	74,7	153,5	23,1	1,0%
Agricultura	12.731,3	598,6	669,2	2.813,3	554,6	339,6	274,5	1.676,1	5.804,9	0,5	14,6%
Floresta	14.795,1	1.953,6	1.961,2	2.314,6	1.577,5	1.899,5	1.101,7	1.466,0	2.135,2	385,8	17,0%
Formação Natural não Florestal	3.037,1	886,6	537,1	278,1	120,3	12,5	0,6	824,7	376,3	1,0	3,5%
Mineração	42,5	1,5	6,6	0,9	8,4	0,0	5,9	7,5	11,7	0,0	0,0%
Mosaico de Usos	14.837,4	1.163,9	1.518,0	2.092,5	1.239,9	1.780,0	1.671,1	1.972,1	3.173,1	226,8	17,0%
Outras áreas não vegetadas	248,6	18,2	25,3	56,7	6,9	10,6	5,8	38,1	84,9	2,0	0,3%
Pastagem	35.532,0	3.457,9	5.076,4	6.949,2	3.070,5	4.396,2	2.898,2	3.241,4	6.077,1	365,0	40,7%
Rios e lagos	2.312,6	89,4	38,1	1.152,2	32,0	21,4	22,1	245,2	711,5	0,7	2,7%
Silvicultura	2.778,0	566,8	590,2	436,9	163,8	240,9	273,7	211,4	145,5	148,8	3,2%
Total	87.210,1	8.757,9	10.556,9	16.246,0	6.881,5	8.822,9	6.360,1	9.757,2	18.673,7	1.153,7	100,0%

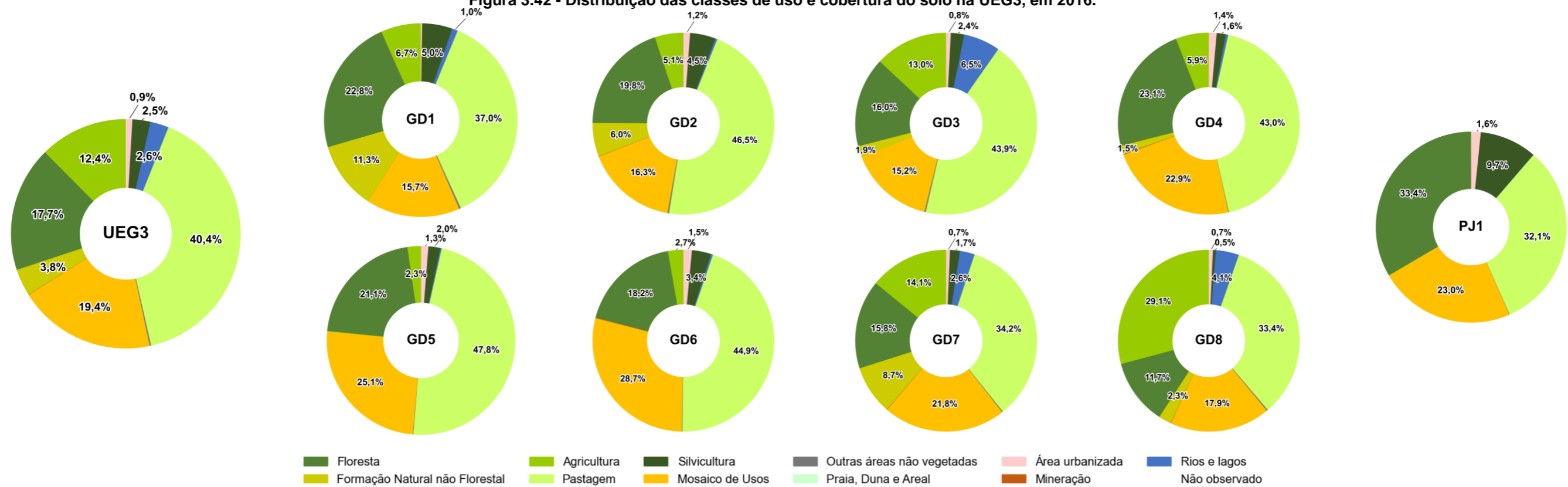
Fonte: elaboração própria

A UEG dos Afluentes do Rio Grande se caracteriza pela predominância de Pastagens, Mosaico de Usos e Agricultura. Nos últimos seis anos, as pastagens permaneceram estáveis, e houve aumento de área para agricultura. Em 2016, 12,4% da área era ocupada por áreas de agricultura, o que aumentou para 14,6% em 2022, especialmente devido à expansão de café e soja. Já as pastagens aumentaram pouco, de 40,4% para 40,7% neste mesmo período.

Ainda, destaca-se que as áreas de Floresta tiveram um pequeno decréscimo, de 17,7% para 17,0% de 2016 para 2022. A classe de Mosaico de Usos também apresentou um decréscimo de 19,4% para 17,0% entre os dois anos analisados.

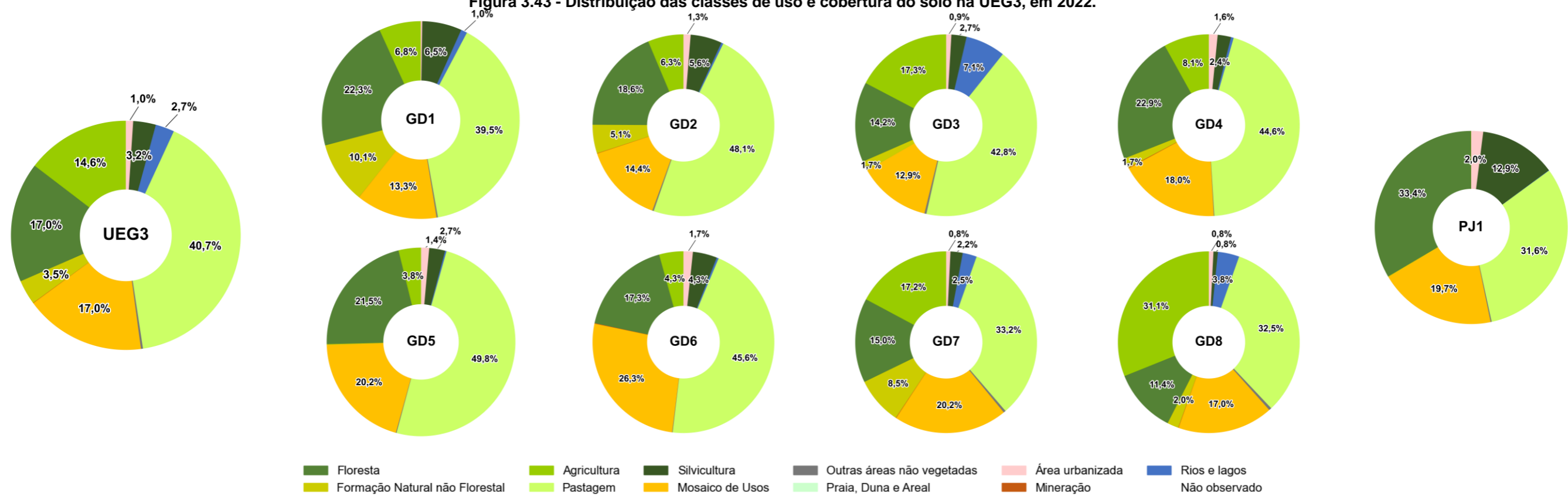
A Figura 3.42 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.43 para o ano de 2022 com a finalidade de avaliar a evolução histórica para a UEG3 e suas CHs.

Figura 3.42 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG3, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.43 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG3, em 2022.



Fonte: elaboração própria.



3.4.2.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.2.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.2.2.1.1 Solos

O Quadro 3.30 apresenta os quantitativos por classe de solo para a UEG3 e suas respectivas CHs. O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6. A Figura 3.44 apresenta a distribuição espacial das classes de solo na UEG3.

O Quadro 3.30 e o mapa da Figura 3.44 permitem afirmar que a UEG3 tem o latossolo como classe de solo predominante, respondendo por cerca de 60% da área da UEG. Na escala de CHs, observa-se que o latossolo é mais fortemente presente nas CHs PJ1, GD4, GD5, GD6 e GD8. Nas regiões de cabeceira das CHs GD1 e GD2 observa-se a ocorrência de cambissolos. Ocorre neossolo litólico em porções significativas das CHs GD1 e GD7 e, em menor área também nas CHs GD2 e GD3. Há ainda, porções significativas de argissolo, principalmente nas CHs GD3 e GD7.

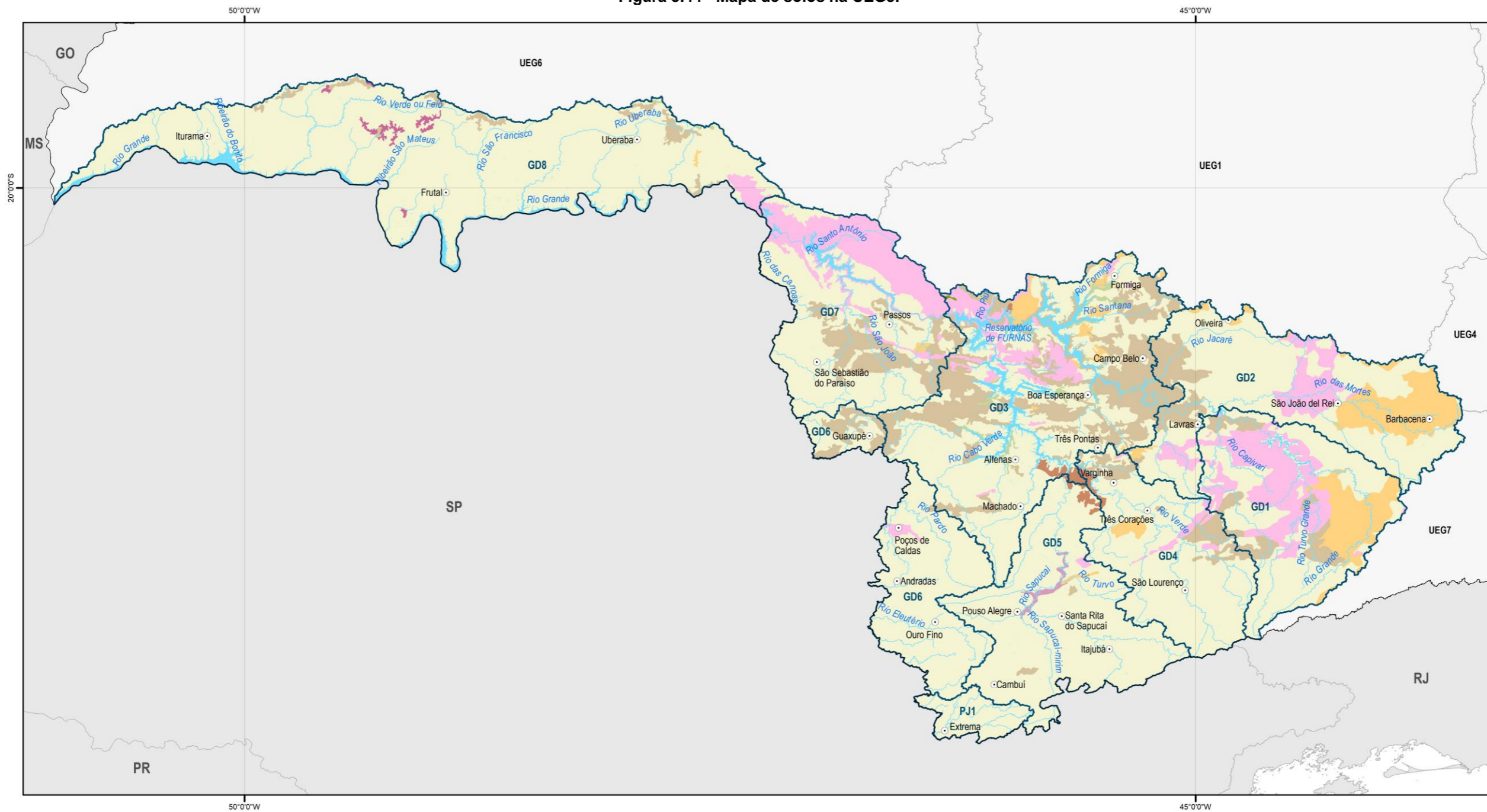
Quadro 3.30 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG3.

Classes de solo	UEG3		GD1		GD2		GD3		GD4		GD5		GD6		GD7		GD8		PJ1	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	8.808,07	9,66%	43,45	0,50%	662,33	6,20%	1.909,58	10,24%	2.671,29	34,87%	2.485,50	26,54%	287,46	4,47%	280,63	2,95%	92,63	0,49%	375,19	35,31%
Argissolo Vermelho-Amarelo	9.947,83	10,91%	380,30	4,34%	1.439,87	13,48%	2.777,02	14,89%	988,25	12,90%	1.773,82	18,94%	1.386,17	21,57%	712,45	7,49%	464,63	2,44%	25,34	2,38%
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háptico	12.533,75	13,75%	4.651,38	53,11%	2.584,57	24,20%	2.090,39	11,21%	746,02	9,74%	762,28	8,14%	1.018,75	15,85%	662,55	6,96%	17,81	0,09%	-	-
Cambissolo Húmico	1.231,48	1,35%	400,71	4,58%	2,37	0,02%	242,34	1,30%	271,23	3,54%	22,61	0,24%	292,22	4,55%	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Melânico	482,10	0,53%	-	-	-	-	456,33	2,45%	-	-	-	-	-	-	-	-	25,77	0,14%	-	-
Latossolo Amarelo	182,94	0,20%	75,74	0,86%	0,13	0,00%	107,07	0,57%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Hidromórfico	113,35	0,12%	113,35	1,29%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	33.266,25	36,49%	289,75	3,31%	574,76	5,38%	6.441,87	34,54%	1.152,32	15,04%	1.152,64	12,31%	1.309,63	20,38%	5.691,85	59,82%	16.653,44	87,37%	-	-
Latossolo Vermelho-Amarelo	17.347,40	19,03%	1.406,67	16,06%	5.099,33	47,75%	2.915,24	15,63%	1.512,89	19,75%	2.904,42	31,02%	1.908,44	29,70%	572,63	6,02%	365,82	1,92%	661,97	62,30%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	173,89	0,19%	-	-	-	-	-	-	-	-	173,89	1,86%	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Hidromórfico	1.692,59	1,86%	-	-	-	-	741,03	3,97%	2,81	0,04%	-	-	20,73	0,32%	-	-	928,02	4,87%	-	-
Neossolo Litólico	2.589,02	2,84%	652,47	7,45%	238,44	2,23%	656,44	3,52%	51,13	0,67%	-	-	92,53	1,44%	625,21	6,57%	272,81	1,43%	-	-
Neossolo Quartzarênico	180,70	0,20%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180,70	0,95%	-	-
Nitossolo Háptico	427,47	0,47%	-	-	4,83	0,05%	240,82	1,29%	51,68	0,67%	20,17	0,22%	109,97	1,71%	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Vermelho	147,09	0,16%	-	-	-	-	20,40	0,11%	38,18	0,50%	4,73	0,05%	-	-	83,78	0,88%	-	-	-	-
Outras Áreas	1.425,00	1,56%	743,69	8,49%	73,31	0,69%	16,17	0,09%	174,08	2,27%	64,26	0,69%	-	-	295,23	3,10%	58,26	0,31%	-	-
Planossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	628,41	0,69%	-	-	-	-	37,19	0,20%	-	-	-	-	-	-	591,21	6,21%	-	-	-	-
Total	91.177,33	100,00%	8.757,52	100,00%	10.679,94	100,00%	18.651,87	100,00%	7.659,88	100,00%	9.364,31	100,00%	6.425,89	100,00%	9.515,55	100,00%	19.059,88	100,00%	1.062,50	100,00%

Fonte: elaboração própria.



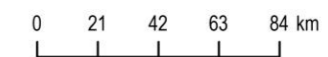
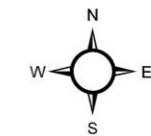
Figura 3.44 - Mapa de solos na UEG3.



LEGENDA

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Município com mais de 30 mil habitantes □ Limite estadual □ Circunscrição hidrográfica — Curso d'água — Massa d'água | <p>Solos</p> <ul style="list-style-type: none"> Argissolo Cambissolo Espodossolo Gleissolo Latossolo Luvissolo Neossolo flúvico Neossolo litólico Neossolo quartzar Nitossolo Planossolo |
|--|--|

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Fonte: IDE-SISEMA/UFLA, 2008; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



3.4.2.2.1.2 Cobertura vegetal

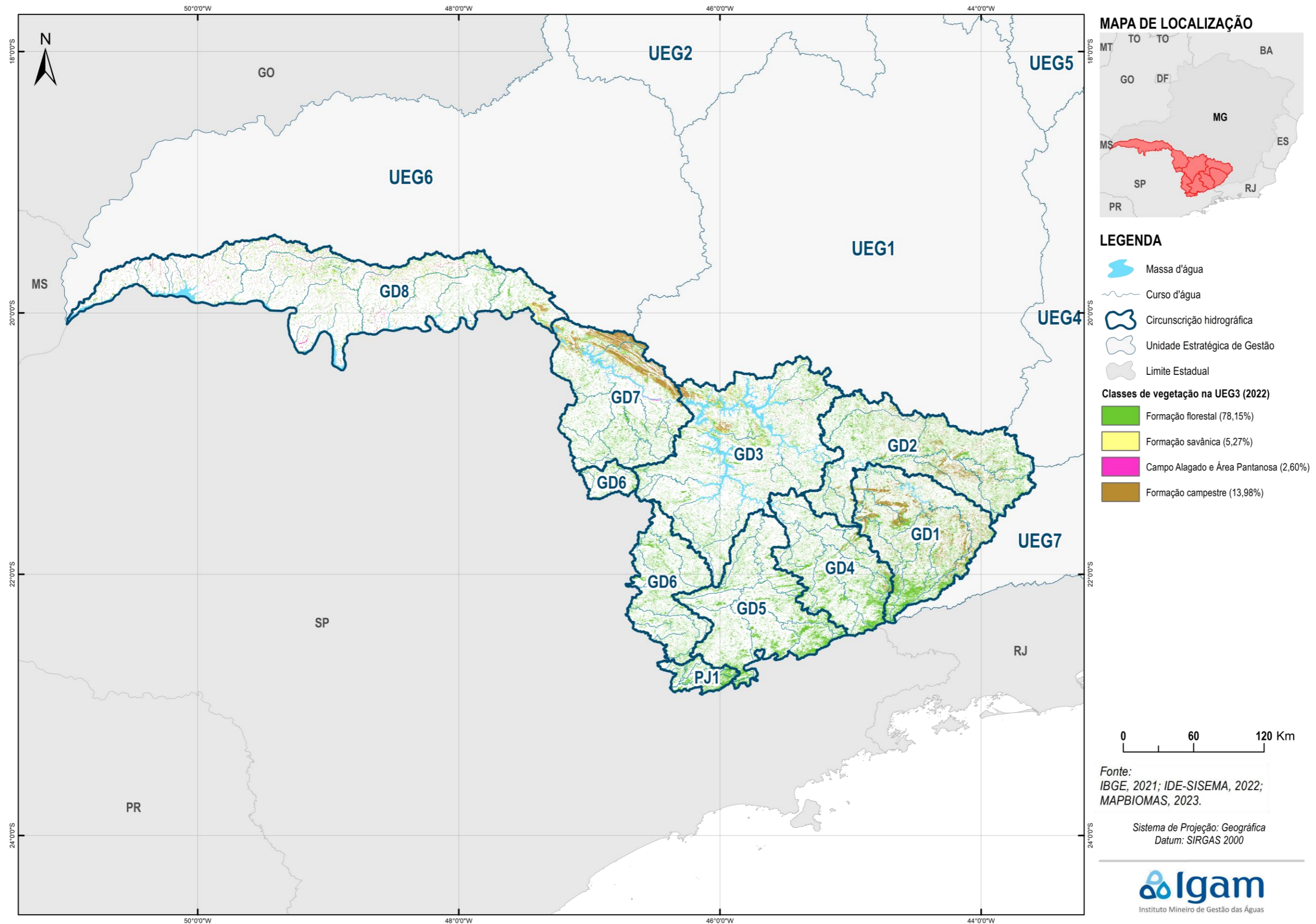
O Quadro 3.31 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.45 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG3.

Quadro 3.31 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG3.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG3	(km ²)	461,07	2.480,37	13.860,27	934,78
	(%)	2,60%	13,98%	78,15%	5,27%
GD1	(km ²)	2,17	836,67	1.942,13	11,45
	(%)	0,08%	29,96%	69,55%	0,41%
GD2	(km ²)	1,04	526,11	1.945,28	15,92
	(%)	0,04%	21,14%	78,18%	0,64%
GD3	(km ²)	82,42	193,13	2.122,47	192,11
	(%)	3,18%	7,46%	81,94%	7,42%
GD4	(km ²)	2,07	91,82	1.576,09	1,40
	(%)	0,12%	5,49%	94,30%	0,08%
GD5	(km ²)	1,21	3,16	1.899,24	0,26
	(%)	0,06%	0,17%	99,76%	0,01%
GD6	(km ²)	0,49	0,03	1.101,68	0,04
	(%)	0,04%	0,00%	99,95%	0,00%
GD7	(km ²)	73,70	750,98	1.281,97	184,02
	(%)	3,22%	32,78%	55,96%	8,03%
GD8	(km ²)	297,85	78,47	1.605,66	529,58
	(%)	11,86%	3,12%	63,93%	21,09%
PJ1	(km ²)	0,12	-	385,75	-
	(%)	0,03%	-	99,97%	-

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.45 – Cobertura Vegetal na UEG3.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.2.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.2.2.2.1 Agricultura e pastagem

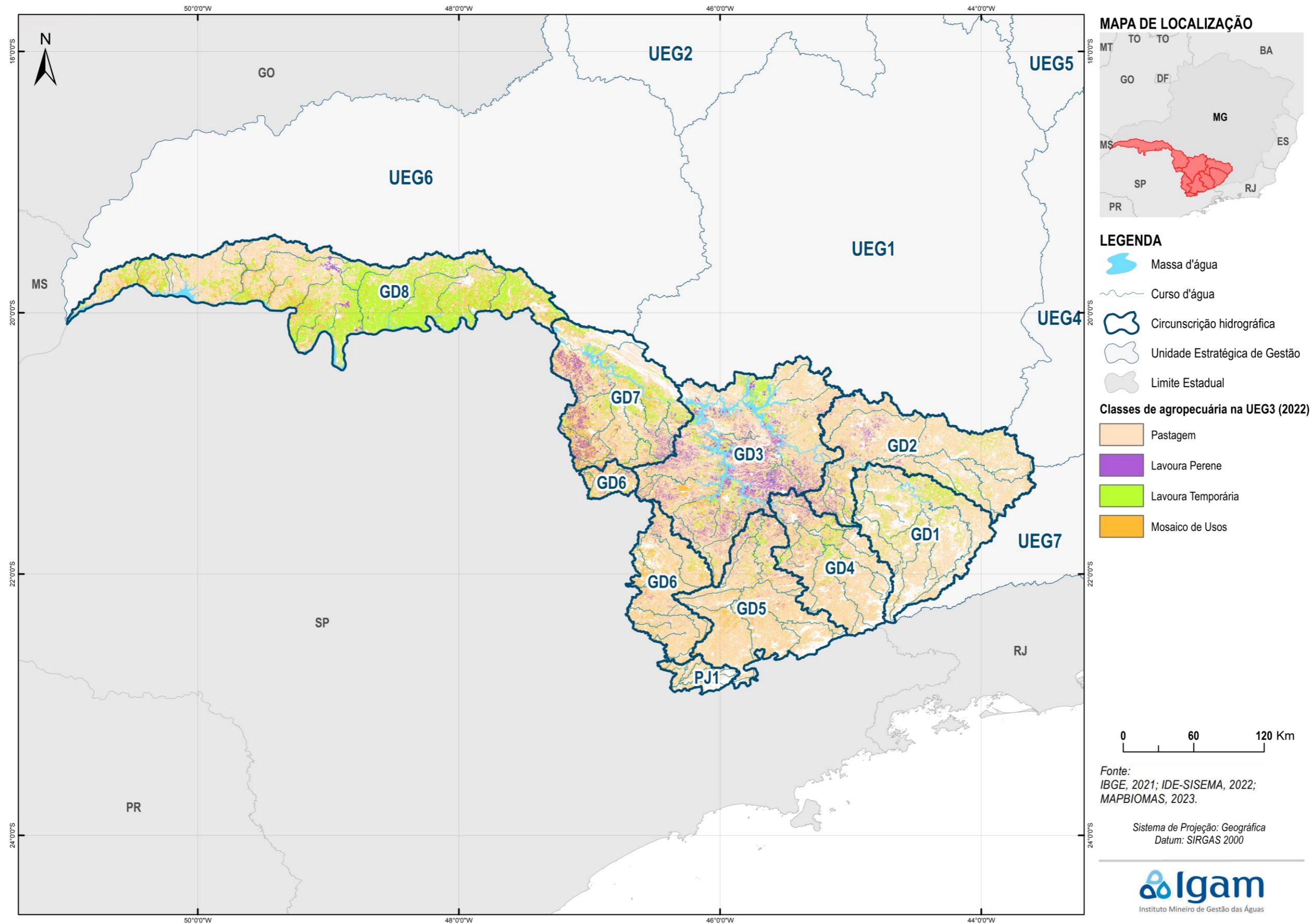
O Quadro 3.32 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.46 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG3.

Quadro 3.32 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG3.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG3	(km ²)	35.531,93	3.537,82	9.193,40	14.837,39
	(%)	56,31%	5,61%	14,57%	23,51%
GD1	(km ²)	3.457,85	22,20	576,36	1.163,92
	(%)	66,24%	0,43%	11,04%	22,30%
GD2	(km ²)	5.076,39	304,09	365,15	1.518,03
	(%)	69,89%	4,19%	5,03%	20,90%
GD3	(km ²)	6.949,20	1.802,69	1.010,62	2.092,50
	(%)	58,62%	15,21%	8,52%	17,65%
GD4	(km ²)	3.070,53	227,00	327,55	1.239,88
	(%)	63,12%	4,67%	6,73%	25,49%
GD5	(km ²)	4.396,22	184,06	155,49	1.780,02
	(%)	67,47%	2,82%	2,39%	27,32%
GD6	(km ²)	2.898,22	161,89	112,66	1.671,06
	(%)	59,83%	3,34%	2,33%	34,50%
GD7	(km ²)	3.241,43	738,19	937,91	1.972,10
	(%)	47,05%	10,71%	13,61%	28,62%
GD8	(km ²)	6.077,07	97,70	5.707,19	3.173,06
	(%)	40,37%	0,65%	37,91%	21,08%
PJ1	(km ²)	365,02	-	0,47	226,82
	(%)	61,63%	-	0,08%	38,29%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.46 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG3.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.2.2.2 Mineração

O Quadro 3.33 apresenta os quantitativos por material minerado e o Figura 3.47 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG3.

O detalhamento dos materiais minerados por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

Observa-se do quadro e do mapa que as áreas de mineração são pouco extensas e dispersas na UEG3, destacando-se a extração de areia na CH GD8.

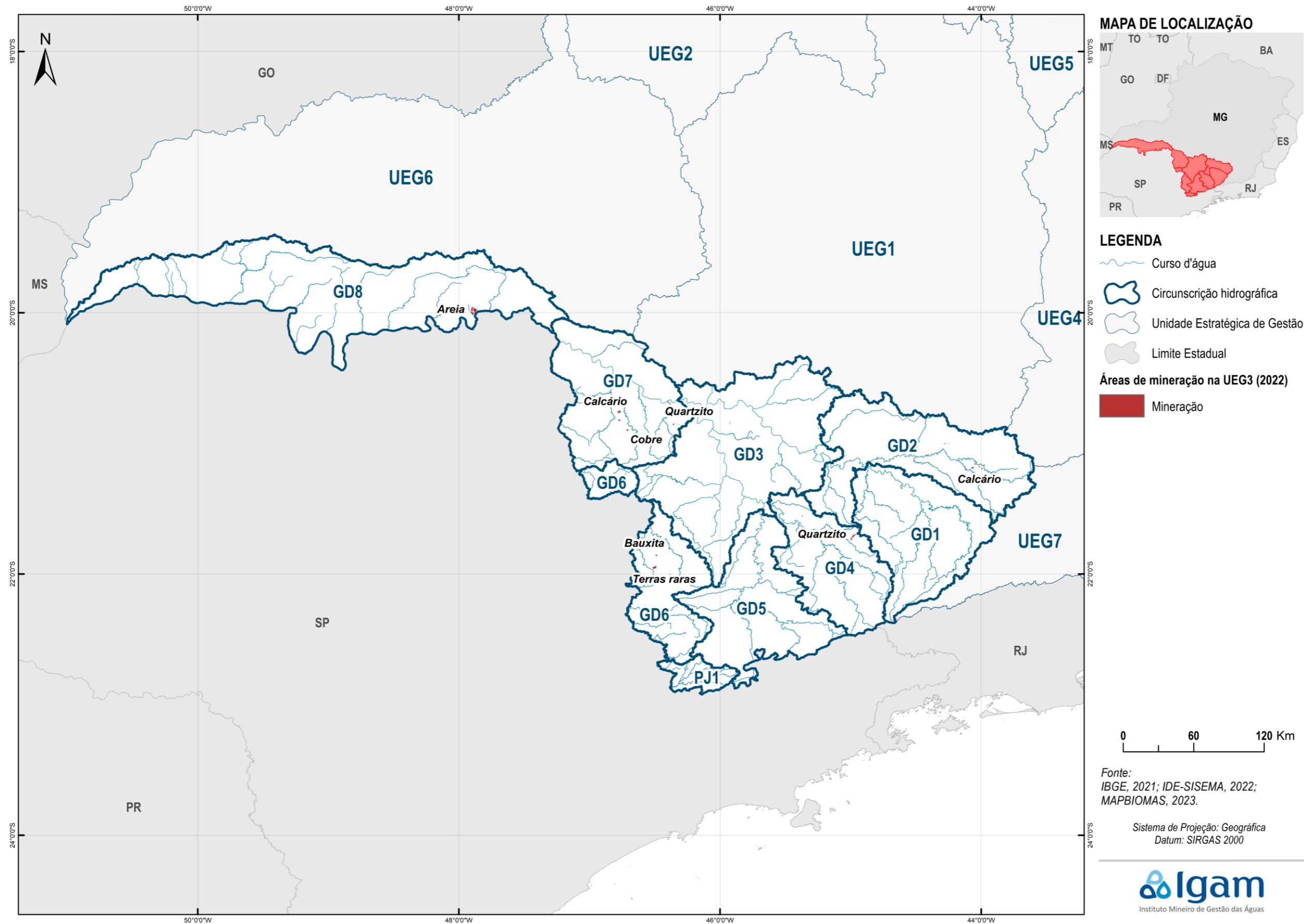
Quadro 3.33 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG3.

Material minerado*	GD1		GD2		GD3		GD4		GD6		GD7		GD8	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Água mineral	-	-	0,09	1,29%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Areia	-	-	0,79	11,90%	-	-	-	-	-	-	-	-	11,09	94,71%
Areia p/ vidro	-	-	0,00	0,02%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Argila	1,34	89,75%	1,46	21,95%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basalto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62	5,29%
Bauxita	-	-	0,00	0,01%	-	-	-	-	1,03	17,53%	-	-	-	-
Brita	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39	6,55%	-	-	-	-
Calcário	0,02	1,17%	3,51	52,81%	-	-	-	-	-	-	3,20	42,84%	-	-
Calcário calcítico	-	-	0,00	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	18,08%	-	-
Gnaisse	-	-	0,12	1,74%	0,01	0,59%	0,41	4,81%	-	-	-	-	-	-
Granito	-	-	0,16	2,43%	0,29	34,33%	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineral não cadastrado	-	-	0,01	0,13%	0,00	0,07%	0,01	0,07%	-	-	-	-	-	-
Minério de ferro	-	-	0,17	2,50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minério de níquel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,41	18,85%	-	-
Minério de ouro	-	-	0,00	0,04%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quartzito	0,14	9,08%	0,34	5,16%	0,55	65,01%	8,04	95,12%	-	-	1,51	20,22%	-	-
Sienito	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	9,53%	-	-	-	-
Terras raras	-	-	-	-	-	-	-	-	3,90	66,38%	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

Nota: As CHs GD5 e PJ1 não contemplam áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do MAPBIOMAS (ano base 2022).

Figura 3.47 – Áreas de mineração na UEG3.



3.4.2.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG3 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.34.

Quadro 3.34 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG3 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG3	581	478	424	437	398	980	919	3	4.220
CH GD1	30	17	6	22	21	36	45	-	177
CH GD2	95	51	35	54	53	136	105	1	530
CH GD3	125	73	87	99	82	218	130	-	814
CH GD4	52	96	84	59	58	124	65	-	538
CH GD5	85	126	60	94	50	152	29	-	596
CH GD6	100	57	86	57	45	148	82	1	576
CH GD7	58	39	36	27	43	77	78	-	358
CH GD8	35	10	22	25	37	71	385	1	586
CH PJ1	1	9	8	-	9	18	-	-	45

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG3 e em suas respectivas CHs por classe de potencial poluidor/degradador da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.35. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.35 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG3 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG3	196	960	99	69	12	3	1.339
CH GD1	2	34	4	5	-	-	45
CH GD2	20	96	15	6	2	1	140
CH GD3	65	162	22	10	-	-	259
CH GD4	20	195	10	12	1	1	239
CH GD5	28	218	19	11	3	1	280
CH GD6	20	144	17	18	1	-	200
CH GD7	24	68	4	3	3	-	102
CH GD8	17	28	7	4	1	-	57
CH PJ1	-	15	1	-	1	-	17

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados na UEG3 pode ser observada na Figura 3.48.

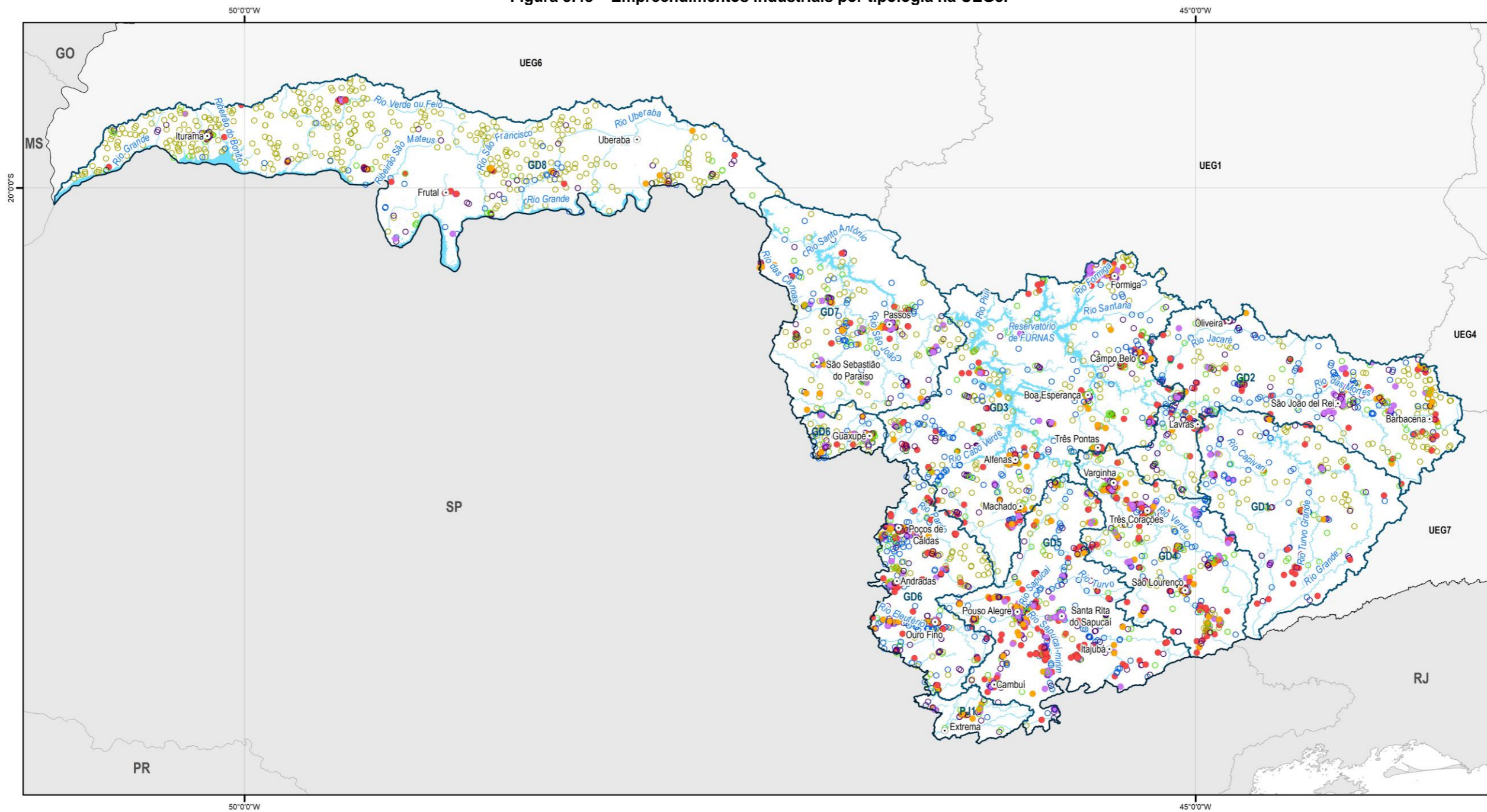
Observa-se do Quadro 3.34 que a CH GD3 concentra a maior parte dos empreendimentos licenciados na UEG3, reunindo cerca de 20% das licenças, sendo a maior parte delas de tipologia F (gerenciamento de resíduos e serviços), seguido pelas tipologias G (atividades

agrossilvipastoris) e A (atividades minerárias). Olhando a bacia como um todo, observa-se uma grande concentração de licenças de tipologia G na CH GD8.

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, observa-se que os quantitativos estão uniformemente distribuídos nas três tipologias, estando concentradas nas CHs GD3, GD4, GD5 e GD6, que somam 73% dessas licenças (Figura 3.48). Alguns municípios podem ser citados como tendo quantidade significativa de licenças destas três tipologias: Alfenas, Três Pontas e Campo Belo, na CH GD3; Três Corações e Varginha, na CH GD4; Pouso Alegre e Santa Rita do Sapucaí, na CH GD5; Poços de Caldas e Guaxupé, na CH GD6.

Do Quadro 3.35, observa-se que a maior parte (72%) dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio. Nas classes 5 e 6, correspondentes aos empreendimentos de maior impacto, enquadram-se apenas 15 licenças distribuídas de forma dispersa em todas as CHs, exceto as CHs GD1 e GD3.

Figura 3.48 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG3.

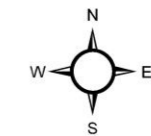


LEGENDA

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Município com mais de 30 mil habitantes □ Limite estadual □ Circunscrição hidrográfica — Curso d'água — Massa d'água | <p>Atividades</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ A - Atividades Minerárias ○ B - Indústria Metalúrgica e Outras ○ C - Indústria Química e Outras ○ D - Indústria Alimentícia ○ E - Atividades de Infraestrutura ○ F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços ○ G - Atividades Agrossilvopastoris ○ H - Outras atividades |
|--|---|

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



0 21 42 63 84 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

Instituto Mineiro de Gestão das Águas



3.4.2.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação das informações sobre esgotamento sanitário. O tema foi amplamente abordado no RP005 do PMSH e este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.36 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.49 apresenta as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para a UEG3.

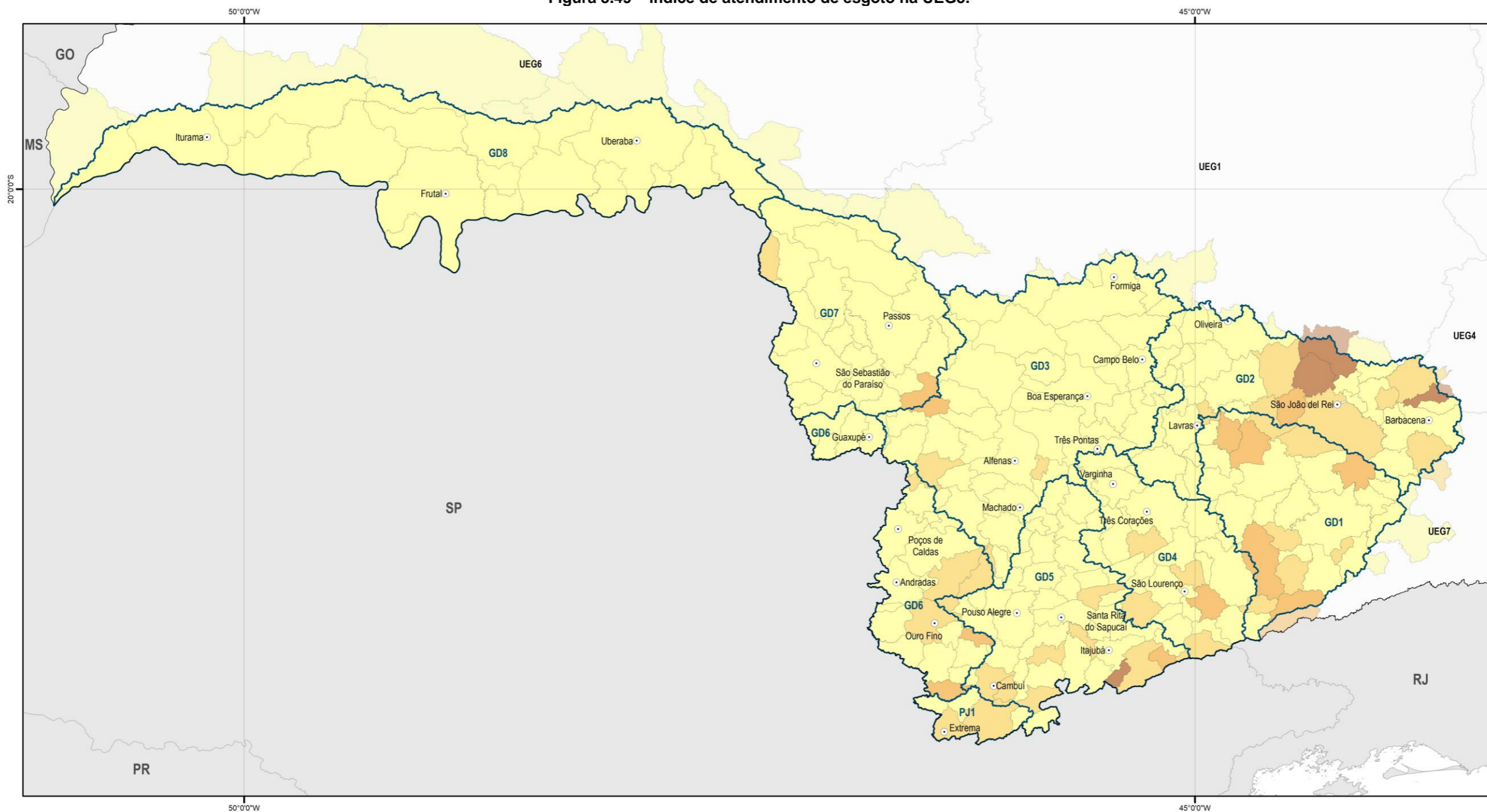
Quadro 3.36 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG3.

UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	Faixa 1 até 10%	Faixa 2 10 - 25%	Faixa 3 25 - 50%	Faixa 4 50 - 75%	Faixa 5 acima de 75%	
UEG3	165	30	11	4	-	210
CH GD1	11	5	5	-	-	21
CH GD2	23	6	1	3	-	33
CH GD3	29	2	1	-	-	32
CH GD4	18	4	1	-	-	23
CH GD5	31	7	1	1	-	40
CH GD6	16	3	2	-	-	21
CH GD7	17	1	-	-	-	18
CH GD8	18	-	-	-	-	18
CH PJ1	2	2	-	-	-	4

Fonte: elaboração própria.

Do Quadro 3.36 e do mapa da Figura 3.49, pode-se observar que o atendimento de esgotamento sanitário nos municípios da UEG3 possui grande parte dos municípios com sede na UEG enquadrados na faixa 1, ou seja, com menos de 10% das respectivas populações sem coleta e sem tratamento de esgotos. Os municípios com pior situação estão nas CHs GD2 e GD5, na faixa entre 50 e 75% da população sem atendimento. São eles: Resende Costa, Ressaquinha e Ritápolis, na CH GD2 e Wenceslau Braz, na CH GD5. Destes, o município de Resende Costa é o que reúne a maior população. Merecem destaque ainda os municípios de Barbacena (CH GD2), Extrema (CH PJ1), Itajubá (CH GD5) e São João del Rei (CH GD2), que estão enquadrados nas faixas 1 e 2, porém têm populações significativas, de modo que em termos absolutos, os montantes populacionais e as cargas poluidoras provenientes de seus esgotos sanitários são igualmente significativos.

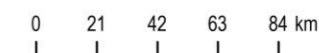
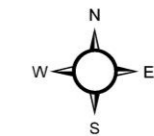
Figura 3.49 – Índice de atendimento de esgoto na UEG3.



LEGENDA

- Município com mais de 30 mil habitantes
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
- | Índice de atendimento: sem coleta e sem tratamento de esgoto (%) |
|--|
| < 10 |
| 10 - 25 |
| 25 - 50 |
| 50 - 75 |
| > 75 |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; PL 2.884/2021;



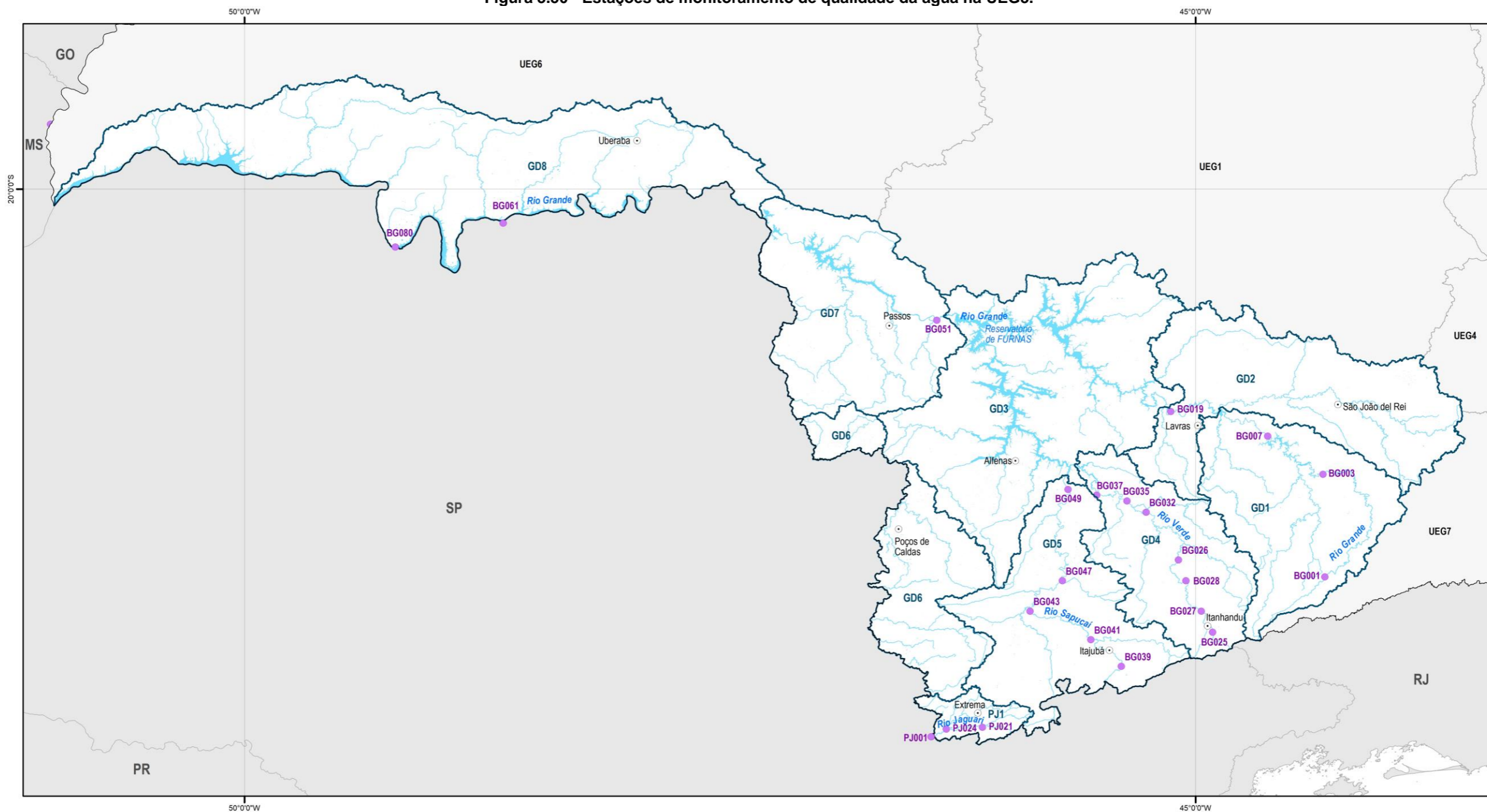
3.4.2.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água na UEG3 é apresentada na Figura 3.50.

Em seguida, é apresentada a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacia do Rio Verde
- Bacia do Rio Sapucaí
- Bacia do Rio Grande

Figura 3.50 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG3.

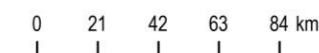
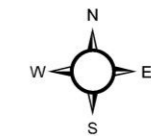


LEGENDA

- Município sede comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- Estação de monitoramento de qualidade da água

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



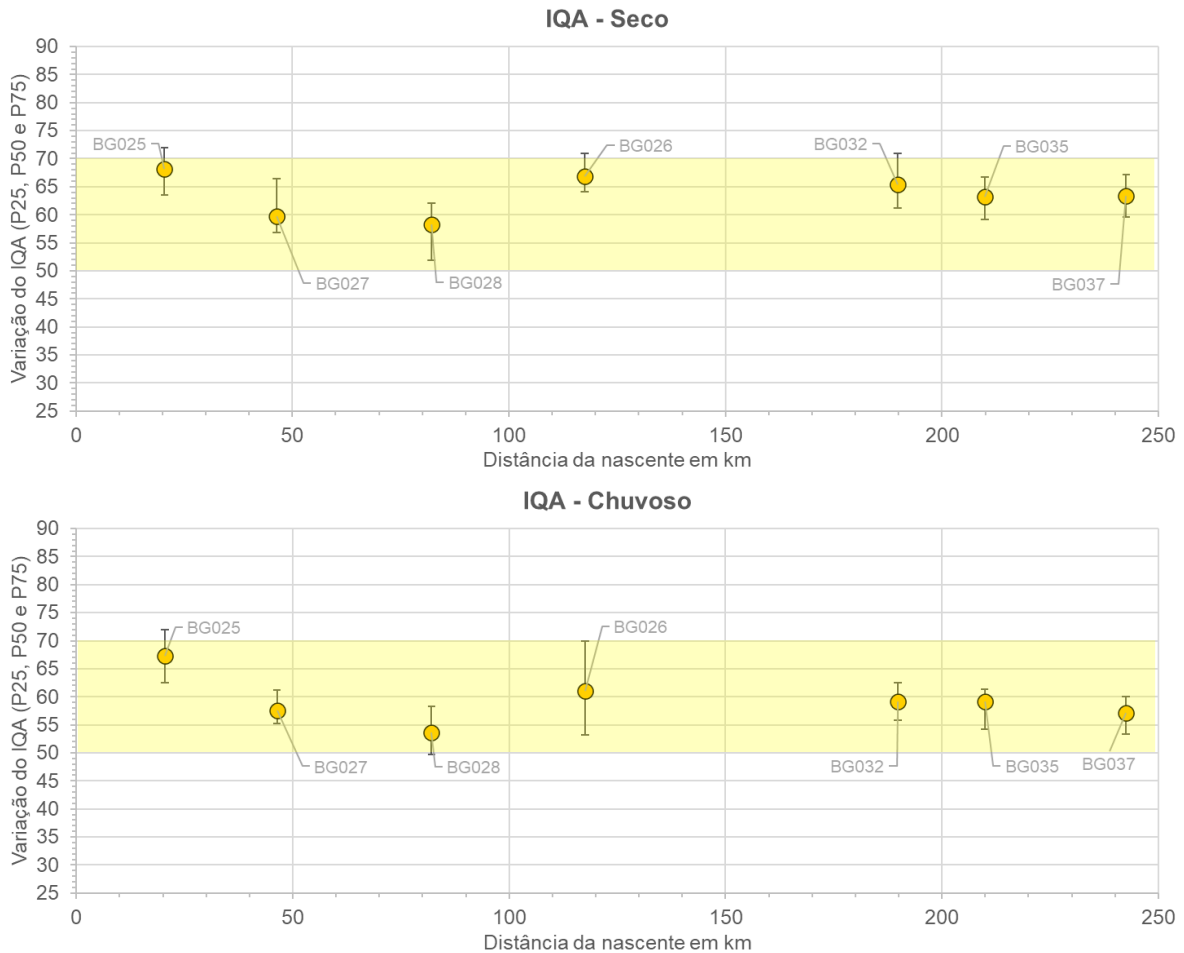
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



3.4.2.3.1 GD4 – Rio Verde

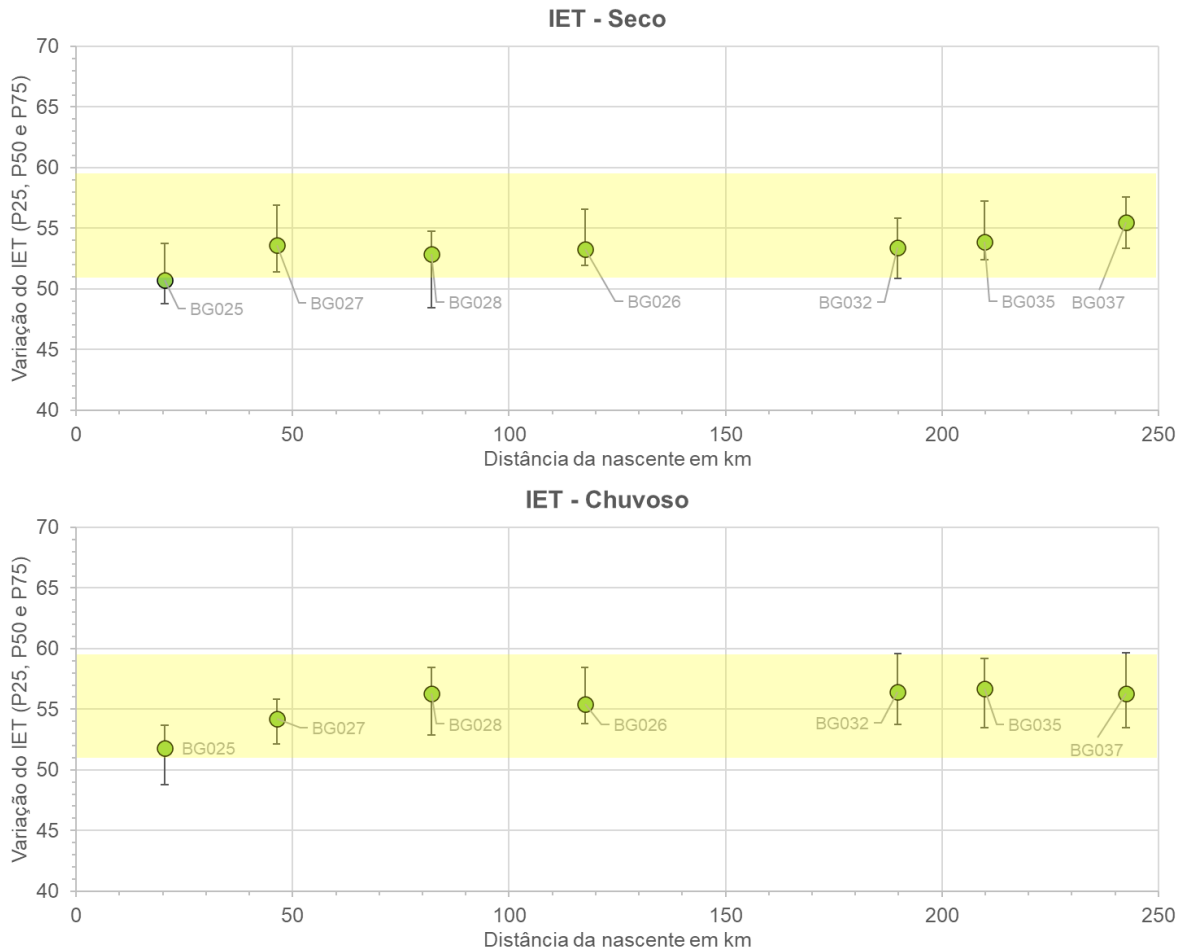
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Verde ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.51), IET (Figura 3.52) e CT (Figura 3.53). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.37), e CT ALTA (Quadro 3.38).

Figura 3.51 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



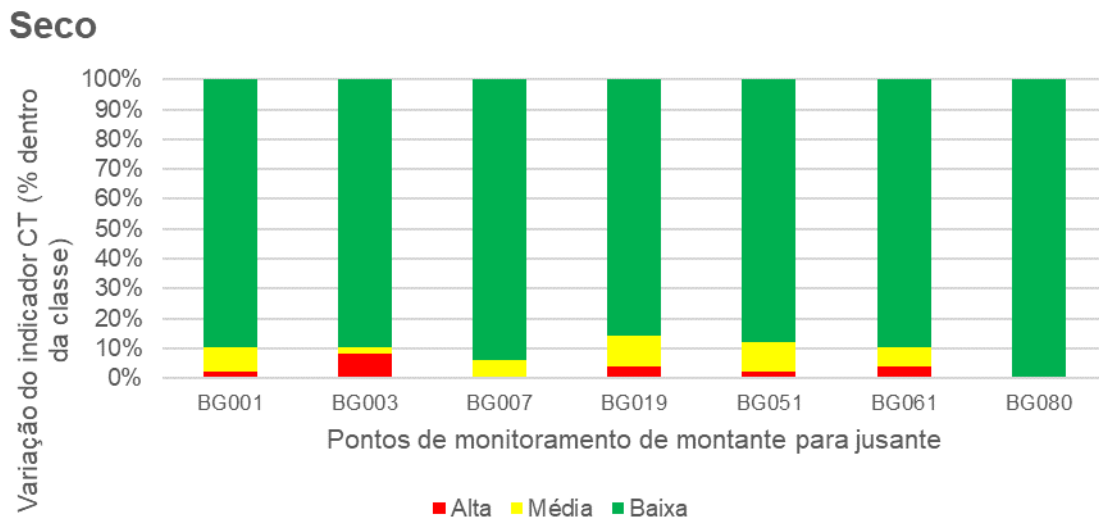
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.52 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de IET MESOTRÓFICO.

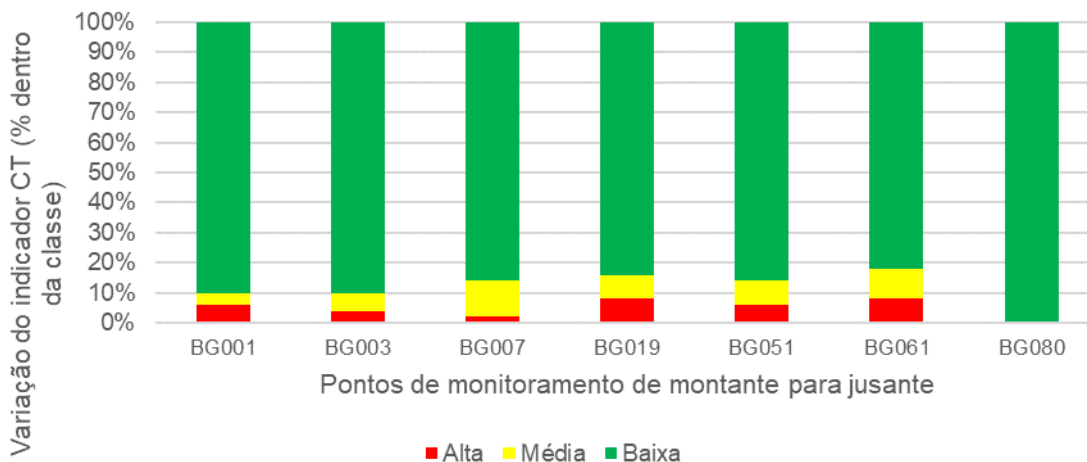


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.53 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Verde (GD4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.37 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Verde (GD4).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp.	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BG025	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG027	46	0	6	63	9	0	0	0	22	0
BG028	82	0	15	59	3	7	0	0	16	0
BG026	118	0	0	47	0	0	0	6	47	0
BG032	190	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BG035	210	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BG037	242	0	0	58	0	0	0	0	42	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.38 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Verde (GD4).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BG025	20	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
BG027	46	0	0	0	0	0	0	33	0	33	33	0	0	0
BG028	82	0	0	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0
BG026	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG032	190	0	0	0	0	0	33	67	0	0	0	0	0	0
BG035	210	0	0	0	0	17	33	22	0	28	0	0	0	0
BG037	242	0	0	0	0	20	0	40	0	20	20	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

No Rio Verde (GD4), afluente do Reservatório de Furnas, o IQA oscila dentro da faixa do valor MÉDIO tanto no período seco quanto no chuvoso, com leve piora dos índices (P50) na estação chuvosa na grande maioria das estações ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo.



Destaca-se em ambos os períodos climáticos, uma oscilação negativa do indicador em dois trechos: (a) trecho influenciado pelas cargas poluidoras urbanas (drenagem urbana, doméstica e industrial) dos municípios de Itanhandu (Índice de coleta de esgoto - IN015=87,2%; Índice de coleta de esgoto - IN016=NI) e Itamonte (IN015=100%; IN016=NI), capturadas pela estação BG027 (~km 50) e de São Lourenço (IN015=92,5%; IN016=NI), capturadas pela seção BG028 (~km 80); e (b) trecho final, as estações BG032 e BG035 sofrem influência de Três Corações (IN015=75,8%; IN016=32,3%) e a estação BG037 recebe influência de Varginha (IN015=77,8%; IN016=94,5%). As informações sobre índices de coleta e tratamento tem origem no Estudo da Situação do Saneamento Básico (RP005) do PMSH.

O Rio Verde apresenta uma leve tendência de incremento do nível trófico, ou seja, aumento do valor de IET, ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo na bacia, especialmente no trecho alto (BG025, BG027 e BG028), no período chuvoso, e baixo (BG032, BG035 e BG037) no período seco. De maneira geral, uma oscilação em direção à eutrofização é verificada no período chuvoso.

No trecho que compreende as estações BG032, BG035 e BG037 pode-se constatar que pelo menos 25% das amostras ficam acima do nível mesotrófico no período chuvoso. No período seco, no mesmo trecho, verifica-se uma tendência de incremento da mediana (P50) do IET dentro da faixa da mesotrofia.

Vale destacar, entretanto, que as seções situadas a jusante das sedes urbanas de Três Corações e Varginha, no Rio Verde, apresentam uma frequência acumulada de contaminação por tóxicos MÉDIA ou ALTA em 20% das amostras no período chuvoso, o dobro da frequência média resultante considerando as demais estações em ambos os períodos climáticos.

Coliformes termotolerante e turbidez foram os principais parâmetros que exerceram maior influência para o IQA RUIM e MUITO RUIM. Com menor participação, Oxigênio Dissolvido (OD), pH e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) também aparecem no trecho alto destacado. Esses parâmetros estão relacionados com as cargas difusas da bacia, geradas nas áreas de atividade agrícola e pastagem, principalmente, no período chuvoso. As áreas urbanas nos trechos destacadas também contribuem para a contaminação fecal e produção de sedimentos. A atividade industrial e esgotos domésticos das zonas urbanas situadas no trecho alto podem estar relacionadas com o incremento da carga orgânica, e depleção do pH e Oxigênio Dissolvido (OD).

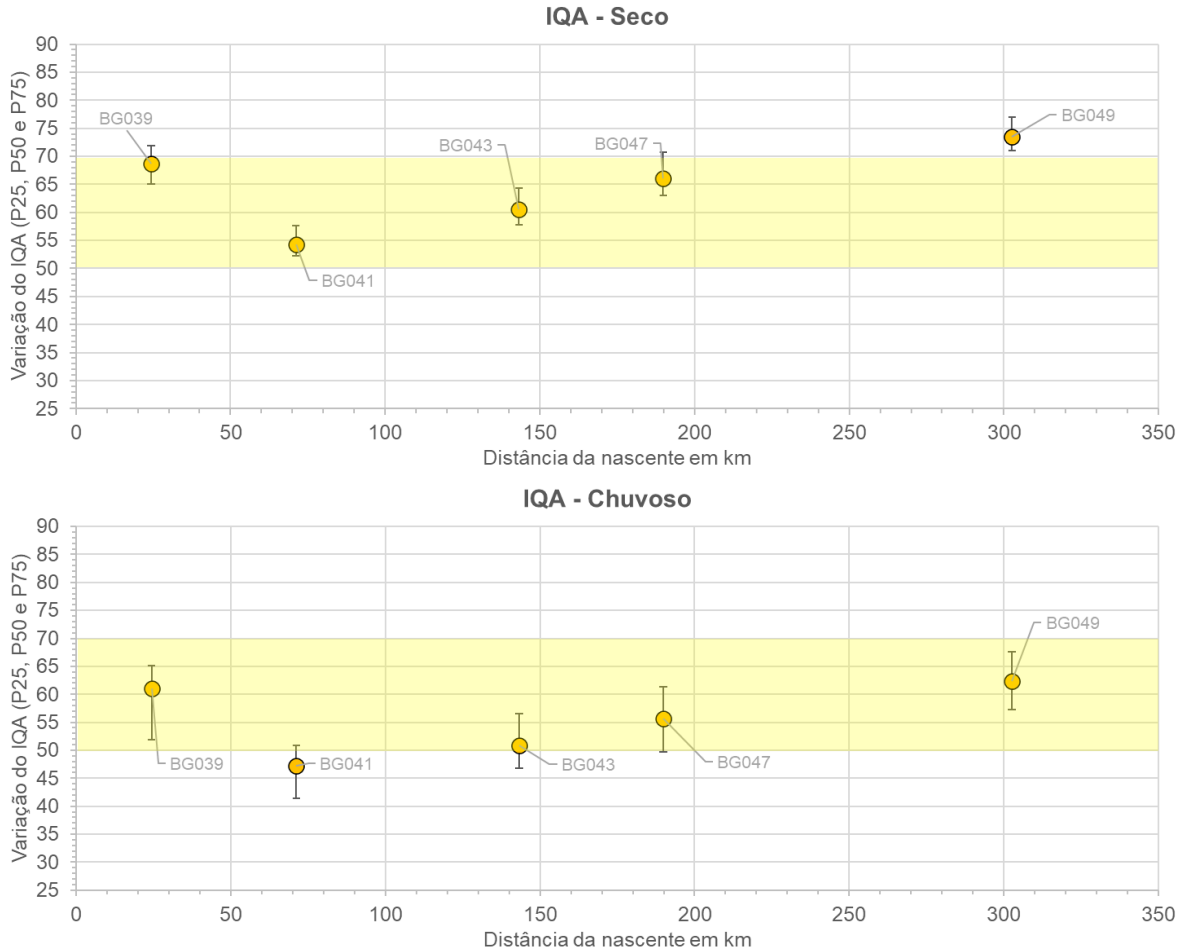
Quanto ao CT ALTO, destaca-se cobre, fenóis e cianeto. Esses contaminantes se relacionam tanto com as cargas remanescentes das áreas urbanas (atividade industrial, drenagem urbana e esgotos domésticos), quanto com as cargas difusas da área rural (presentes em fertilizantes, pesticidas e corretivos de solo adotados em pastagens e culturas agrícolas). Cianeto, particularmente, pode estar relacionado com a atividades industrial (setores químico/meturgia), mas também com áreas agropastoris, quando se utilizam de fertilizantes com grandes quantidades de nitrogênio. Nesse caso, o teor de compostos a base de cianeto nas plantas é intensificado (BOSAK et al, 2017).

3.4.2.3.2 GD5 – Rio Sapucaí

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Sapucaí ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.54),

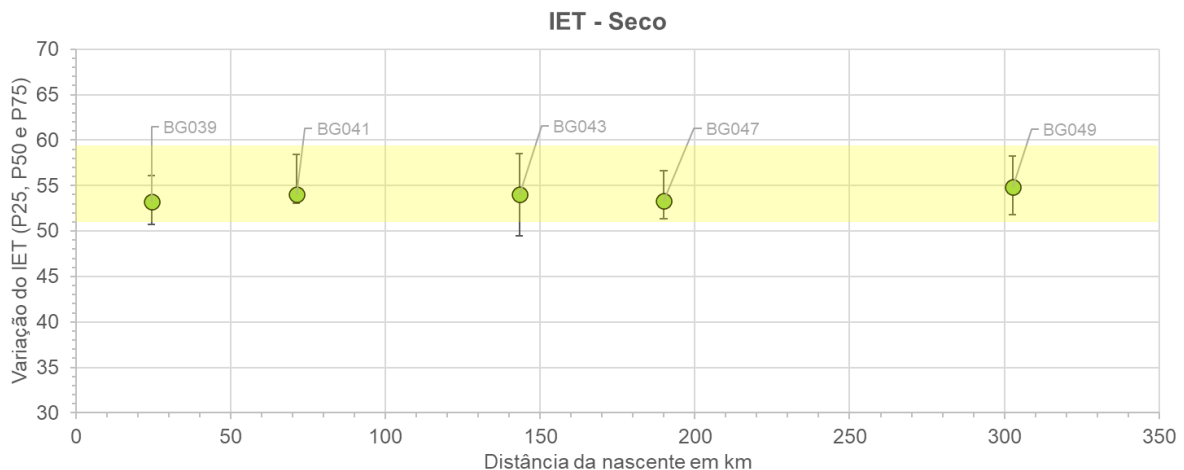
IET (Figura 3.55) e CT (Figura 3.56). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.39), e CT ALTA (Quadro 3.40).

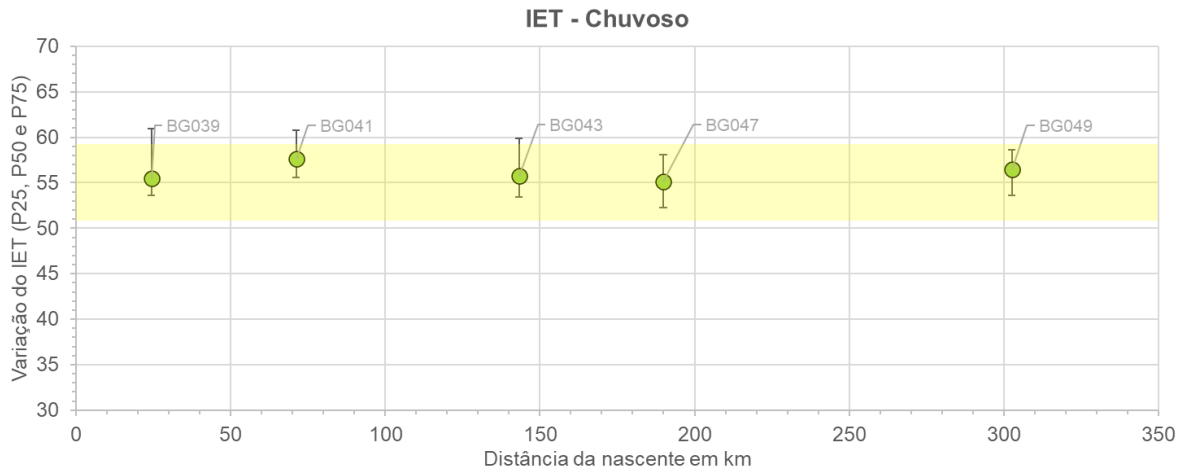
Figura 3.54 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.55 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

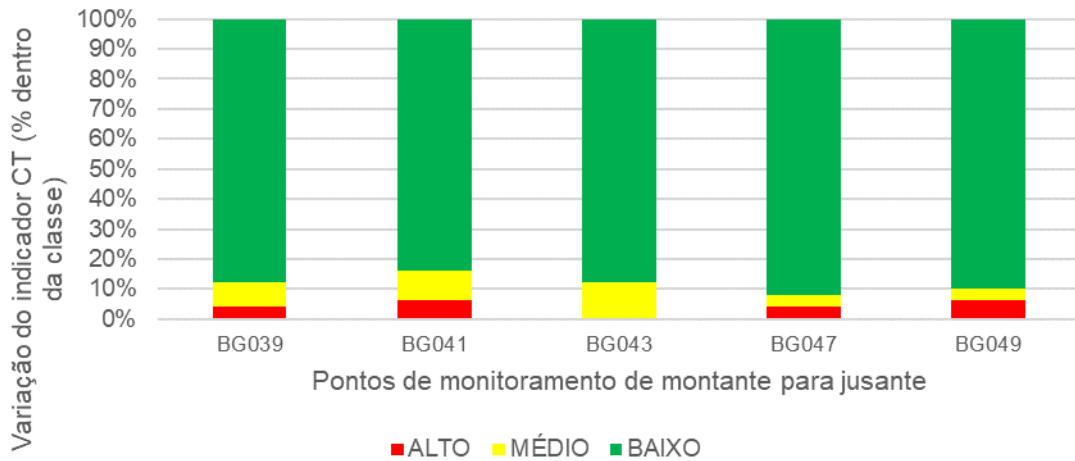




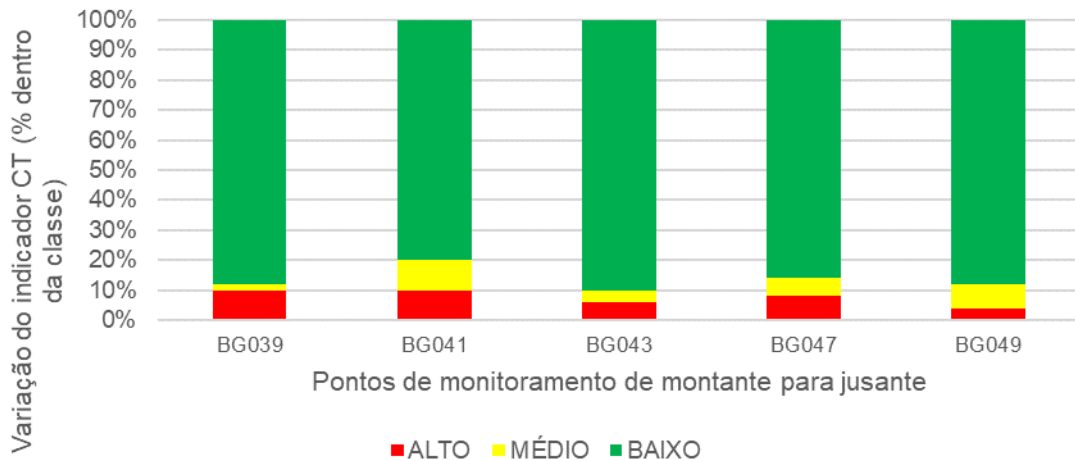
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.56 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Sapucaí (GD5). Período seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.



Quadro 3.39 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Sapucaí (GD5).

PM	km	Parâmetros								
		Temp.	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BG039	24	0	0	50	0	2	0	8	40	0
BG041	71	0	1	59	2	0	0	1	37	0
BG043	143	0	0	53	1	0	0	2	44	0
BG047	190	0	0	55	3	0	0	3	40	0
BG049	303	0	0	55	0	0	0	5	40	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.40 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Sapucaí (GD5).

PM	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BG039	24	0	0	0	0	38	0	25	0	13	0	0	0	25
BG041	71	0	0	0	0	25	0	63	0	13	0	0	0	0
BG043	143	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
BG047	190	0	0	0	0	0	33	44	0	22	0	0	0	0
BG049	303	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O Rio Sapucaí apresentou forte gradiente espacial no trecho superior (BG039=>BG041) para o IQA. Com base nos resultados, verifica-se uma piora significativa no indicador a jusante da sede urbana de Itajubá (BG041; Índice de coleta de esgoto - IN015=73,4%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%), com recuperação gradual do indicador no trecho inferior (BG043, BG047 e BG049) à medida que se distancia das principais sedes urbanas da CH, com destaque para Santa Rita do Sapucaí (IN015=75,2%; IN016=100%) e Pouso Alegre (IN015=77,9%; IN016=99,5%).

No período seco, o IQA oscila dentro da faixa MÉDIA, alcançando, com frequência, valores na faixa BOA na cabeceira do trecho (BG039), em área predominantemente rural, dominada por remanescente de Mata Atlântica e pastagens, e no final do trecho (BG049), onde se verifica incremento de áreas agrícolas (culturas temporárias). No período chuvoso, verificou-se uma piora do indicador ao longo de todo o gradiente espacial, alcançando, com boa frequência, valores RUINS do indicador a jusante da sede de Itajubá.

IET e CT não apresentam mesmo comportamento oscilante ao longo do perfil longitudinal. O estado trófico predominante ao longo do perfil longitudinal e climático foi o MESOTRÓFICO. A frequência do CT na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais, de 88% (seco) e 86% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA respondeu por 4% (seco) e 8% (chuvoso), com destaque para a frequência de 10% nas estações BG039 e BG041. Na estação BG041, a jusante de Itajubá, a frequência acumulada na classe MÉDIA e ALTA alcança 20%, no período chuvoso.

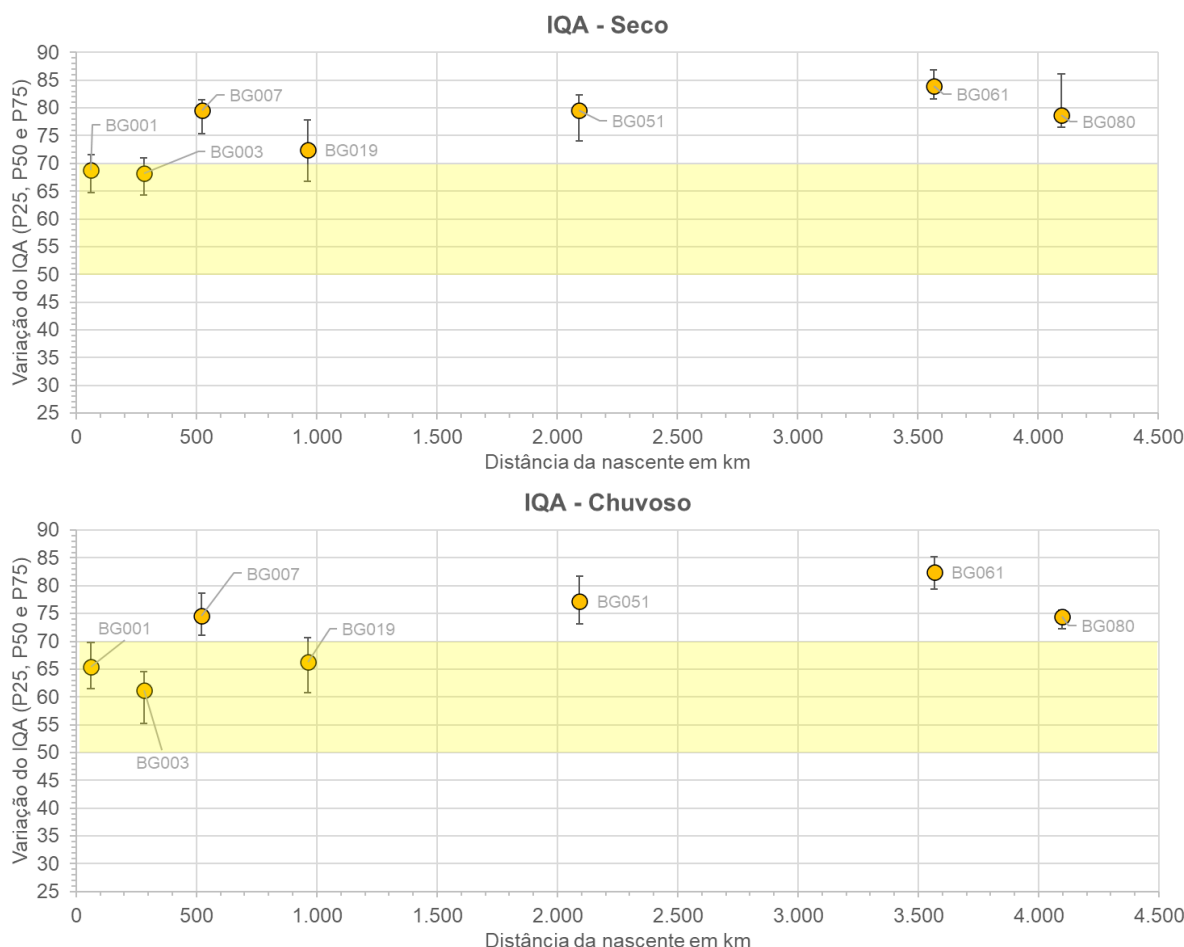
Coliformes termotolerante e turbidez foram os principais parâmetros que exerceram maior influência para o IQA RUIM e MUITO RUIM. Fósforo total (FT) também aparece ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo na bacia. Esses parâmetros estão relacionados com as cargas difusas da bacia, geradas nas áreas de atividade agrícola e pastagem, principalmente, no período chuvoso. As áreas urbanas nos trechos destacadas também contribuem para a contaminação fecal, produção de sedimentos e eutrofização do manancial.

Quanto ao CT ALTO, destaca-se chumbo, no trecho alto, e cobre e fenóis de forma mais generalizada ao longo do perfil longitudinal. Esses contaminantes se relacionam tanto com as cargas remanescentes das áreas urbanas (atividade industrial, drenagem urbana e esgotos domésticos), com destaque para Itajubá, Santa Rita do Sapucaí e Pouso Alegre, quanto com as cargas difusas da área rural (atividade agropastoril).

3.4.2.3.3 Rio Grande

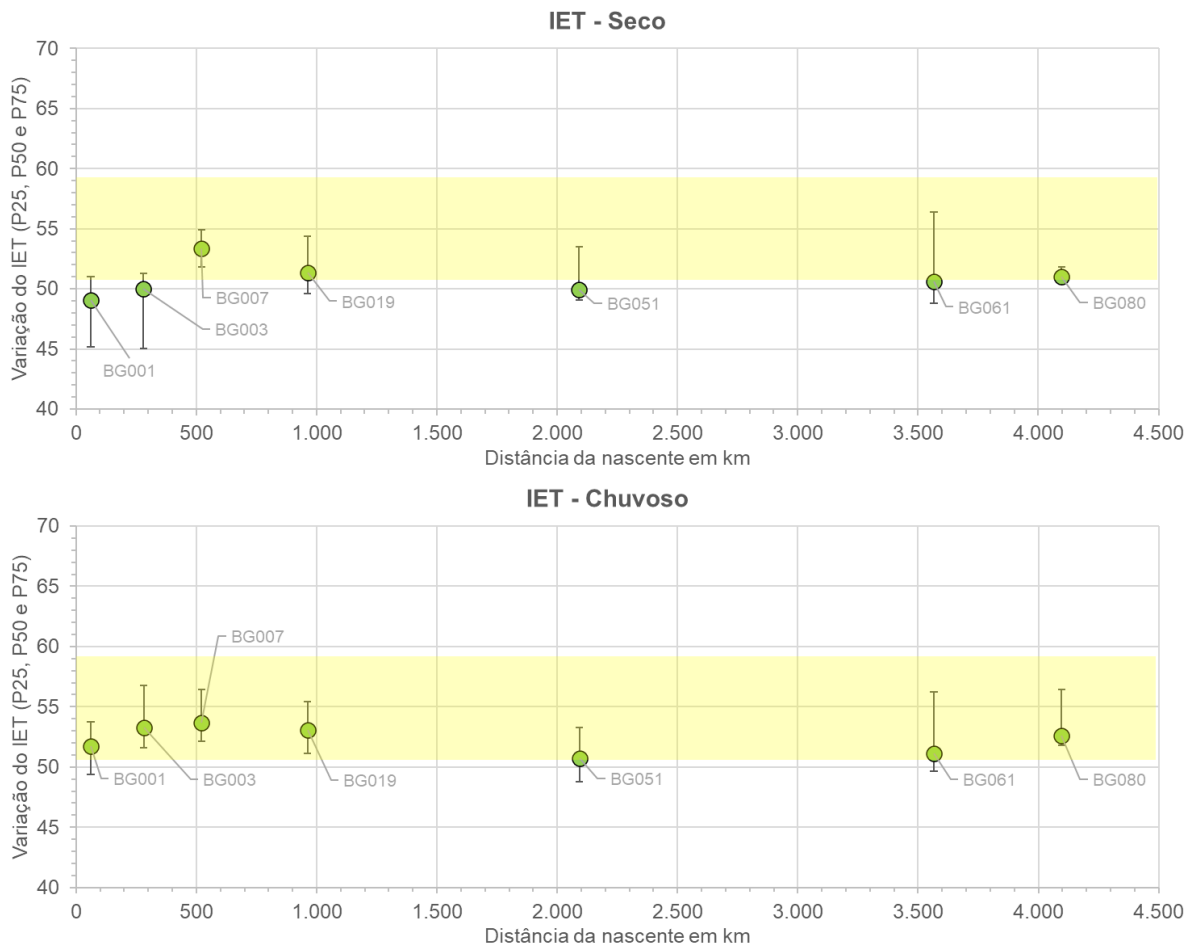
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Grande ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.57), IET (Figura 3.58) e CT (Figura 3.59). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.41), e CT ALTA (Quadro 3.42).

Figura 3.57 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



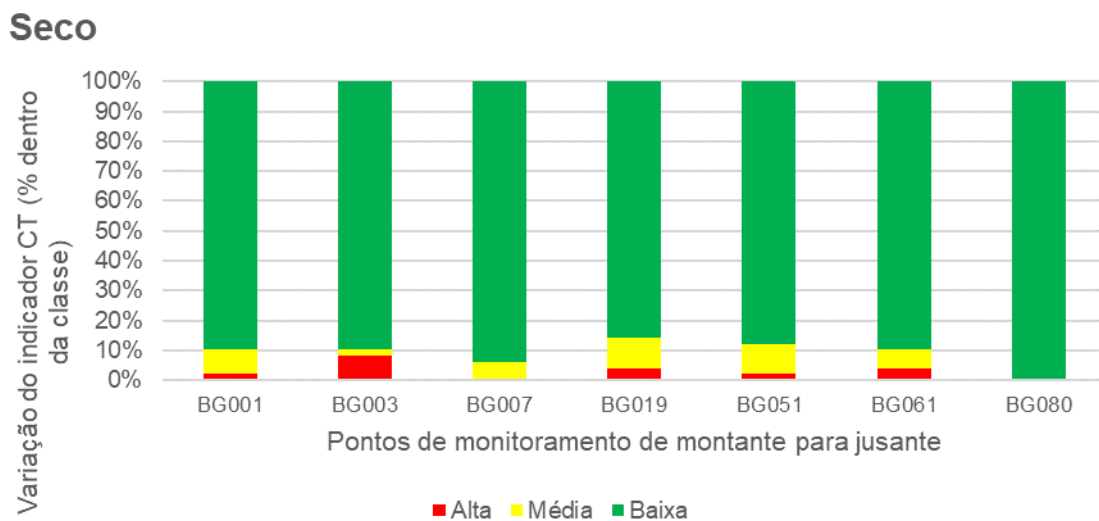
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.58 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de IET MESOTRÓFICO.

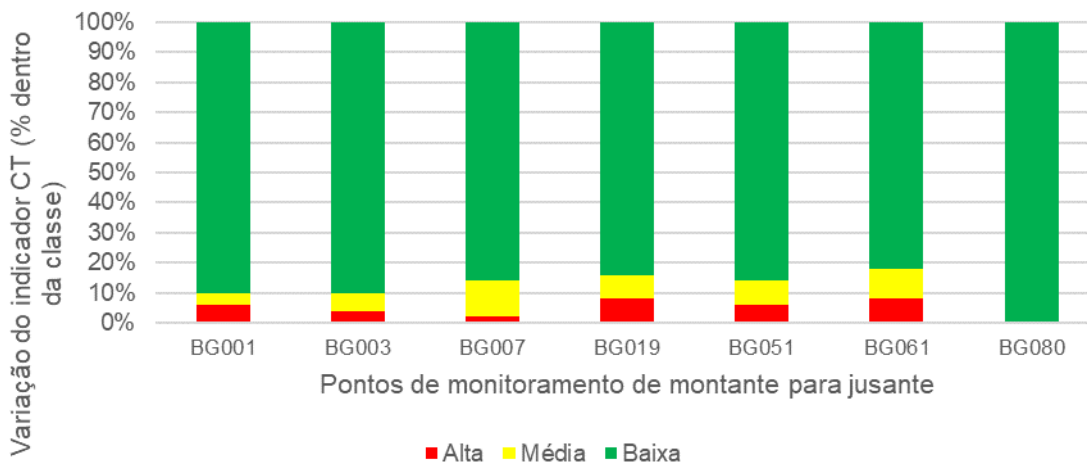


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.59 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Grande (UEG3). Período Chuvoso (superior) e Período Seco (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.41 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Grande (UEG3).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp.	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BG001	61	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BG003	281	0	0	48	12	0	0	0	40	0
BG007	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG019	962	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG051	2092	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG061	3566	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BG080	4097	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.42 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Grande (UEG3).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BG001	61	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
BG003	281	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
BG007	522	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
BG019	962	0	0	0	0	0	0	13	0	50	38	0	0	0
BG051	2092	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0
BG061	3566	0	0	0	0	0	25	25	0	50	0	0	0	0
BG080	4097	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

No período seco, o IQA no Rio Grande oscila no limiar superior da classe MÉDIA, no trecho Alto Rio Grande (GD1) a montante da UHE Camargos (pontos BG001 e BG003), à classe BOA a jusante da barragem (BG007). No trecho do Rio Grande na CH GD2, a jusante da confluência com o Rio das Mortes e da sede urbana de Lavras, verifica-se uma queda da



qualidade da água (ponto BG019). Essa oscilação negativa no trecho está relacionada com as cargas (industriais, drenagem urbana e domésticas) das sedes urbanas de Lavras (Índice de coleta de esgoto - IN015=75,9%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%), bem como os aportes, através do Rio das Mortes, de Barbacena (IN015=76,6%; IN016=30,1%) e São João Del Rei (IN015=88%; IN016=3,5%).

No período chuvoso, verifica-se uma tendência de piora no indicador em todos os pontos destacados, com destaque para o ponto BG003, influenciado pelos lançamentos de Madre de Deus de Minas (IN015=59,8%; IN016=NI). A jusante da UHE Furnas, nas CHs GD7 e GD8, o Rio Grande se mantém oscilando consistentemente dentro da classe BOA ao longo do gradiente climático.

Quanto ao IET, o Rio Grande oscila no limiar entre os níveis OLIGOTRÓFICO e MESOTRÓFICO ao longo de todo o gradiente climático e espacial. Na cabeceira do Alto Rio Grande (GD1), em zona predominantemente rural, nota-se ao longo do gradiente climático uma mudança do nível OLIGOTRÓFICO, em período seco, para MESOTRÓFICO, em período chuvoso.

O indicador CT se apresenta ao longo do gradiente espacial do Rio Grande com elevada permanência dentro da classe BAIXA. Contaminação por tóxicos na faixa ALTA mostra-se abaixo de 10% na grande maioria das seções de monitoramento ao longo do gradiente espacial tanto no período seco, quanto chuvoso.

Nesse contexto, coliformes termotolerantes e turbidez foram parâmetros que exerceram maior influência para o IQA RUIM e MUITO RUIM ao longo do Rio Grande. O IQA nessas classes foi observado somente no trecho alto (GD1). Considerando a piora observada no período chuvoso, pode-se relacionar esses parâmetros com as áreas de pastagem e agrícolas existentes, principalmente, na bacia do ponto BG003, a montante da UHE Camargos. As sucessivas barragens em cascata, com destaque para FURNAS, podem explicar a manutenção dos baixos teores de coliformes e turbidez para jusante, em razão do elevado tempo de residência da água nesses trechos.

Quanto ao CT ALTO, destaca-se fenôis ao longo de todo o gradiente espacial, e cobre a jusante das sedes urbanas destacadas (BG019). Esses contaminantes se relacionam tanto com as cargas remanescentes das áreas urbanas (atividade industrial, drenagem urbana e esgotos domésticos), quanto com as cargas difusas da área rural (atividade agropastoril).

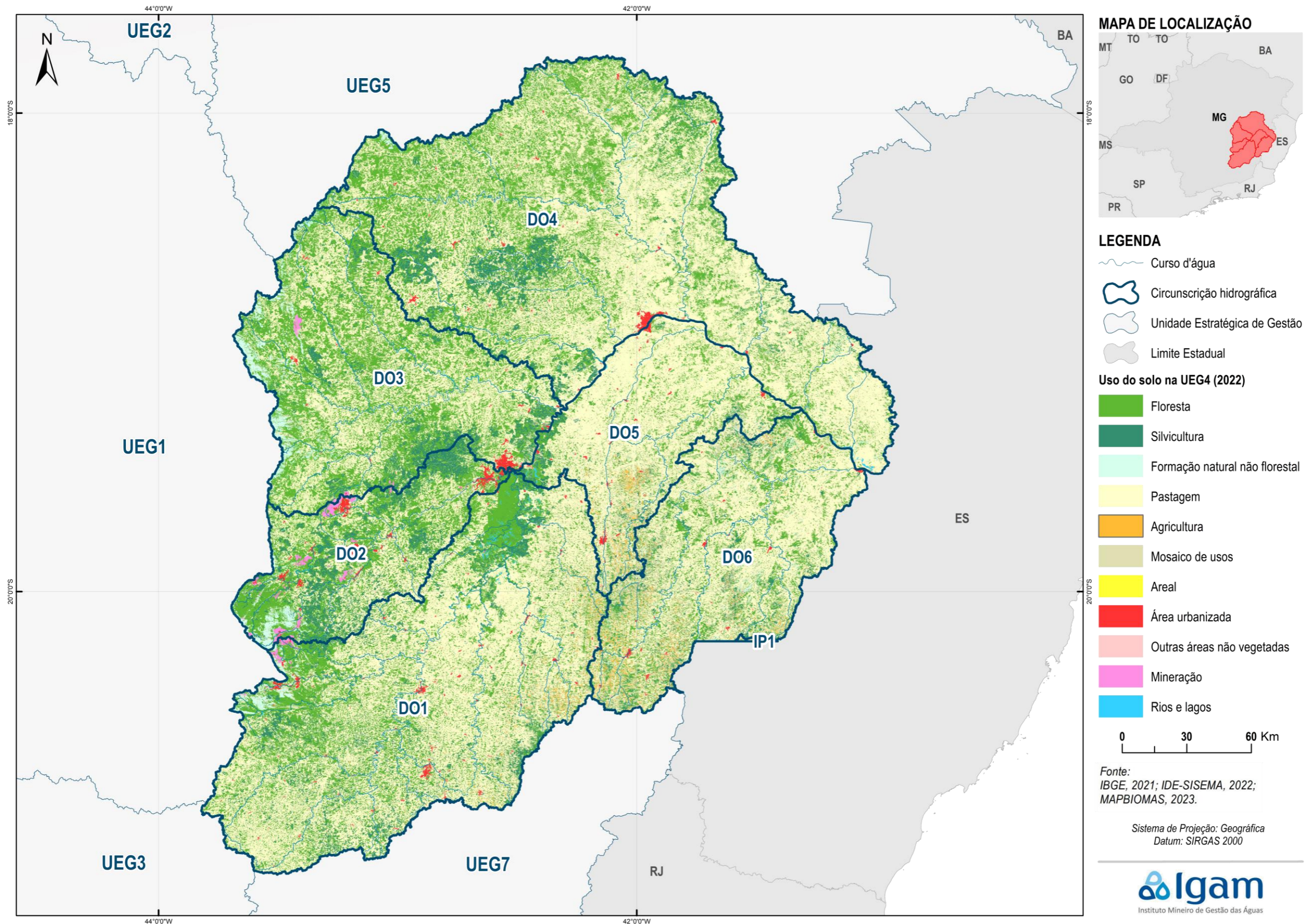
Baixos níveis de qualidade da água com base nos indicadores IQA (RUIM) e CT (ALTO) são observados pontualmente na bacia do Rio Grande a jusante das principais sedes urbanas, com destaque para: São Lourenço (GD1), Barbacena (GD2), Formiga (GD3), Ouro Fino (GD6), Poços de Caldas (GD6), Andradas (GD6), Passos (GD7) e São Sebastião do Paraíso (GD7).

3.4.3 Afluentes do Rio Doce (UEG4)

3.4.3.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.60 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2022 para a UEG4. O Quadro 3.43 inclui as áreas das classes de uso e cobertura do solo na UEG e suas CHs, para o ano de 2022.

Figura 3.60 - Uso e Cobertura do Solo na UEG4 para o ano de 2022.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;
 MAPBIOMAS, 2023.

Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Quadro 3.43 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG4 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG4 (km ²)	DO1 (km ²)	DO2 (km ²)	DO3 (km ²)	DO4 (km ²)	DO5 (km ²)	DO6 (km ²)	IP1 (km ²)	%
Área urbanizada	487,1	109,9	138,9	71,0	80,4	51,3	35,6	0,0	0,7%
Agricultura	502,0	138,5	0,1	0,1	2,7	100,0	257,6	2,9	0,7%
Floresta	21.173,5	4.750,5	2.333,7	4.843,7	6.555,0	918,2	1.765,9	6,4	29,7%
Formação Natural não Florestal	1.255,4	186,3	237,3	505,3	162,6	22,6	140,8	0,4	1,8%
Mineração	183,0	34,0	117,9	30,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3%
Mosaico de Usos	11.901,4	3.057,2	573,5	1.366,0	3.408,7	1.146,9	2.340,6	8,5	16,7%
Outras áreas não vegetadas	125,3	30,9	20,4	20,6	31,1	12,4	9,9	0,0	0,2%
Pastagem	31.234,7	8.510,4	1.251,0	3.507,5	10.173,7	3.817,3	3.965,4	9,3	43,8%
Rios e lagos	373,2	102,9	16,2	41,8	109,4	60,5	42,4	0,0	0,5%
Silvicultura	4.048,3	1.005,7	773,3	593,5	1.036,5	204,7	429,5	5,0	5,7%
Total	71.283,8	17.926,4	5.462,4	10.980,4	21.560,4	6.333,8	8.987,6	32,6	100,0%

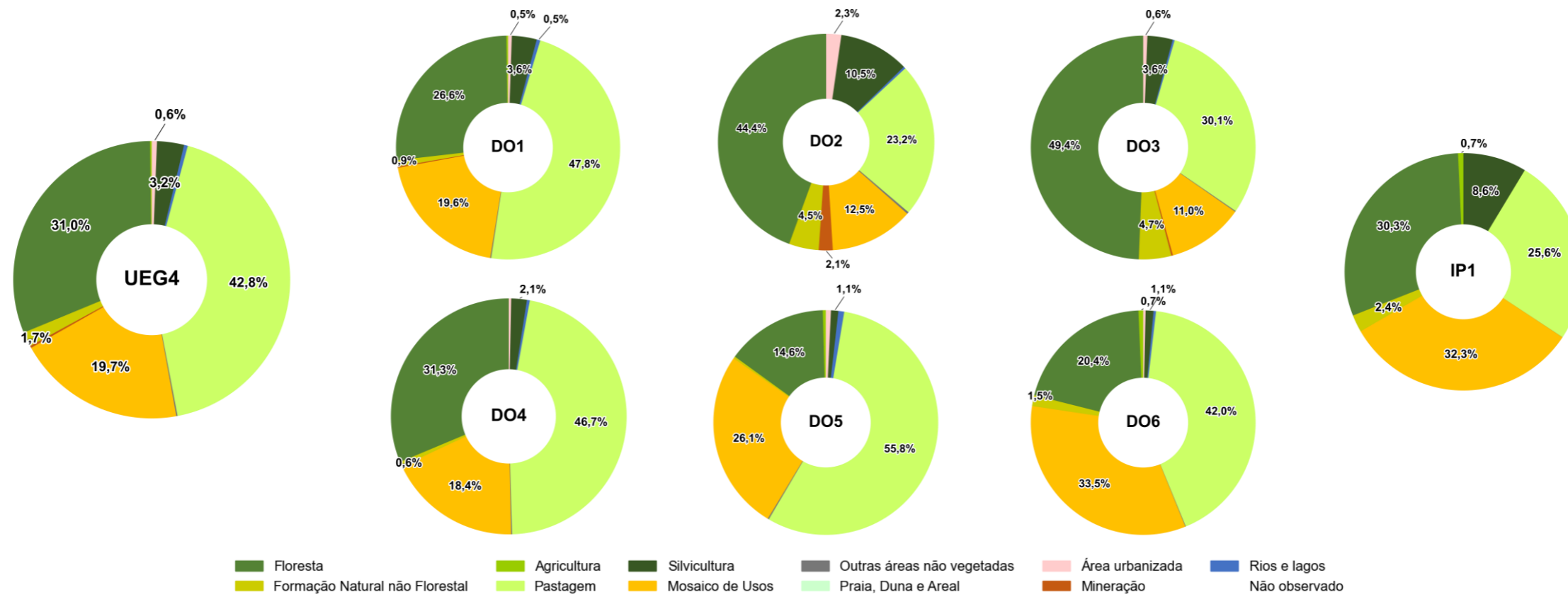
Fonte: elaboração própria

A Figura 3.61 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.62 para o ano de 2022, permitindo avaliar a evolução histórica para a UEG4 e suas CHs.

A UEG dos Afluentes do Rio Doce se caracteriza pela predominância de pastagens e formações florestais. No período de análise, a área ocupada por pastagens teve um aumento de 1% (42,8% para 43,8% entre 2016 e 2022), com decréscimo de áreas para Mosaico de usos (19,7% para 16,7%) e aumento em Silvicultura (3,2% para 5,7%).

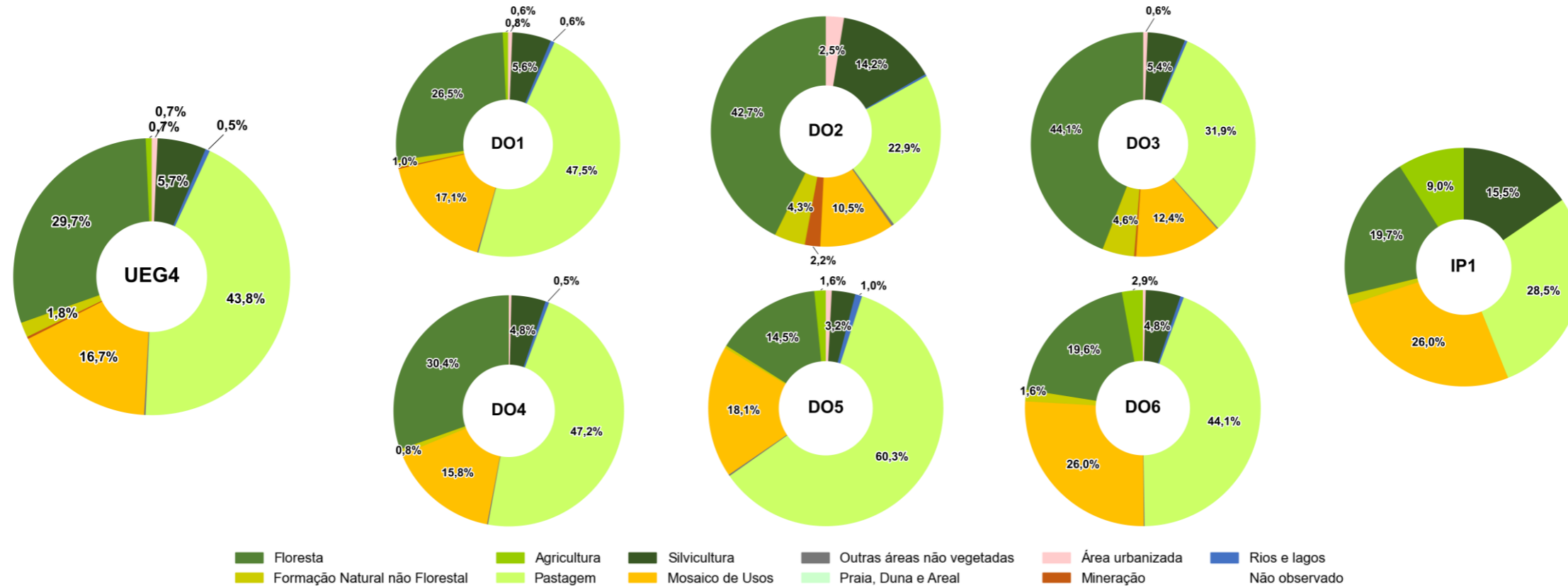
Já a área ocupada por Florestas teve um pequeno decréscimo, de 31,0% para 29,7% entre 2016 e 2022. A representatividade de Formações Naturais não Florestais foi estável na UEG4, com 1,7% em 2016 e 1,8% em 2022.

Figura 3.61 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG4, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.62 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG4, em 2022.



Fonte: elaboração própria.



3.4.3.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.3.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.3.2.1.1 Solos

O Quadro 3.44 apresenta os quantitativos por classe de solo e a Figura 3.63 apresenta a distribuição espacial das classes de solo na UEG4.

O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6.

Do Quadro 3.44 observa-se que predomina na UEG4 o latossolo, que somados todos os seus subtipos, respondem por pouco mais de 60% da área da UEG. Além disso, pelo mapa da Figura 3.63 observa-se a ocorrência de porções importantes também de argissolo, espalhado por toda a bacia, mas principalmente nas CHs DO1, DO4, DO5 e DO6. Observa-se ainda uma faixa de solo da classe neossolo litolítico nas CHs DO1, DO2 e DO3 em suas cabeceiras, próximo à divisa com a bacia do rio São Francisco. A CH IP1 é recoberta inteiramente por latossolo.

Complementando a análise deste fator de pressão, foi consultado o Atlas Geoquímico da bacia do Rio Doce, elaborado pela CPRM (CPRM, 2016). No estudo, alguns compostos e/ou elementos químicos tiveram suas concentrações anômalas associadas de forma clara a origens geogênicas, a saber: prata e arsênio. Além disso, o estudo apresentou espacialmente as concentrações de cada componente/ elemento químico, destacando-se aqui os componentes e respectivas regiões onde suas concentrações são mais significativas:

- prata, em manchas pontuais, notadamente na CH DO2;
- alumínio, em manchas pontuais, notadamente nas CHs DO4 e DO6;
- arsênio, em manchas contínuas nas regiões de cabeceira das CHs DO1, DO2 e DO3;
- boro, em manchas contínuas na região central da bacia, abrangendo as CHs DO3, DO4, DO5 e DO6;
- bário, em manchas pontuais, espalhadas pelas CHs DO1, DO4, DO5 e DO6;
- berílio, com uma mancha notável na CH DO4, próximo a Governador Valadares;
- bismuto, em manchas contínuas espalhadas pela bacia, notadamente nas CHs DO2, DO3, DO4 e DO6;
- cálcio, em manchas pontuais, destacando-se a região na CH DO6, próxima à divisa com o estado do Espírito Santo;
- cádmio, em manchas espalhadas notadamente pelas CHs DO2, DO3 e DO6;
- cério, em manchas pontuais espalhadas principalmente pelas CHs DO3 e DO4;
- cobalto, em manchas pontuais nas CHs DO1 e DO4;
- cromo, com uma mancha notável na região de cabeceira das CHs DO3 e DO4;
- céσιο, em grande mancha contínua na CH DO4, em sua porção baixa, além de uma mancha pontual na cabeceira da CH DO1;
- cobre, em pequenas manchas pontuais, notadamente nas CHs DO1 e DO2;
- ferro, em pequenas manchas pontuais nas CHs DO3 e DO4;
- fósforo, em mancha contínua na CH DO6 e pontualmente nas CHs DO2, DO3 e DO4;
- gálio, em manchas pontuais nas CHs DO3 e DO4;
- germânio, em pequenas manchas pontuais na CH DO6;

- háfnio, em grande mancha contínua na CH DO4;
- potássio, em manchas espalhadas por toda a bacia, notadamente na CH DO4, em sua porção baixa, além de regiões de cabeceira da CH DO1 e DO3;
- lantânio, em manchas pontuais nas CHs DO3, DO4, DO5 e DO6, próximo aos municípios de Governador Valadares, Pocrane e Senhora do Porto;
- lítio, em mancha contínua na porção baixa da bacia, à margem esquerda do rio Doce, na CH DO4, além de manchas pontuais nas cabeceiras da CH DO1;
- magnésio, em manchas espalhadas por toda a bacia, notadamente nas CHs DO1 e DO4, nas margens direita e esquerda respectivamente;
- manganês, em manchas pontuais espalhadas pela bacia, notadamente no baixo curso do rio Doce, já na divisa com o estado do Espírito Santo, na CH DO6 (margem direita do rio Doce);
- nióbio, em grande mancha contínua situada entre as CHs DO3 e DO4, abrangendo municípios como Ipatinga, Ferros, Dores de Guanhões e Santa Efigênia de Minas;
- níquel, em manchas pontuais espalhadas pela bacia, notadamente nas regiões de cabeceira das CHs DO1 e DO3;
- chumbo, em grande mancha contínua entre as CHs DO3 e DO4, na margem esquerda do médio curso do rio Doce;
- enxofre, em mancha contínua situada entre as CHs DO2 e DO3, na margem esquerda do rio Doce;
- antimônio, em mancha localizada na região de cabeceira da CH DO2, nos municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara;
- estanho, em manchas pontuais nas CHs DO3 e DO4;
- telúrio, em manchas pontuais, nas regiões de cabeceira das CHs DO1, DO3 e DO4, além do baixo curso da CH DO2, já próximo à confluência com o rio Doce;
- vanádio, em manchas pontuais nas regiões de cabeceira das CHs DO2 e DO3;
- tungstênio, na margem esquerda do médio curso do rio Doce, na CH DO4, abrangendo municípios como Governador Valadares, Campanário, Itambacuri e Franciscópolis.

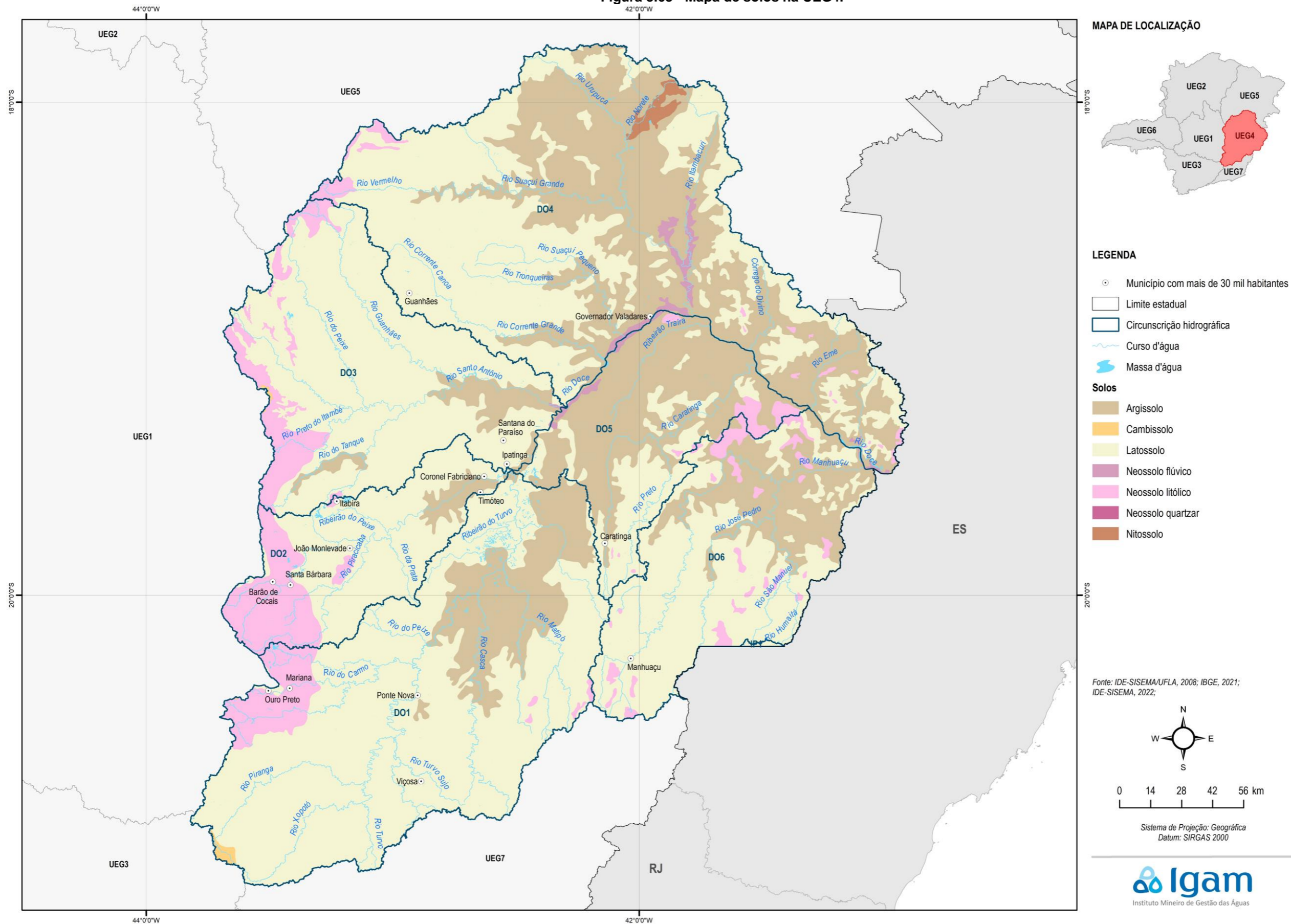
Quadro 3.44 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG4.

Classes de solo	UEG4		DO1		DO2		DO3		DO4		DO5		DO6		IP1		DO3/DO5		DO4/DO5		DO4/DO6	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	13.404,87	17,89%	949,37	5,30%	3,94	0,07%	834,97	7,55%	8.301,08	33,98%	1.886,86	32,52%	978,15	11,07%	-	-	58,55	47,45%	267,83	26,85%	124,13	40,11%
Argissolo Vermelho-Amarelo	5.133,18	6,85%	2.959,23	16,51%	415,57	7,61%	285,03	2,58%	543,00	2,22%	-	-	854,51	9,67%	-	-	-	-	-	-	75,84	24,51%
Cambissolo Flúvico	432,91	0,58%	392,04	2,19%	-	-	-	-	34,01	0,14%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,86	2,22%
Cambissolo Háplico	5.254,06	7,01%	578,22	3,23%	328,87	6,02%	34,78	0,31%	2.854,17	11,68%	628,64	10,83%	34,26	0,39%	-	-	35,06	28,41%	676,49	67,83%	83,57	27,00%
Cambissolo Húmico	370,33	0,49%	269,16	1,50%	-	-	-	-	-	-	-	-	101,17	1,14%	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Melânico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Amarelo	1.876,06	2,50%	1.266,49	7,07%	131,33	2,40%	206,06	1,86%	-	-	242,39	4,18%	-	-	-	-	29,79	24,14%	-	-	-	-
Latossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	10.576,09	14,11%	1.545,84	8,62%	375,74	6,88%	6.000,94	54,26%	2.652,64	10,86%	-	-	0,93	0,01%	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho-Amarelo	34.757,97	46,38%	9.691,89	54,07%	3.708,95	67,90%	2.179,11	19,70%	9.852,24	40,33%	2.845,49	49,04%	6.423,07	72,68%	0,00	1,87%	-	-	38,15	3,82%	19,06	6,16%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Litólico	2.279,25	3,04%	248,47	1,39%	209,53	3,84%	1.133,79	10,25%	27,08	0,11%	199,41	3,44%	445,88	5,05%	0,22	98,13%	-	-	14,87	1,49%	-	-
Neossolo Quartzarênico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras Áreas	863,34	1,15%	24,98	0,14%	288,11	5,27%	384,75	3,48%	165,50	0,68%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Planossolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	74.948,07	100%	17.925,70	100%	5.462,04	100%	11.059,43	100%	24.429,72	100%	5.802,80	100%	8.837,98	100%	0,22	100%	123,40	100%	997,33	100%	309,45	100%

Fonte: elaboração própria.



Figura 3.63 - Mapa de solos na UEG4.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.3.2.1.2 Cobertura vegetal

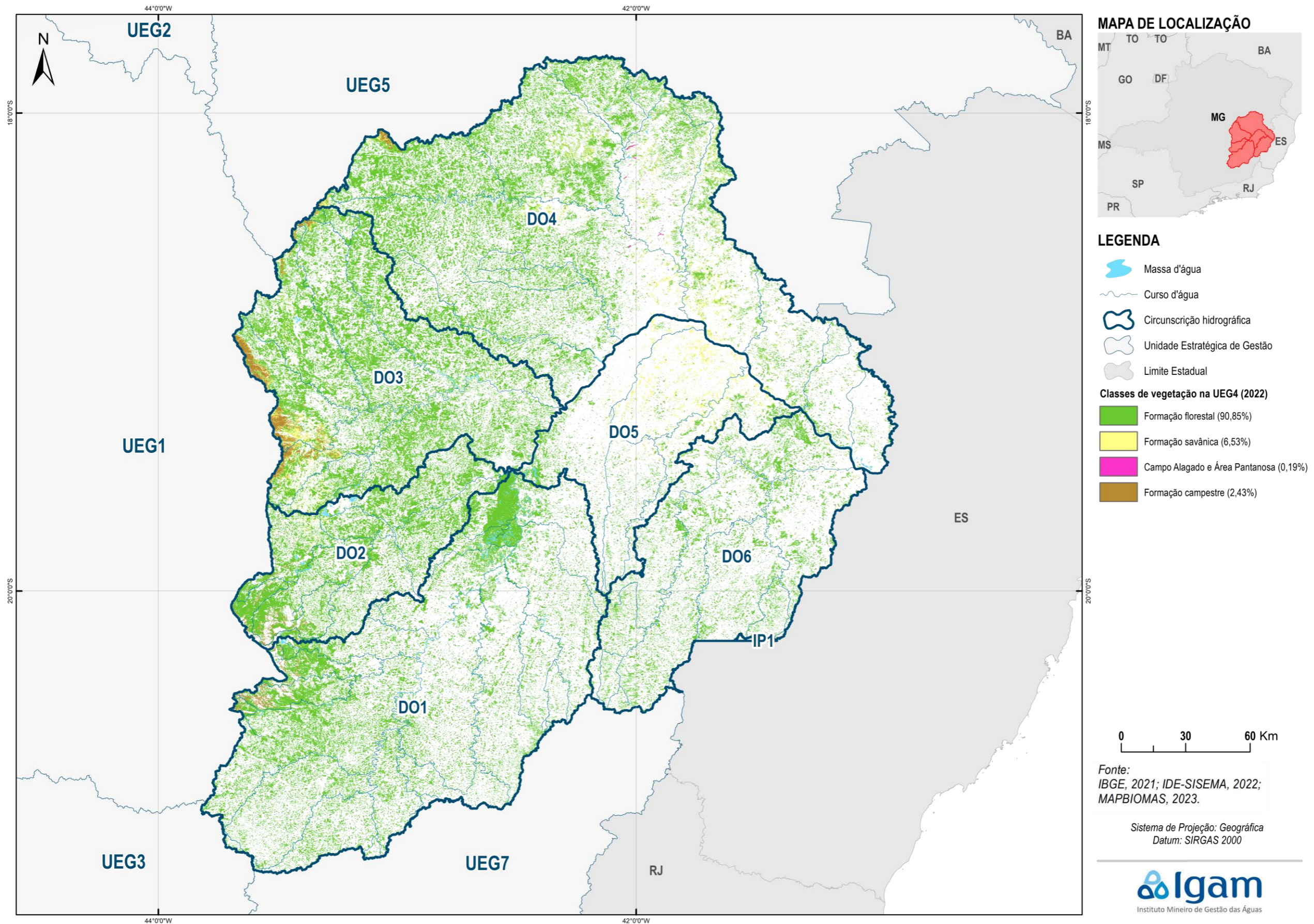
O Quadro 3.45 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.64 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG4.

Quadro 3.45 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG4.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG4	(km ²)	41,59	527,28	19.752,81	1.420,65
	(%)	0,19%	2,43%	90,85%	6,53%
DO1	(km ²)	2,31	97,95	4.739,44	11,11
	(%)	0,05%	2,02%	97,70%	0,23%
DO2	(km ²)	3,44	97,02	2.296,17	37,57
	(%)	0,14%	3,99%	94,33%	1,54%
DO3	(km ²)	3,97	302,53	4.525,20	318,51
	(%)	0,08%	5,87%	87,86%	6,18%
DO4	(km ²)	30,84	29,00	5.913,13	641,83
	(%)	0,47%	0,44%	89,39%	9,70%
DO5	(km ²)	0,63	0,78	541,67	376,49
	(%)	0,07%	0,09%	58,90%	40,94%
DO6	(km ²)	0,39	-	1.730,76	35,14
	(%)	0,02%	-	97,99%	1,99%
IP1	(km ²)	0,01	-	6,44	-
	(%)	0,14%	-	99,86%	-

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.64 – Cobertura Vegetal na UEG4.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.3.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.3.2.2.1 Agricultura e pastagem

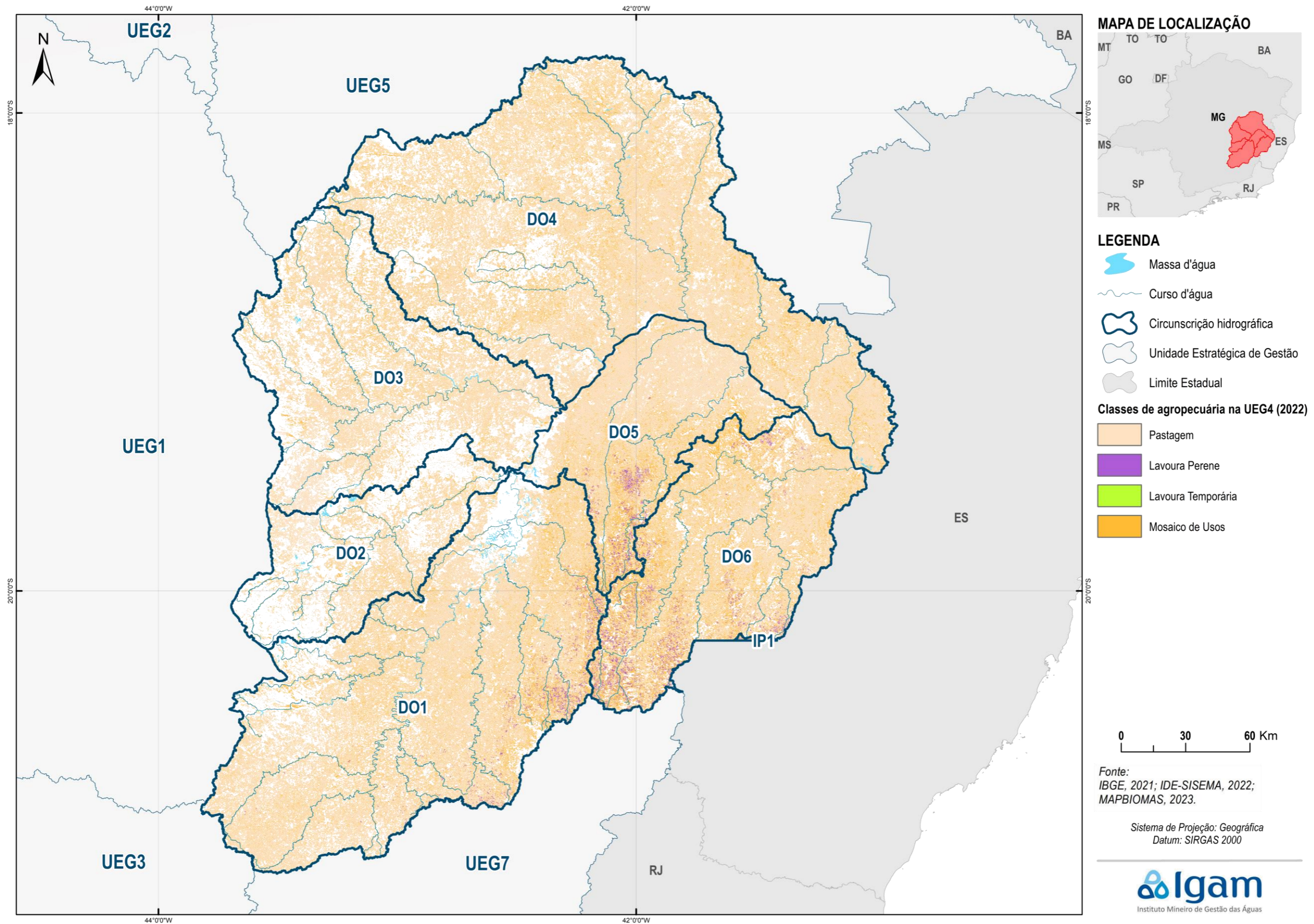
O Quadro 3.46 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.65 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG4.

Quadro 3.46 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG4.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG4	(km ²)	31.234,69	500,18	1,86	11.901,33
	(%)	71,58%	1,15%	0,00%	27,27%
DO1	(km ²)	8.510,43	136,70	1,84	3.057,24
	(%)	72,70%	1,17%	0,02%	26,12%
DO2	(km ²)	1.251,05	0,13	0,02	573,48
	(%)	68,56%	0,01%	0,00%	31,43%
DO3	(km ²)	3.507,47	0,10	0,00	1.365,98
	(%)	71,97%	0,00%	0,00%	28,03%
DO4	(km ²)	10.173,74	2,75	-	3.408,67
	(%)	74,89%	0,02%	-	25,09%
DO5	(km ²)	3.817,31	100,00	-	1.146,88
	(%)	75,38%	1,97%	-	22,65%
DO6	(km ²)	3.965,40	257,55	-	2.340,59
	(%)	60,42%	3,92%	-	35,66%
IP1	(km ²)	9,29	2,95	-	8,49
	(%)	44,81%	14,21%	-	40,98%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.65 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG4.



3.4.3.2.2 Mineração

O Quadro 3.47 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.66 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG4.

Quadro 3.47 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG4.

Material minerado*	DO1		DO2		DO3		DO4	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Água marinha	0,13	0,39%	-	-	-	-	0,09	53,36%
Água mineral	-	-	-	-	0,00	0,01%	-	-
Areia	0,05	0,16%	0,89	0,76%	0,23	0,75%	-	-
Areia de fundição	-	-	0,00	0,00%	-	-	-	-
Bauxita	-	-	0,42	0,36%	-	-	-	-
Brita	-	-	0,45	0,38%	-	-	-	-
Cascalho	0,08	0,24%	0,27	0,23%	0,01	0,02%	-	-
Caulim	0,07	0,21%	-	-	0,04	0,12%	-	-
Dolomito	-	-	0,85	0,72%	-	-	-	-
Esmeralda	-	-	0,58	0,49%	-	-	-	-
Feldspato	-	-	-	-	0,42	1,34%	0,03	16,42%
Ferro	28,84	84,65%	89,65	75,95%	28,22	91,20%	-	-
Filito	-	-	-	-	0,01	0,03%	-	-
Gnaisse	-	-	-	-	0,08	0,26%	-	-
Granito	-	-	0,00	0,00%	0,00	0,01%	0,05	29,57%
Mineral não cadastrado	0,01	0,02%	0,01	0,00%	0,00	0,01%	-	-
Minério de berílio	-	-	0,05	0,05%	1,14	3,68%	-	-
Minério de ferro	1,67	4,90%	19,16	16,23%	0,77	2,49%	-	-
Minério de lítio	-	-	-	-	-	-	0,00	0,65%
Minério de ouro	0,01	0,03%	0,04	0,03%	-	-	-	-
Ouro	-	-	5,55	4,71%	-	-	-	-
Pedra corada	-	-	-	-	0,02	0,06%	-	-
Quartzito	-	-	-	-	0,01	0,02%	-	-
Serpentinito	-	-	0,12	0,10%	-	-	-	-
Talco	0,16	0,47%	-	-	-	-	-	-
Topázio	3,05	8,95%	-	-	-	-	-	-

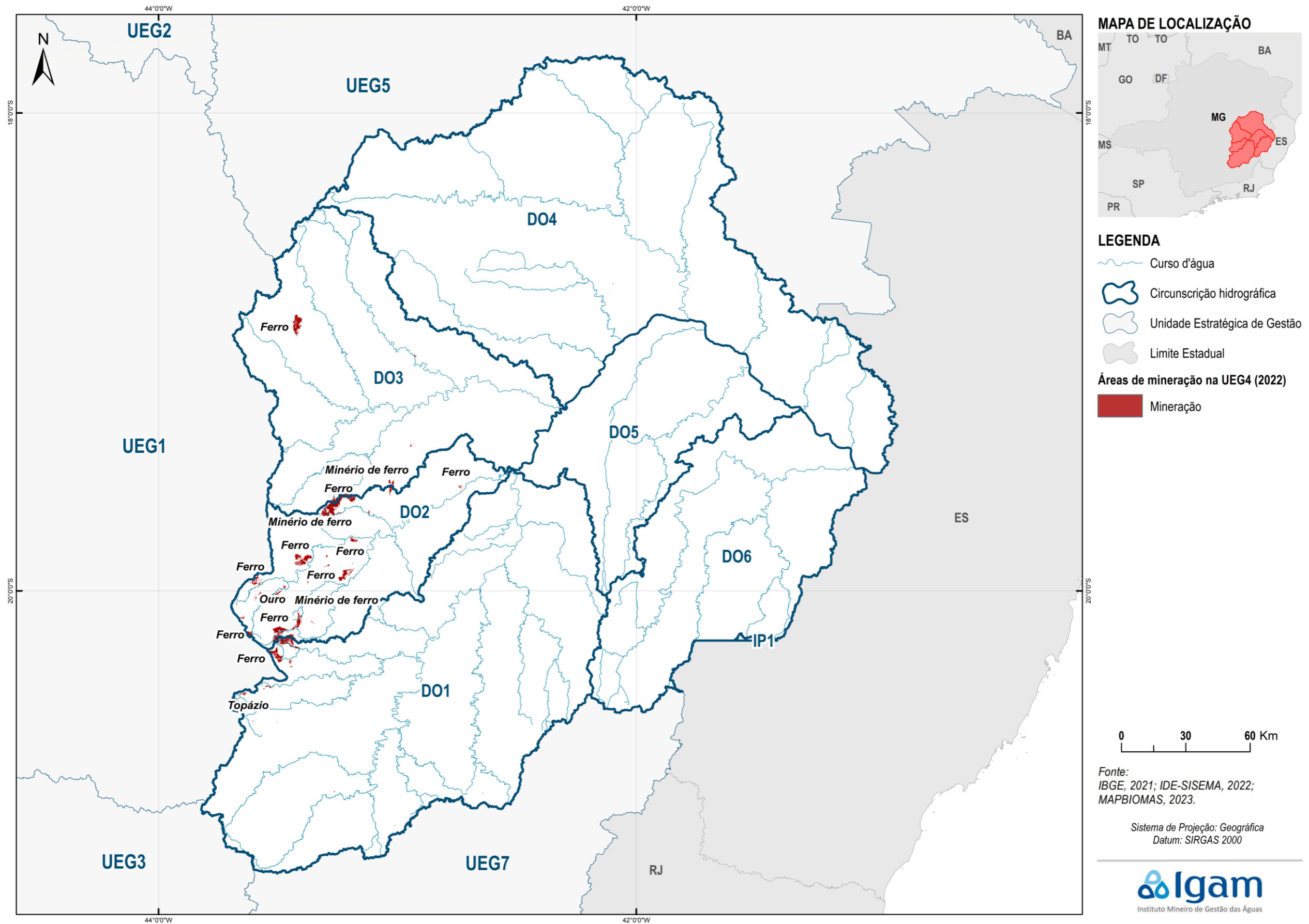
Fonte: elaboração própria.

Nota: As CHs DO5, DO6 e IP1 não contemplam áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomass (ano base 2022).

O detalhamento dos materiais minerados por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6

Observa-se do quadro e do mapa uma clara concentração das áreas de mineração na CH DO2, com destaque para a extração de ferro e minério de ferro.

Figura 3.66 – Áreas de mineração na UEG4.



3.4.3.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG4 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.48.

Quadro 3.48 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG4 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG4	459	141	94	151	147	467	220	-	1.679
CH DO1	104	32	24	82	66	152	157	-	617
CH DO2	83	40	35	7	26	82	2	-	275
CH DO3	31	12	7	8	13	39	3	-	113
CH DO4	114	23	8	27	19	91	39	-	321
CH DO5	41	18	9	9	10	36	8	-	131
CH DO6	86	16	11	18	13	67	11	-	222
CH IP1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG4 e em suas respectivas CHs por classe da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.49. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.49 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG4 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG4	59	258	30	34	3	2	386
CH DO1	17	95	14	10	1	1	138
CH DO2	3	65	6	6	1	1	82
CH DO3	3	17	2	5	-	-	27
CH DO4	10	35	3	10	-	-	58
CH DO5	16	14	2	3	1	-	36
CH DO6	10	32	3	-	-	-	45
CH IP1	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados na UEG4 pode ser observada na Figura 3.67.

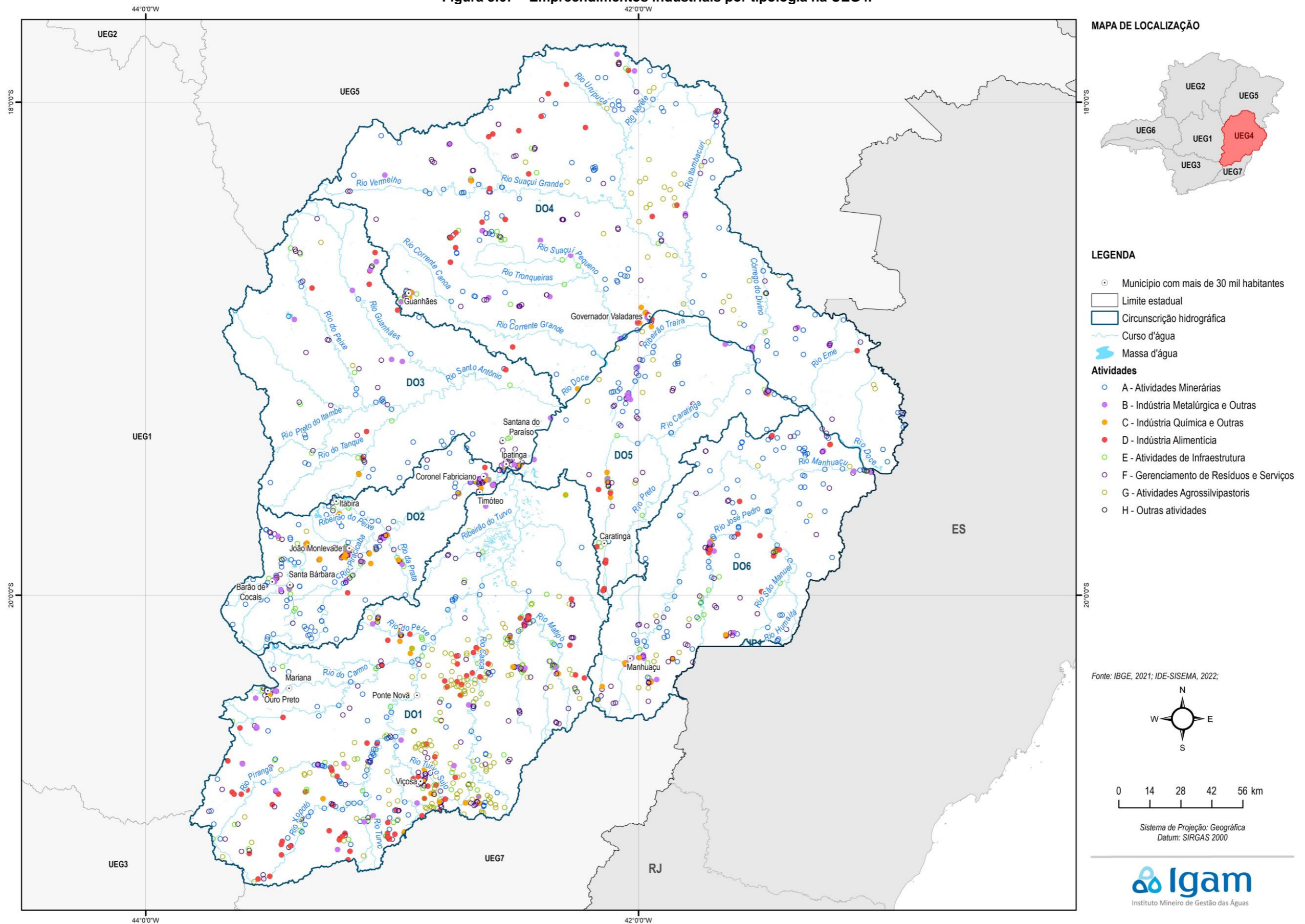
Observa-se do Quadro 3.48 que a CH DO1 concentra a maior parte dos empreendimentos licenciados na UEG4, reunindo cerca de 40% das licenças, sendo a maior parte delas de tipologias G (atividades agrossilvipastoris) e F (gerenciamento de resíduos e serviços).

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, observa-se que a maior parte é de tipologia D (indústria alimentícia), seguido pela B (indústria metalúrgica e outras), tendo a tipologia C (indústria química e outras) em menor quantidade. Pela Figura 3.67, pode-se notar que as indústrias alimentícias ocorrem na CH DO1, que reúne

mais da metade dos empreendimentos desta tipologia. Apesar da maior parte dos empreendimentos industriais estarem concentrados na CH DO1, sua distribuição dentro da CH é relativamente uniforme. Ainda assim, pode-se destacar municípios como Viçosa e Raul Soares como tendo quantidade significativa de licenças destas três tipologias. Nas demais CHs, pode-se destacar Monlevade e Timóteo, na CH DO2, Ipatinga na CH DO3, Governador Valadares na CH DO4, Inhapim na CH DO5 e Ipanema na CH DO6.

Do Quadro 3.49, observa-se que a maior parte (67%) dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio. Nas classes 5 e 6, correspondentes aos empreendimentos de maior impacto, enquadram-se apenas 5 licenças distribuídas nas CHs DO1 (dois empreendimentos), DO2 (dois empreendimentos) e DO5 (um empreendimento).

Figura 3.67 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG4.



3.4.3.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação das informações sobre esgotamento sanitário. O tema foi amplamente abordado no RP005 do PMSH e este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.50 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.68 apresenta as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para a UEG4.

Quadro 3.50 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG4.

UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	Faixa 1 até 10%	Faixa 2 10 - 25%	Faixa 3 25 - 50%	Faixa 4 50 - 75%	Faixa 5 acima de 75%	
UEG4	56	93	37	3	2	191
CH DO1	25	27	12	-	-	64
CH DO2	10	6	-	-	-	16
CH DO3	2	9	8	2	1	22
CH DO4	9	28	9	-	-	46
CH DO5	6	11	4	1	1	23
CH DO6	4	12	4	-	-	20
CH IP1	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

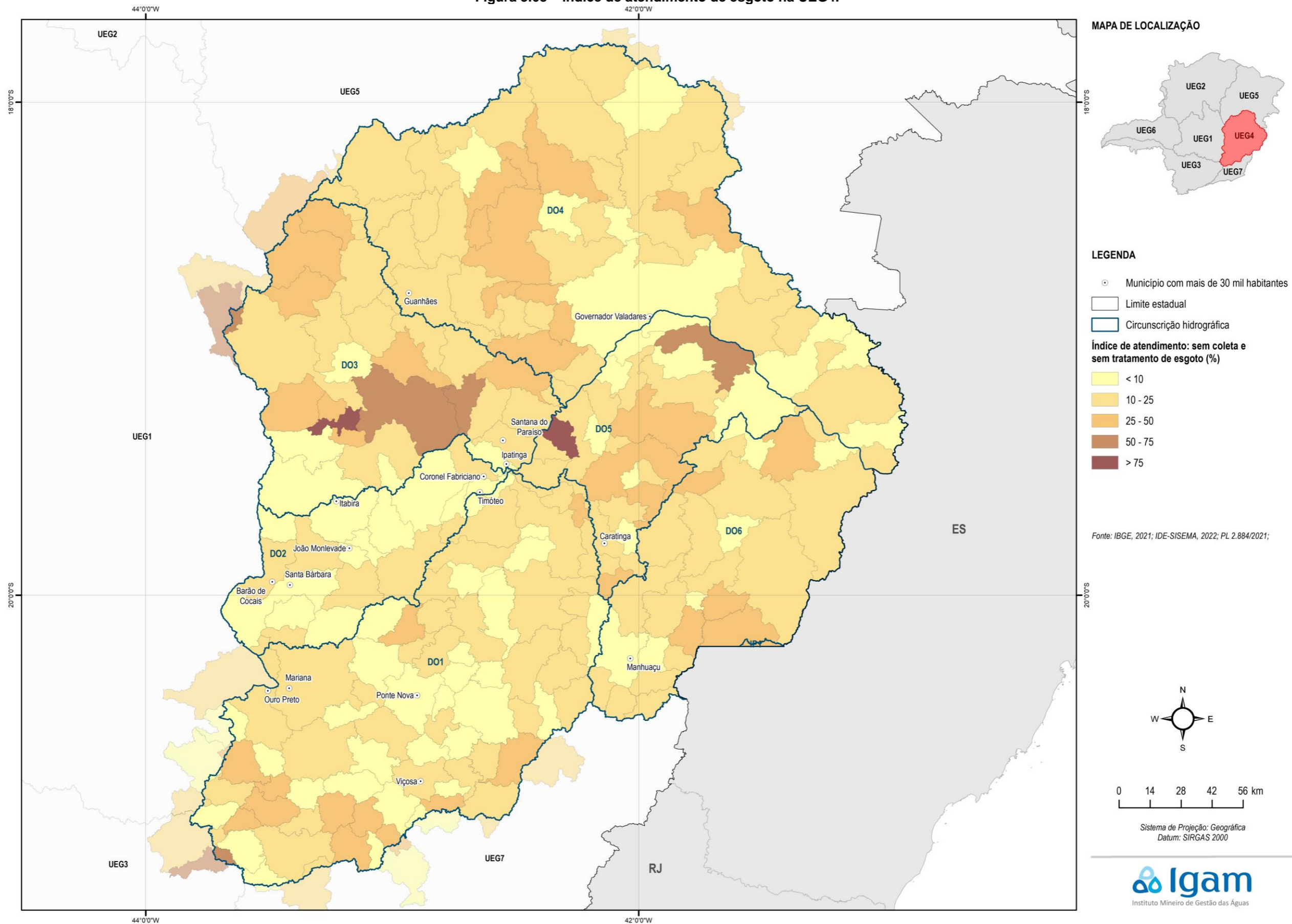
Do Quadro 3.50 e do mapa da Figura 3.68, pode-se observar que a maior parte dos municípios cujas sedes se encontram dentro da UEG4 se enquadram na faixa 2, ou seja, entre 10% e 25% da população sem atendimento dos serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Os municípios enquadrados nas piores faixas, com 50% ou mais da população sem atendimento, se encontram nas CHs DO3 e DO5, sendo eles: Ferros, Joanésia e São Sebastião do Rio Preto, na CH DO3 e Bugre e Tumiritinga, na CH DO5.

Merecem destaque ainda municípios como Caratinga (CH DO5), Coronel Fabriciano (CH DO2), Governador Valadares (CH DO4), Itabira (CH DO2), Mariana (CH DO1), Ouro Preto (CH DO1) e Viçosa (CH DO1), que se encontram nas faixas 1 e 2, ou seja, com menos de 25% da população sem atendimento, mas que em números absolutos, têm montantes populacionais significativos não atendidos por coleta e tratamento de esgotos.

Por fim, vale lembrar que a CH IP1 não apresenta nenhuma sede municipal dentro de sua área, apresentando valor nulo no Quadro 3.50. A CH IP1 encontra-se inserida totalmente no município de Lajinha.

Figura 3.68 – Índice de atendimento de esgoto na UEG4.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



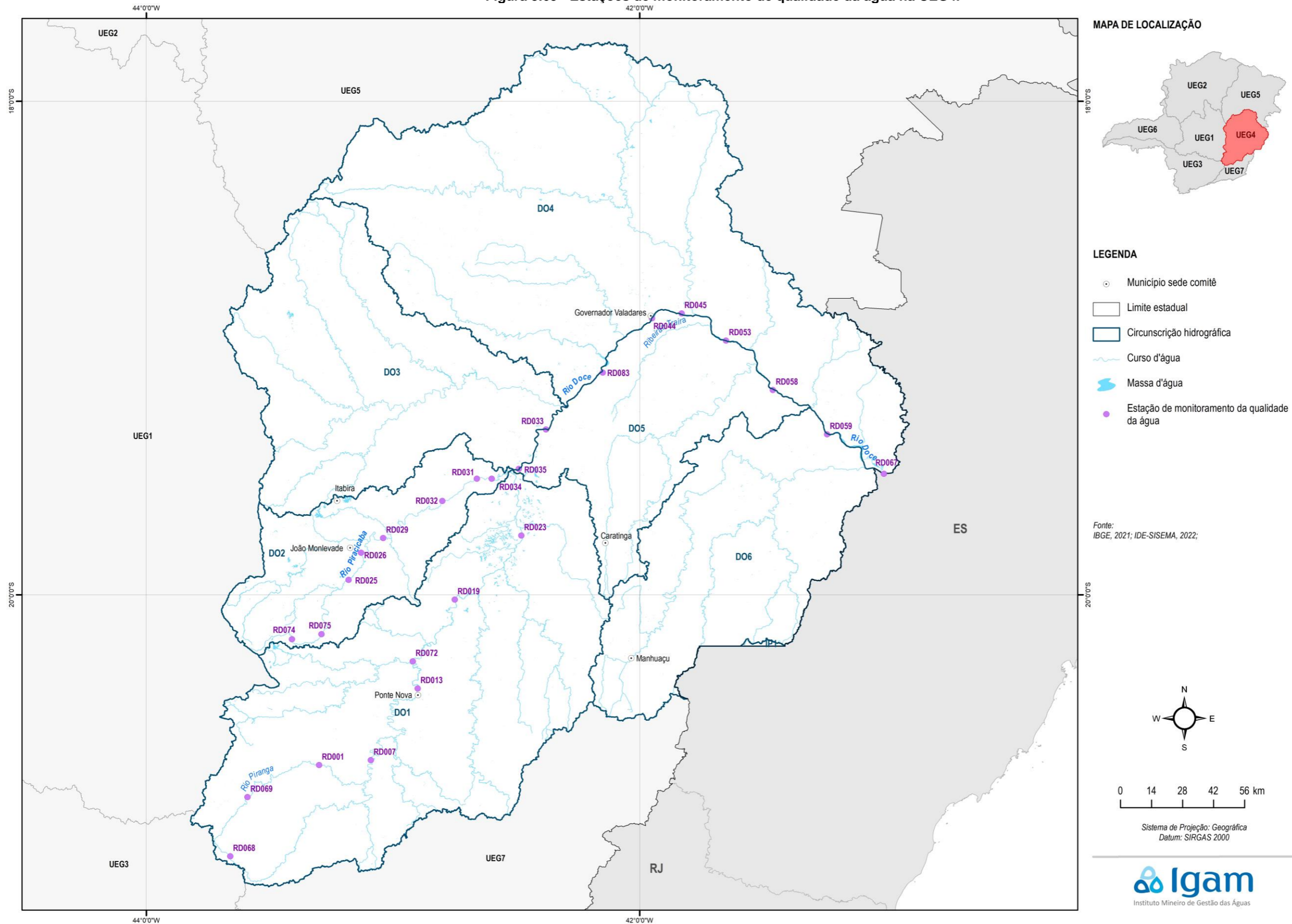
3.4.3.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água da UEG4 é apresentada na Figura 3.69.

Em seguida, é apresentado a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacia do Rio Piracicaba
- Bacias do Rio Piranga e Rio Doce

Figura 3.69 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG4.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



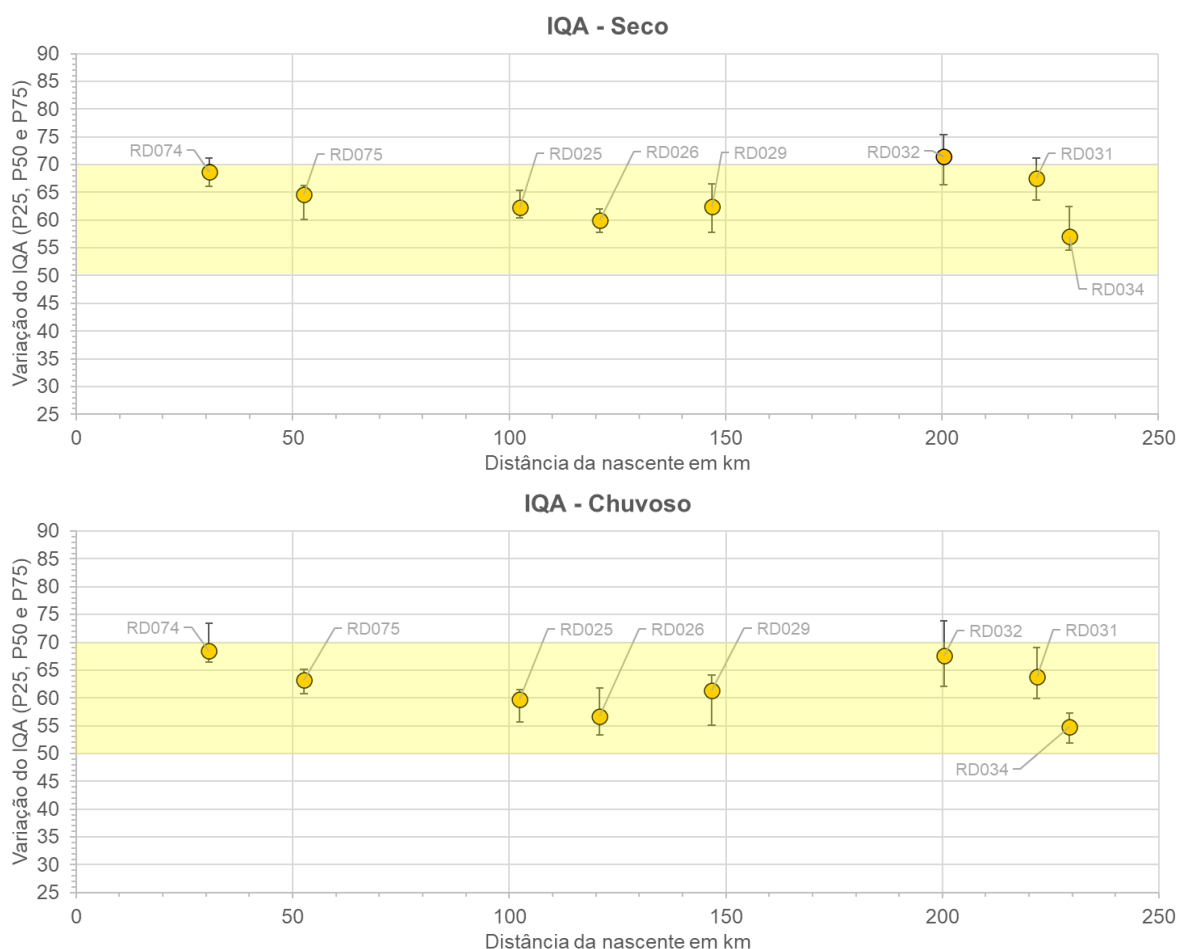
3.4.3.3.1 DO2 – Rio Piracicaba

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Piracicaba (DO2) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.70), IET (Figura 3.71) e CT (Figura 3.72). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.51), e CT ALTA (Fonte: elaboração própria).

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.52).

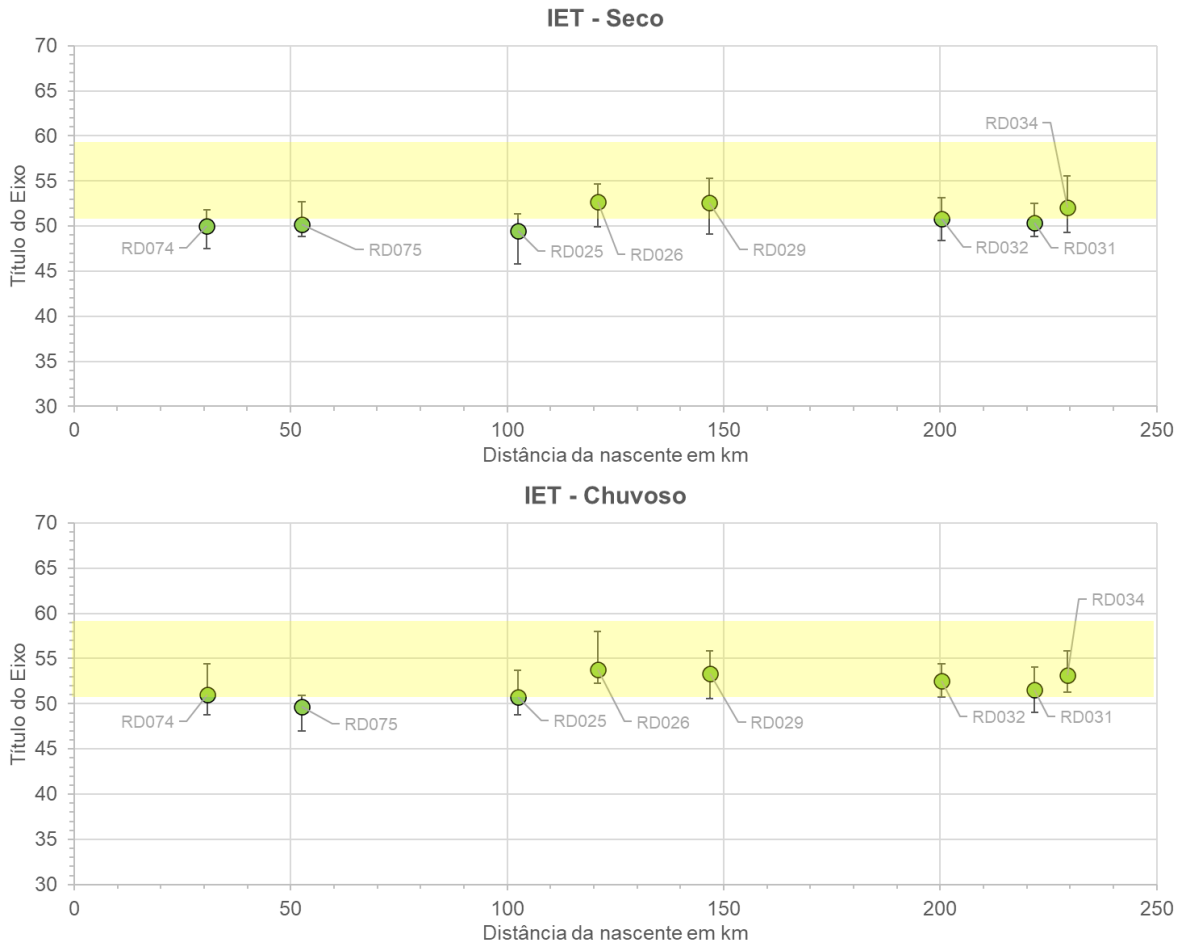
Figura 3.70 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

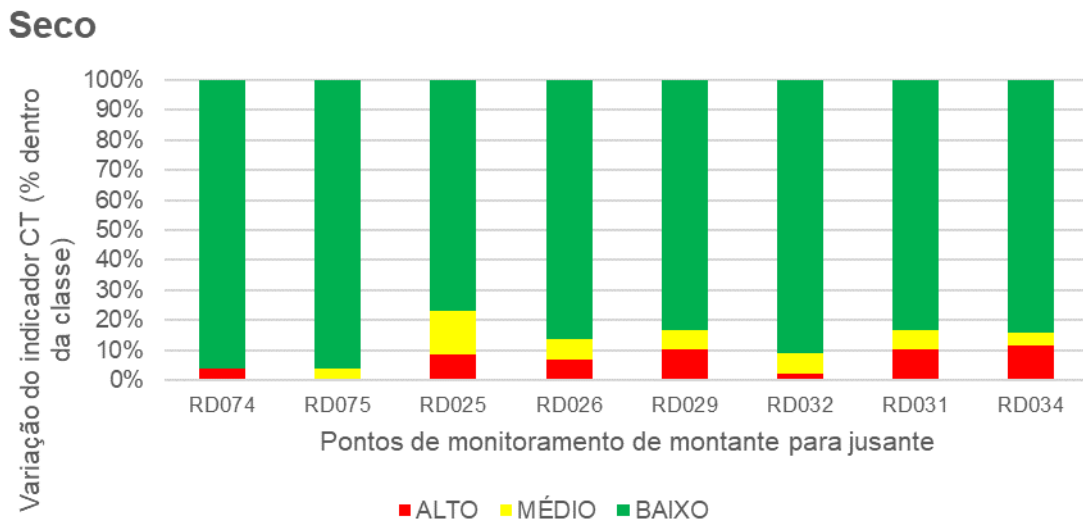


Figura 3.71 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de IET MESOTRÓFICO.

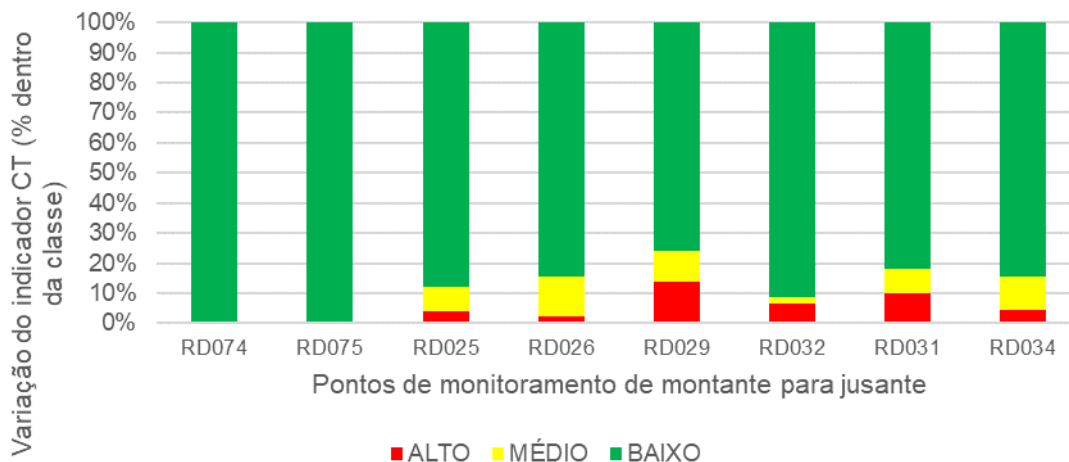


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.72 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Piracicaba (DO2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.51 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Piracicaba (DO2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
RD074	31	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD075	53	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD025	102	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD026	121	0	0	53	0	0	0	0	47	0
RD029	147	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD032	200	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD031	222	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD034	229	0	0	61	0	0	0	0	39	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.52 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Piracicaba (DO2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
RD074	31	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
RD075	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RD025	102	0	17	0	0	0	33	0	17	33	0	0	0	0
RD026	121	0	0	0	0	33	0	0	0	67	0	0	0	0
RD029	147	0	0	0	0	17	0	22	0	61	0	0	0	0
RD032	200	0	0	0	0	25	0	13	0	63	0	0	0	0
RD031	222	0	0	0	0	0	33	0	0	67	0	0	0	0
RD034	229	0	0	0	0	0	17	0	0	83	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

A qualidade da água do Rio Piracicaba ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo na bacia oscilou preferencialmente dentro da classe MÉDIA do IQA em ambos os períodos



climáticos. O estado trófico predominante ao longo do gradiente espacial e climático foi o MESOTRÓFICO. A frequência do CT na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais, de 87% (seco) e 88% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA respondeu por 7% (seco) e 5% (chuvoso).

Ao longo do Rio Piracicaba pode-se destacar dois trechos nos quais se verifica uma piora dos indicadores de qualidade da água, são eles: (a) no trecho médio, entre a sede de Rio Piracicaba e a confluência com o Rio do Peixe (RD025, RD026 e RD029), e (b) trecho final, ao longo da sede urbana de Coronel Fabriciano (RD031 e RD034).

No primeiro trecho destaca-se como fatores de pressão a atividade minerária – ao longo rio principal, no município de Rio Piracicaba, e nas cabeceiras do Rio Santa Bárbara e Rio do Peixe, em Itabira – e as cargas urbanas (domésticas, drenagem urbana e industriais), com destaque para as sedes de João Monlevade (Índice de coleta de esgoto - IN015=90%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=NI), Santa Barbara (IN015=80%; IN016=NI), Barão dos Cocais (IN015=100%; IN016=NI) e Itabira (IN015=77,5%; IN016=61,3%). No trecho final, destaca-se as cargas urbanas de Coronel Fabriciano (IN015=75,6%; IN016=55,9%). Entre os trechos destacados, a bacia é predominantemente rural com boa representatividade de remanescentes da Mata Atlântica e áreas de pastagem, o que favorece uma recuperação dos indicadores de qualidade da água (RD032).

Coliformes termotolerantes e turbidez foram responsáveis pela piora do IQA (RUIM e MUITO RUIM) de forma consistente ao longo de todo o gradiente espacial do rio Piracicaba. Coliformes pode estar relacionado tanto com as cargas remanescentes dos esgotos domésticos das principais sedes urbanas, quanto com a carga difusa, especialmente durante o período chuvoso, gerada nas áreas de pastagens. Fatores de pressão presentes na bacia que se relacionam com a produção de sedimentos e, conseqüentemente, elevação da turbidez das águas são as áreas urbanas (drenagem urbana e esgotos domésticos), atividade agropastoril e mineração.

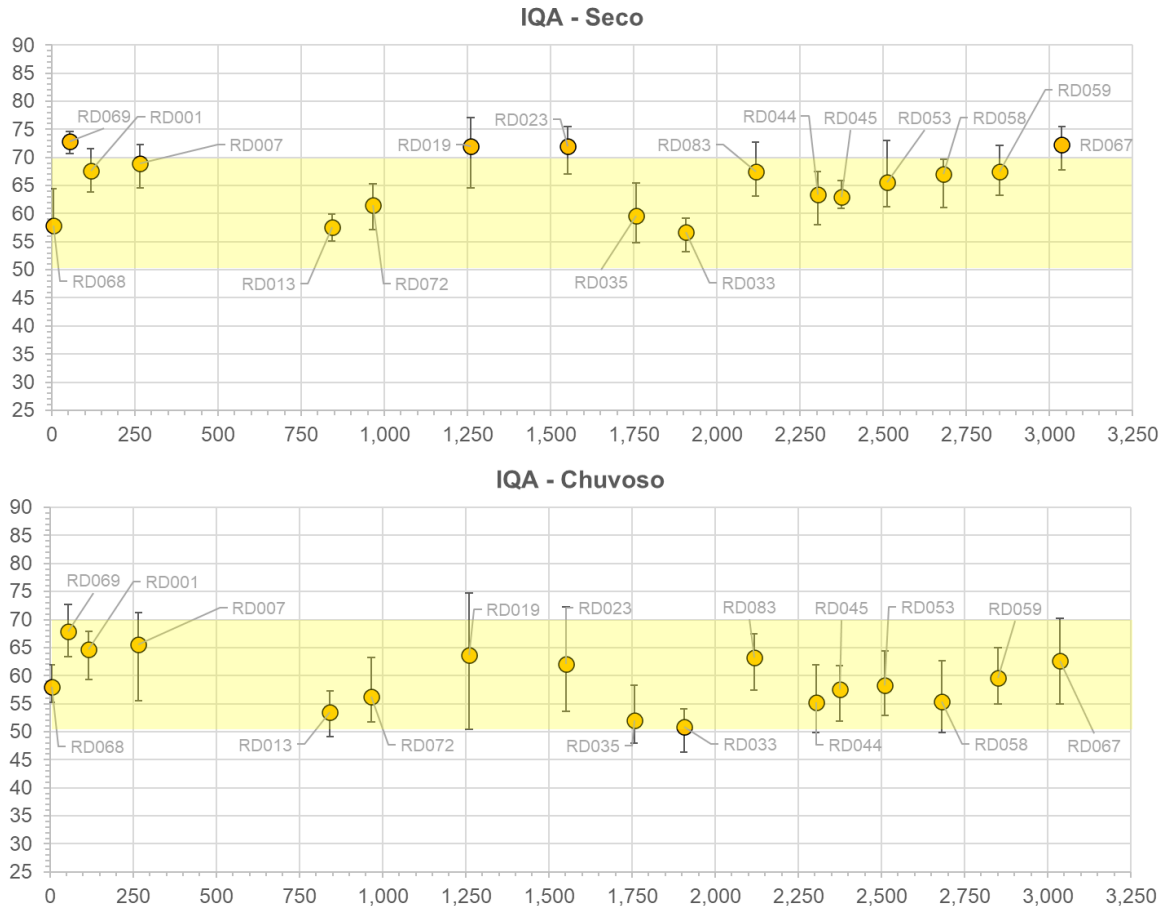
Os principais parâmetros que contribuíram para um CT ALTO ao longo do Rio Piracicaba foram: chumbo, cobre, cianeto e fenóis. Considerando os fatores de pressão presentes na bacia, pode-se relacionar chumbo, cianeto e cobre, principalmente, com a mineração, efluentes industriais do setor metalúrgico (Pb e Cu) e químico (Cn) e cargas difusas de áreas urbanas (resíduos veiculares). Cobre e chumbo possuem relação ainda com as áreas agrícolas e de pecuária (pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo). Nesse contexto, vale destacar que bolsões de chumbo são constatados no solo nos arredores de Itabira, enquanto cobre está presente nos solos de Barão dos Cocais em elevadas concentrações (CPRM, 2016). A atividade mineradora existente nessas porções da bacia potencializa a liberação desses metais para a rede de drenagem a jusante.

Fatores de pressão existentes na bacia do Rio Piracicaba que podem se relacionar com fenóis são: carga de lavagem (exaustão veicular) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e efluentes industriais (setores metalúrgico e químico).

3.4.3.3.2 Rio Piranga/Doce

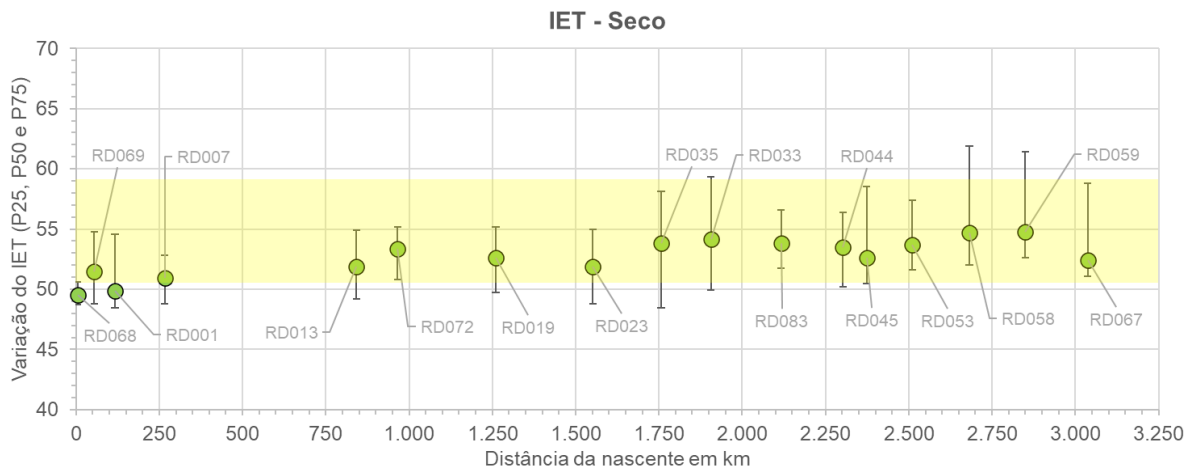
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Doce ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.73), IET (Figura 3.74) e CT (Figura 3.75). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.53), e CT ALTA (Quadro 3.54).

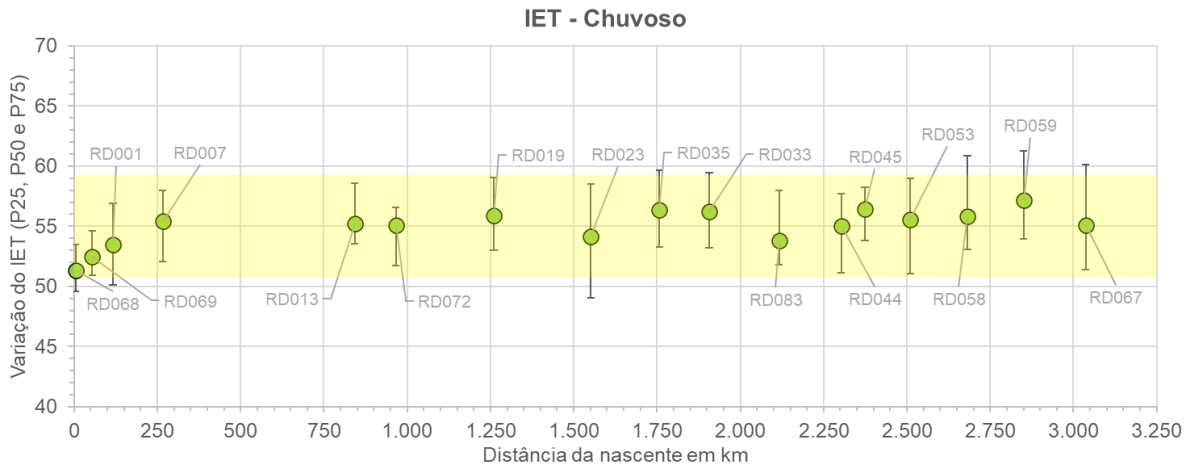
Figura 3.73 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.74 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

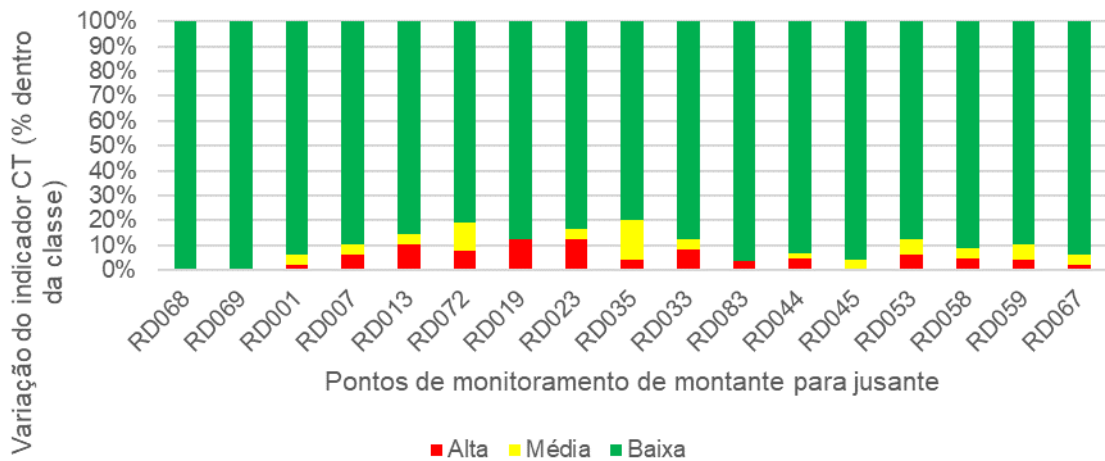




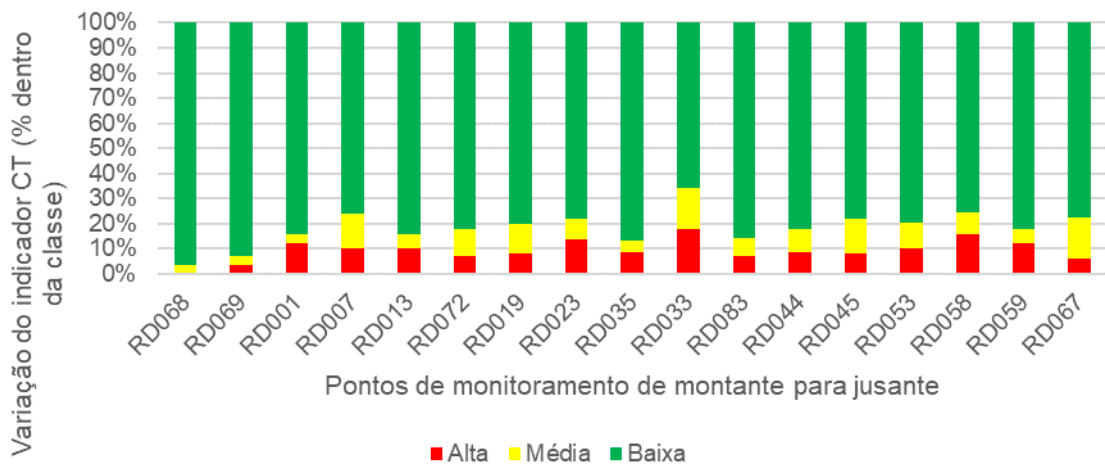
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.75 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Piranga e Rio Doce (UEG4). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.



Quadro 3.53 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Piranga e Rio Doce (UEG4).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
RD068	5	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD069	55	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD001	117	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD007	266	0	0	48	0	0	0	4	48	0
RD013	842	0	1	48	0	2	0	5	44	0
RD072	966	0	0	49	0	0	0	2	49	0
RD019	1260	0	0	47	0	0	0	6	47	0
RD023	1552	0	0	47	1	0	0	4	47	0
RD035	1757	0	0	55	0	0	0	1	44	0
RD033	1906	0	0	54	0	0	0	1	44	0
RD083	2117	0	0	54	2	0	0	0	45	0
RD044	2303	0	0	48	1	0	0	3	48	0
RD045	2374	0	0	48	1	0	0	2	48	0
RD053	2511	0	0	50	0	0	0	0	50	0
RD058	2682	0	0	49	0	0	0	3	49	0
RD059	2850	0	0	48	1	0	0	2	48	0
RD067	3037	0	0	48	0	0	0	4	48	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.54 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Piranga e Rio Doce (UEG4).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
RD068	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RD069	55	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
RD001	117	0	0	0	0	0	25	75	0	0	0	0	0	0
RD007	266	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0	0	25
RD013	842	0	0	0	0	0	17	25	0	58	0	0	0	0
RD072	966	0	33	0	17	33	0	0	0	0	0	0	0	17
RD019	1260	0	0	0	0	20	0	47	0	33	0	0	0	0
RD023	1552	0	0	0	11	33	0	0	0	39	11	0	0	6
RD035	1757	0	0	0	14	43	14	7	0	21	0	0	0	0
RD033	1906	0	0	0	17	39	0	17	0	28	0	0	0	0
RD083	2117	0	0	0	33	67	0	0	0	0	0	0	0	0
RD044	2303	17	0	0	17	58	0	0	8	0	0	0	0	0
RD045	2374	0	0	0	0	83	0	0	17	0	0	0	0	0
RD053	2511	0	0	0	14	43	14	14	7	7	0	0	0	0
RD058	2682	6	0	0	19	56	0	13	0	6	0	0	0	0
RD059	2850	0	0	0	21	50	0	14	0	14	0	0	0	0
RD067	3037	0	0	0	22	44	0	33	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O IQA durante o período seco oscilou ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo do Rio Doce, predominantemente, dentro da faixa da classe MÉDIA, com baixa frequência na classe BOA. Durante o período chuvoso o IQA oscilou com predomínio na faixa da classe MÉDIA. Pode-se notar uma piora da qualidade da água em relação ao período seco ao longo de todo o gradiente espacial do Rio Doce. Com relação ao IET, o Rio Doce se mantém em grande parte no nível MESOTRÓFICO, ao longo de todo o gradiente climático e espacial.

Nesse contexto, valores mais baixos (P50) do IQA são observados em três trechos particularmente: (a) no trecho alto (DO1-Rio Piranga) – entre km 750 e km 1.000 – estações RD013 e RD072, a jusante do Rio do Carmo, que drena as cargas das zonas urbanas de Ouro Preto (Índice de coleta de esgoto - IN015=51,5%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=1,1%) e Mariana (IN015=75%; IN016=NI), bem como drenagens da atividade de mineração na cabeceira da bacia (RD013); (b) entre km 1.750 e km 2.000 – estação RD035, a jusante do Rio Piracicaba, que drena as cargas remanescentes de zonas urbanas como Itabira, João Monlevade e Coronel Fabriciano e de áreas de mineração na cabeceira da bacia, e sede urbana de Ipatinga na margem esquerda do rio; e (c) entre km 2.250 e km 2.500 – estações RD044 e RD045, trecho sob influência da sede urbana de Governador Valadares (IN015=85%; IN016=NI). Nesses trechos, observa-se uma frequência maior dentro da classe RUIM durante o período chuvoso.

Vale salientar, por outro lado, a boa capacidade em recuperar bons níveis de qualidade da água nos trechos intermediários. Destaca-se o trecho final do Rio Doce, a jusante de Governador Valadares, que mostra uma tendência gradual de melhoria na qualidade da água.

Com relação a CT, no período chuvoso, ainda que o indicador apresente predominância da classe BAIXA (> 80% em média), há uma tendência de incremento ao longo de todo o perfil longitudinal em termos percentuais das faixas MÉDIA e ALTA em relação ao período seco, com destaque para os trechos indicados. Na estação RD033 a soma dos percentuais das classes MÉDIA e ALTA atingem o máximo ao longo do gradiente espacial no período chuvoso, respondendo por 34% das observações. Essa estação situa-se a jusante das principais pressões antrópicas da bacia e, localmente, a jusante da indústria de celulose CENIBRA.

O indicador CT, no período seco, se apresenta ao longo do gradiente espacial do Rio Piranga e Rio Doce com elevada permanência dentro da classe BAIXA (acima de 80%). Contaminação por tóxicos na faixa ALTA mostra-se abaixo de 10% ao longo de todo gradiente espacial no período seco. No Rio Piranga, percentuais acima de 10% na classe ALTA são observados nas estações RD019 e RD023, situadas a jusante da entrada do Rio do Carmo.

Assim como observado para o Rio Piracicaba, coliformes termotolerantes e turbidez foram responsáveis pela piora do IQA (RUIM e MUITO RUIM) de forma consistente ao longo de todo o gradiente espacial do Rio Piranga e Rio Doce. Coliformes relaciona-se tanto com as cargas remanescentes dos esgotos domésticos das principais sedes urbanas mencionadas, quanto com a carga difusa, especialmente durante o período chuvoso, das áreas de pastagens. Fatores de pressão presentes na bacia que se relacionam com a geração de sedimentos e, conseqüentemente, elevação da turbidez da água são as áreas urbanas, atividade agropastoril e a atividade mineradora, nas bacias do Rio do Carmo e Rio Piracicaba.

Nesse contexto, é importante destacar que a jusante da confluência com o Rio do Carmo (RD072) os dados históricos de turbidez são influenciados pelo rompimento da Barragem do

Fundão (Empresa Samarco) ocorrida em 2015. De acordo com o IGAM (2023b) os dados de turbidez no Rio Doce não retornaram à normalidade principalmente durante o período chuvoso, momento em que a carga de sedimento remanescente do rompimento ainda presente no leito do Rio do Carmo e Rio Doce, pode ser remobilizado e, assim, incrementando a turbidez do manancial, além de outros contaminante adsorvidos, tais como metais pesados e arsênio.

Com relação ao CT, destaca-se fenol, cádmio, chumbo e cobre como os principais parâmetros responsáveis pela classificação ALTA ao longo do Rio Doce. Cádmio e chumbo contribuíram para um CT ALTO a jusante do Rio do Carmo e Rio Piracicaba, o que pode estar relacionado com a atividade mineradora nessas bacias. Chumbo e cádmio estão presente no solo em altas concentrações na bacia do Rio Piracicaba e Rio do Carmo. Outros bolsões de cádmio são encontrados no solo na bacia do Rio Manhuaçu, enquanto chumbo é encontrado em elevadas concentrações nas bacias do Rio Santo Antônio e do Rio Suaçuí (CPRM, 2016). Nesse contexto, a presença de cádmio e chumbo no solo e na água também pode estar relacionada com a atividade agropastoril, já que esses metais estão presentes em pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo.

Cobre aparece como responsável pelo CT ALTO ainda na cabeceira do Rio Doce, em zona predominantemente rural. Logo, esse elemento pode estar relacionado com a atividade agropastoril (pesticidas, fertilizantes e corretivos) no trecho. Por estar presente no solo em elevadas quantidades na cabeceira das bacias do Rio Piracicaba e do Rio do Carmo (CPRM, 2016), a atividade mineradora nessas bacias pode ser um fator de pressão que contribui para a presença do metal na água ao longo do Rio Doce.

Nesse sentido, vale mencionar que embora arsênio na água não contribua para um CT ALTO, esse constituinte apresenta teores decrescentes ao longo da bacia do rio Doce, no sentido montante para jusante (IGAM, 2023b). De acordo IGAM (2023b) este pode ser um indício de que a contaminação por este elemento tenha origem no rompimento da barragem de Fundão, podendo também estar associada à presença deste elemento nos sedimentos anteriores ao desastre. Para cádmio, chumbo e cobre nos sedimentos do Rio Doce, no entanto, o estudo sugere que possam existir outras fontes de contaminação desses metais, além do desastre ocorrido em Mariana, devido ao comportamento espacial encontrado.

De maneira geral, as sedes urbanas, através da drenagem urbana e efluentes industriais, também são fatores de pressão que tem relação com os metais pesados destacados.

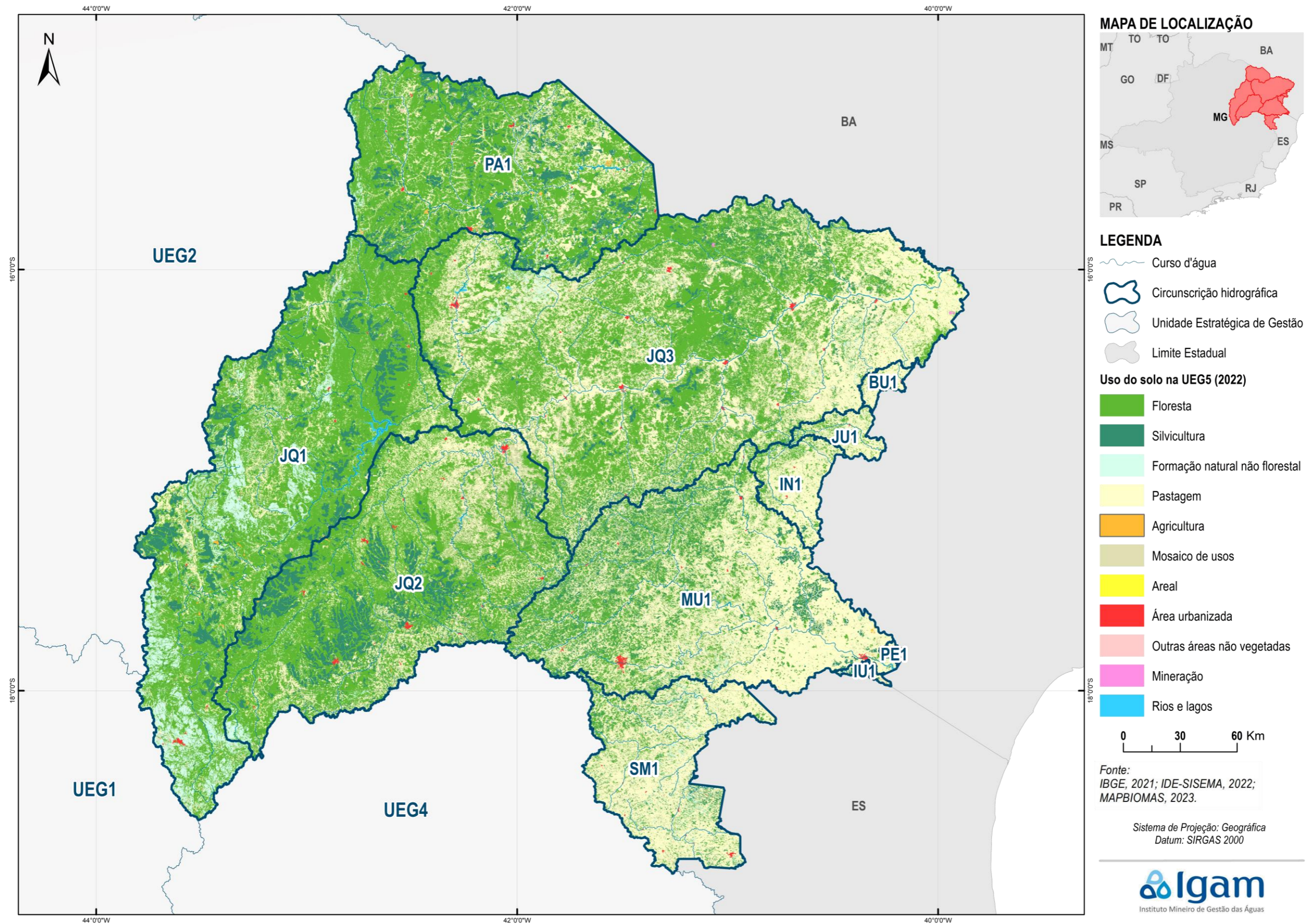
Com relação aos fenóis destaca-se os seguintes fatores de pressão: carga de lavagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e efluentes industriais (setores metalúrgico e resíduos).

3.4.4 Afluentes do Rio Jequitinhonha (UEG5)

3.4.4.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.76 apresenta o uso e cobertura do solo para o ano de 2022 para a UEG5. O Quadro 3.55 detalha as áreas das classes de uso e cobertura do solo na UEG e em suas CHs, para o ano de 2022.

Figura 3.76 - Uso e Cobertura do Solo na UEG5 para o ano de 2022.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Quadro 3.55 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG5 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG5 (km ²)	BU1 (km ²)	IN1 (km ²)	IU1 (km ²)	JQ1 (km ²)	JQ2 (km ²)	JQ3 (km ²)	JU1 (km ²)	MU1 (km ²)	PA1 (km ²)	PE1 (km ²)	SM1 (km ²)	%
Área urbanizada	225,8	0,9	2,6	0,5	21,2	51,0	63,3	0,9	45,1	25,8	1,5	13,0	0,2%
Agricultura	100,3	0,0	0,0	0,2	31,5	29,8	1,4	0,0	6,4	24,6	2,6	4,0	0,1%
Floresta	48.503,6	24,7	317,4	5,8	12.429,0	9.110,7	13.657,2	149,8	4.003,6	7.943,4	1,9	860,0	47,8%
Formação Natural não Florestal	4.101,0	10,1	21,1	0,7	2.647,7	256,2	567,1	16,5	154,8	243,9	0,6	182,5	4,0%
Mineração	10,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	8,1	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	0,0%
Mosaico de Usos	10.057,8	19,2	140,0	13,3	904,2	1.653,6	3.933,2	74,7	1.783,8	712,8	18,2	804,6	9,9%
Outras áreas não vegetadas	365,7	0,2	0,5	2,2	107,4	69,8	80,4	0,1	9,7	88,9	1,0	5,5	0,4%
Pastagem	28.726,2	270,1	986,8	68,3	1.724,7	2.828,4	9.682,2	440,5	7.105,4	2.103,1	56,8	3.460,0	28,3%
Rios e lagos	385,7	0,1	0,6	0,1	138,9	30,1	130,9	0,4	37,8	42,1	0,1	4,5	0,4%
Silvicultura	8.961,6	4,0	48,7	37,4	1.962,4	2.259,4	1.346,8	27,5	1.435,6	1.561,2	0,5	278,1	8,8%
Total	101.438,0	329,2	1.517,7	128,4	19.967,8	16.288,9	29.470,5	710,4	14.582,4	12.747,0	83,3	5.612,3	100,0%

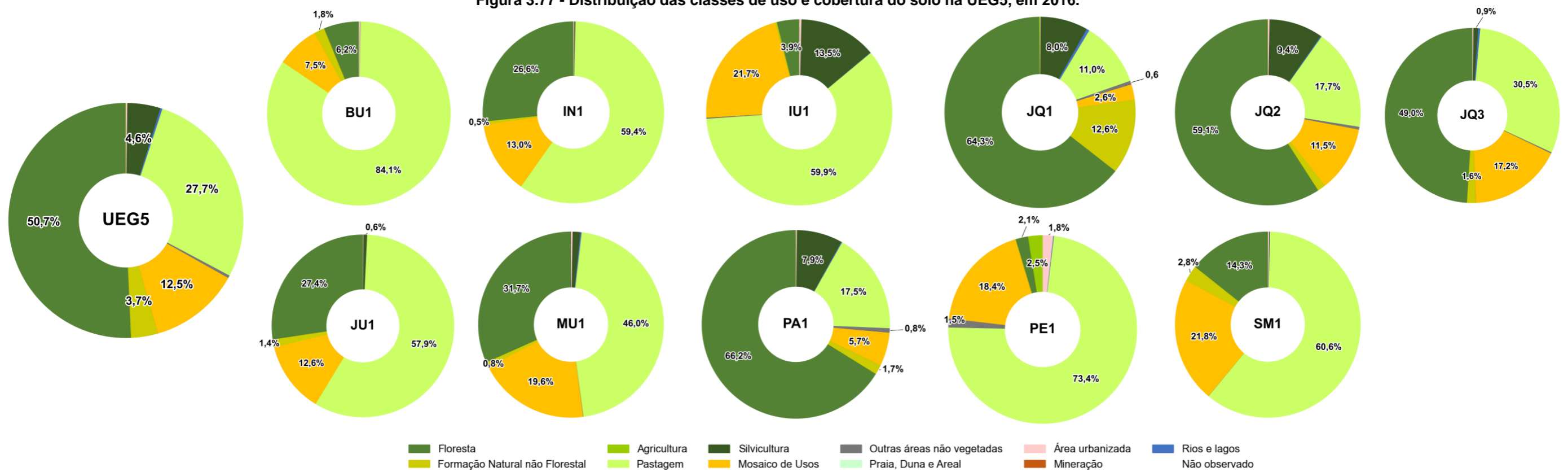
Fonte: elaboração própria

A Figura 3.77 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.78 para o ano de 2022, para avaliar a evolução histórica para a UEG5 e suas CHs.

A UEG dos Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo se caracteriza pela predominância de formações florestais e pastagens, o que se manteve entre 2016 e 2022. Em 2016, 50,7% da área era ocupada por Floresta e 27,7% por áreas de Pastagem. Destacam-se, também, as classes de Mosaico de Usos (12,5%) e de Silvicultura (4,6%).

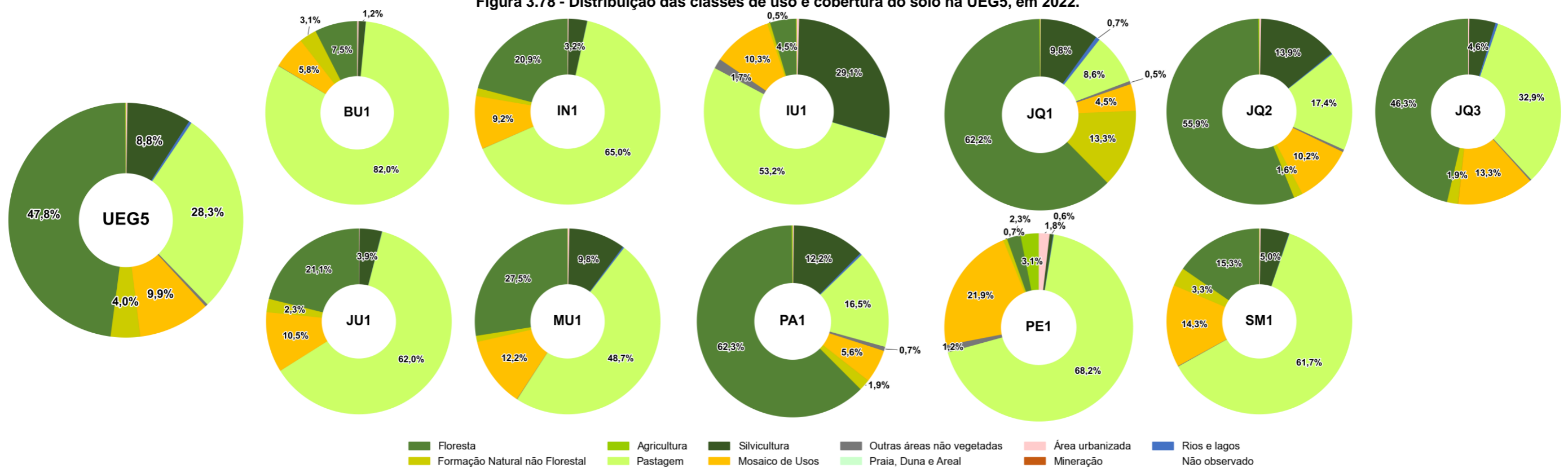
Em 2022, a distribuição das classes apresenta crescimento nas classes de Pastagem (27,7% para 28,3%) e de Silvicultura (4,6% para 8,8%). Ainda, destaca-se a perda da extensão de Florestas (decréscimo de 50,7% para 47,8% de 2016 para 2022), classe que na UEG5 abrange Formações Florestais e Savânicas.

Figura 3.77 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG5, em 2016.



Fonte: elaboração própria

Figura 3.78 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG5, em 2022.



Fonte: elaboração própria



3.4.4.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.4.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.4.2.1.1 Solos

O Quadro 3.56 apresenta os quantitativos por classe de solo e a Figura 3.79 apresenta a distribuição espacial das classes de solo na UEG5.

O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6.

Observa-se do Quadro 3.56 que predomina na UEG5 o latossolo, que corresponde a pouco mais de 50% da área da UEG. A classe cambissolo também se espalha por extensas manchas, principalmente nas porções altas da bacia do rio Jequitinhonha, nas CHs JQ1 e JQ2, sendo também significativa na CH PA1, como pode ser observado no mapa da Figura 3.79. Nesta última, a classe cambissolo ocorre às margens dos cursos d'água. Nas CHs JQ2 e JQ3 ocorrem grandes áreas de argissolo. Na CH JQ1, em suas regiões de cabeceira, já junto à divisa com a bacia do rio São Francisco, ocorrem áreas de neossolo litólico. Observam-se ainda, pequenas manchas de nitossolo, espalhadas pelas CHs JQ2 e JQ3. Nas CHs MU1 e SM1 predomina o latossolo.

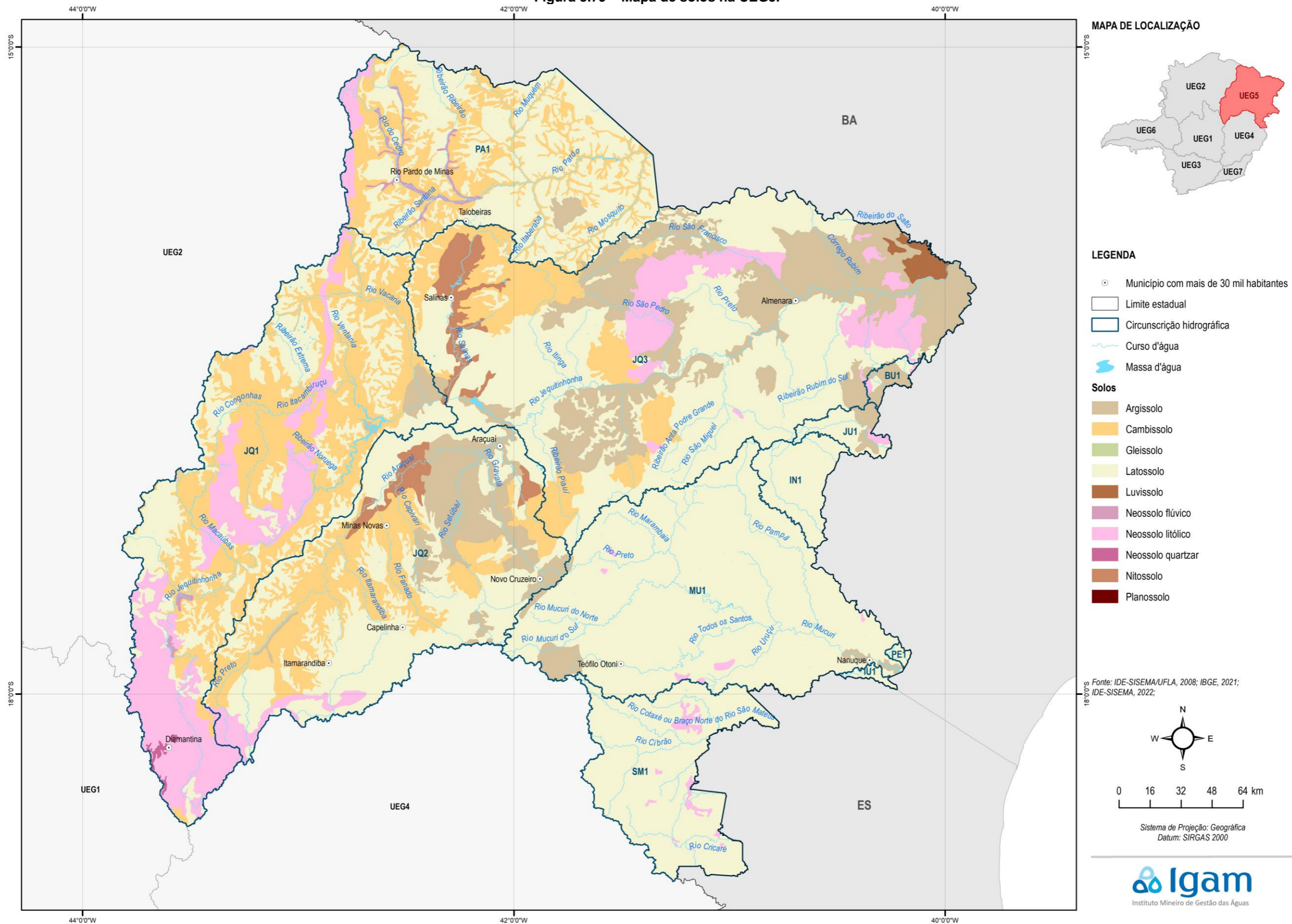
Quadro 3.56 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG5.

Classes de solo	UEG5		BU1		IN1		IU1		JQ1		JQ2		JQ3		JU1		MU1		PA1		PE1		SM1	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	1.200,65	1,14%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-	-	-	1.200,34	13,03%
Argissolo Vermelho-Amarelo	12.478,84	11,88%	242,74	68,97%	-	-	0,68	0,45%	338,84	1,69%	2.943,25	18,07%	8.030,65	27,22%	194,06	27,49%	517,64	3,57%	209,75	1,66%	-	-	1,23	0,01%
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háplico	22.770,70	21,67%	-	-	-	-	-	-	8.518,80	42,40%	4.824,95	29,62%	3.756,89	12,73%	-	-	0,71	0,00%	4.470,29	35,29%	-	-	1.199,07	13,01%
Cambissolo Húmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Melânico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Amarelo	4.241,29	4,04%	-	-	-	-	-	-	45,42	0,23%	360,36	2,21%	2.559,72	8,68%	-	-	-	-	1.275,80	10,07%	-	-	-	-
Latossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	10.270,60	9,78%	-	-	-	-	-	-	3.668,11	18,26%	4.183,69	25,68%	2.418,81	8,20%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho-Amarelo	42.592,34	40,54%	79,56	22,60%	1.533,69	100%	149,71	99,55%	2.346,32	11,68%	2.764,56	16,97%	8.817,39	29,89%	462,73	65,55%	13.891,27	95,78%	6.014,84	47,48%	50,01	100%	6.482,26	70,36%
Luvissolo Crômico	372,36	0,35%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	372,36	1,26%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	353,71	0,34%	-	-	-	-	-	-	62,78	0,31%	-	-	-	-	-	-	-	-	290,93	2,30%	-	-	-	-
Neossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Litólico	26,74	0,03%	-	-	-	-	-	-	26,74	0,13%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Quartzarênico	81,88	0,08%	-	-	-	-	-	-	81,88	0,41%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Vermelho	1.610,92	1,53%	-	-	-	-	-	-	11,51	0,06%	621,40	3,81%	978,02	3,32%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras Áreas	9.056,26	8,62%	29,67	8,43%	-	-	-	-	4.990,53	24,84%	590,77	3,63%	2.567,24	8,70%	49,13	6,96%	93,18	0,64%	405,52	3,20%	-	-	330,23	3,58%
Planossolo Háplico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	105.056,29	100	351,97	100%	1.533,69	100%	150,40	100%	20.090,92	100%	16.288,97	100%	29.501,06	100%	705,92	100%	14.503,10	100%	12.667,12	100%	50,01	100%	9.213,14	100%

Fonte: elaboração própria.



Figura 3.79 – Mapa de solos na UEG5.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.4.2.1.2 Cobertura vegetal

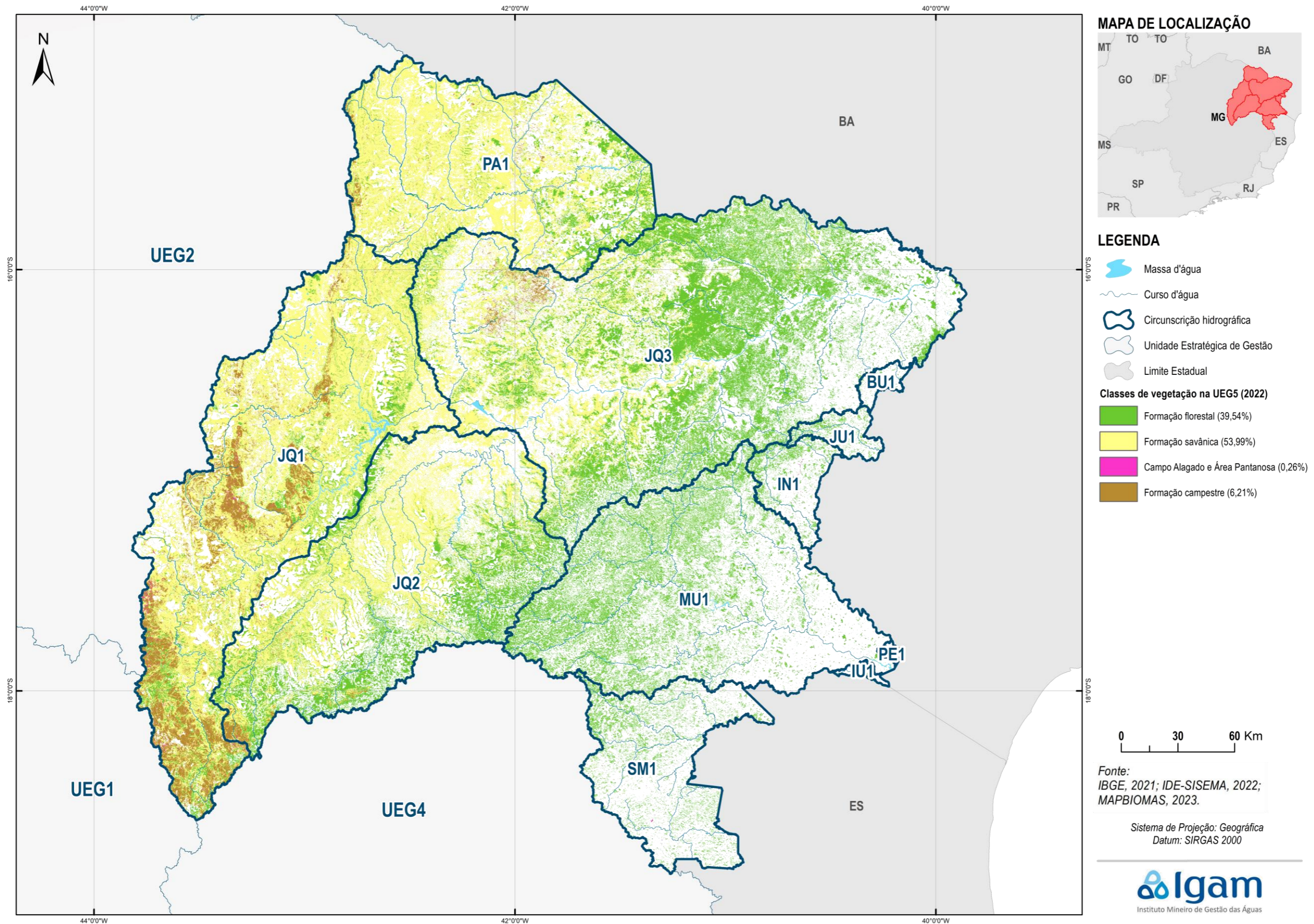
O Quadro 3.57 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.80 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG5.

Quadro 3.57 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG5.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG5	(km ²)	136,1	3.219,35	20.504,96	27.998,6
	(%)	0,26%	6,21%	39,54%	53,99%
BU1	(km ²)	0,09	-	24,67	-
	(%)	0,37%	-	99,63%	-
IN1	(km ²)	3,89	-	317,37	-
	(%)	1,21%	-	98,79%	-
IU1	(km ²)	0,57	-	5,79	-
	(%)	8,96%	-	91,04%	-
JQ1	(km ²)	91,65	2.541,92	1.721,09	10.707,92
	(%)	0,61%	16,88%	11,43%	71,09%
JQ2	(km ²)	16,78	194,24	3.695,41	5.415,31
	(%)	0,18%	2,08%	39,64%	58,09%
JQ3	(km ²)	3,26	259,30	8.569,04	5.088,17
	(%)	0,02%	1,86%	61,56%	36,55%
JU1	(km ²)	0,96	-	149,79	-
	(%)	0,64%	-	99,36%	-
MU1	(km ²)	2,99	0,44	3.917,15	86,42
	(%)	0,07%	0,01%	97,76%	2,16%
PA1	(km ²)	10,19	223,45	1.263,39	6.680,05
	(%)	0,12%	2,73%	15,45%	81,69%
PE1	(km ²)	0,23	-	1,95	-
	(%)	10,70%	-	89,30%	-
SM1	(km ²)	5,49	-	839,31	20,73
	(%)	0,63%	-	96,97%	2,40%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.80 – Cobertura Vegetal na UEG5.



3.4.4.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.4.2.2.1 Agricultura e pastagem

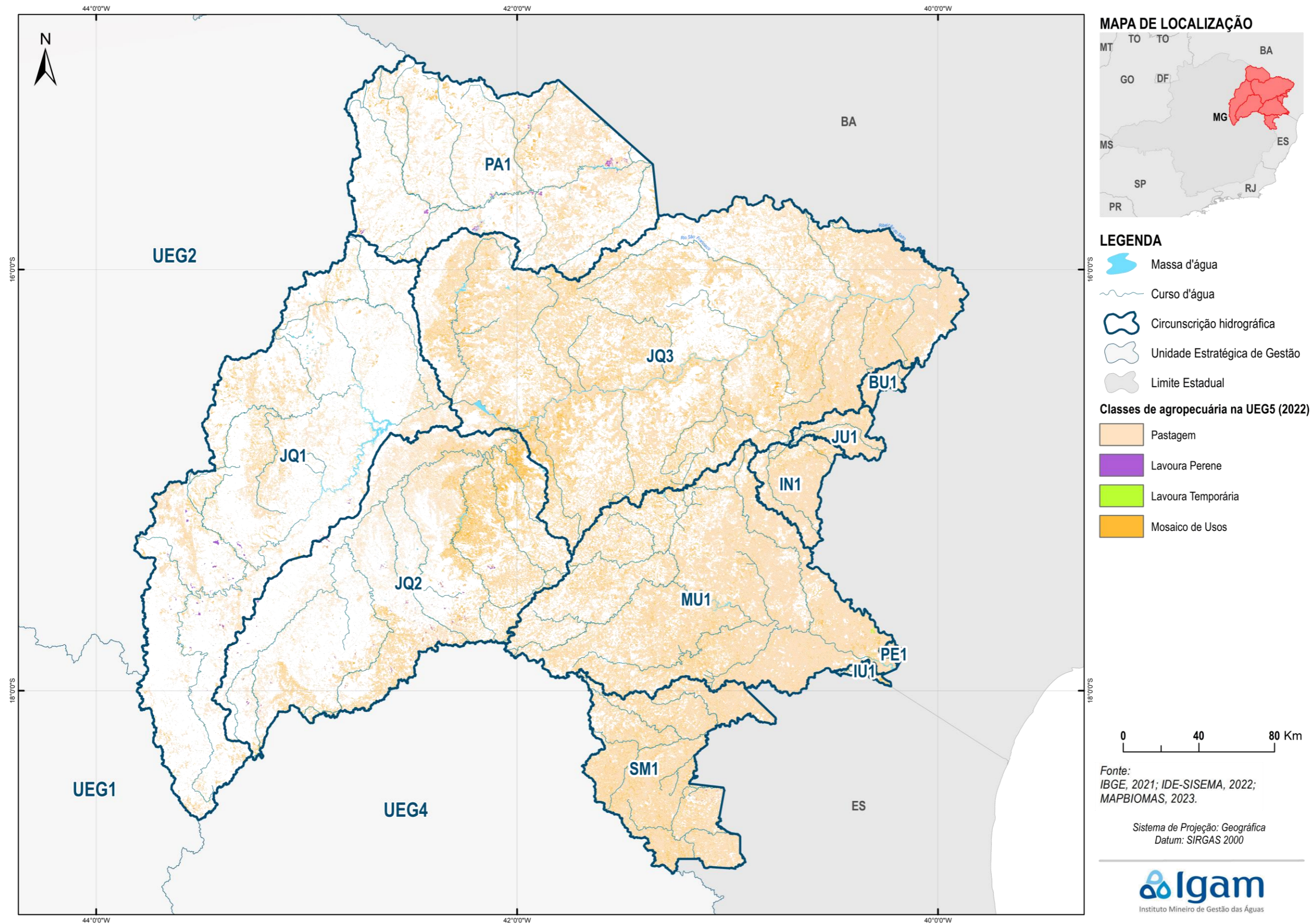
O Quadro 3.58 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.81 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG5.

Quadro 3.58 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG5.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG5	(km ²)	28.726,18	92,08	8,27	10.057,77
	(%)	73,88%	0,24%	0,02%	25,87%
BU1	(km ²)	270,06	-	-	19,21
	(%)	93,36%	-	-	6,64%
IN1	(km ²)	986,79	-	-	140,03
	(%)	87,57%	-	-	12,43%
IU1	(km ²)	68,27	-	0,17	13,27
	(%)	83,55%	-	0,21%	16,24%
JQ1	(km ²)	1.724,72	31,06	0,40	904,21
	(%)	64,83%	1,17%	0,01%	33,99%
JQ2	(km ²)	2.828,45	29,75	-	1.653,61
	(%)	62,69%	0,66%	-	36,65%
JQ3	(km ²)	9.682,17	1,41	-	3.933,24
	(%)	71,10%	0,01%	-	28,89%
JU1	(km ²)	440,50	-	-	74,70
	(%)	85,50%	-	-	14,50%
MU1	(km ²)	7.105,40	1,31	5,10	1.783,84
	(%)	79,88%	0,01%	0,06%	20,05%
PA1	(km ²)	2.103,08	24,58	-	712,79
	(%)	74,04%	0,87%	-	25,09%
PE1	(km ²)	56,78	-	2,60	18,25
	(%)	73,14%	-	3,35%	23,50%
SM1	(km ²)	3.459,96	3,97	-	804,62
	(%)	81,06%	0,09%	-	18,85%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.81 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG5.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.4.2.2 Mineração

O Quadro 3.59 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.82 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG5.

Quadro 3.59 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG5.

Material minerado	JQ1		JQ3		MU1		PA1	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Areia	-	-	0,89	11,03%	-	-	-	-
Berílio	-	-	-	-	-	-	0,63	50,25%
Brita	-	-	0,01	0,13%	-	-	-	-
Feldspato	-	-	0,03	0,33%	-	-	-	-
Grafita	-	-	5,95	73,56%	-	-	-	-
Granito	-	-	1,14	14,08%	-	-	0,44	34,84%
Mineral não cadastrado	-	-	-	-	-	-	0,19	14,84%
Minério de lítio	-	-	-	-	-	-	0,00	0,06%
Pedra corada	-	-	-	-	0,22	100,00%	-	-
Quartzo	0,83	100,00%	-	-	-	-	-	-
Água marinha	-	-	0,07	0,87%	-	-	-	-

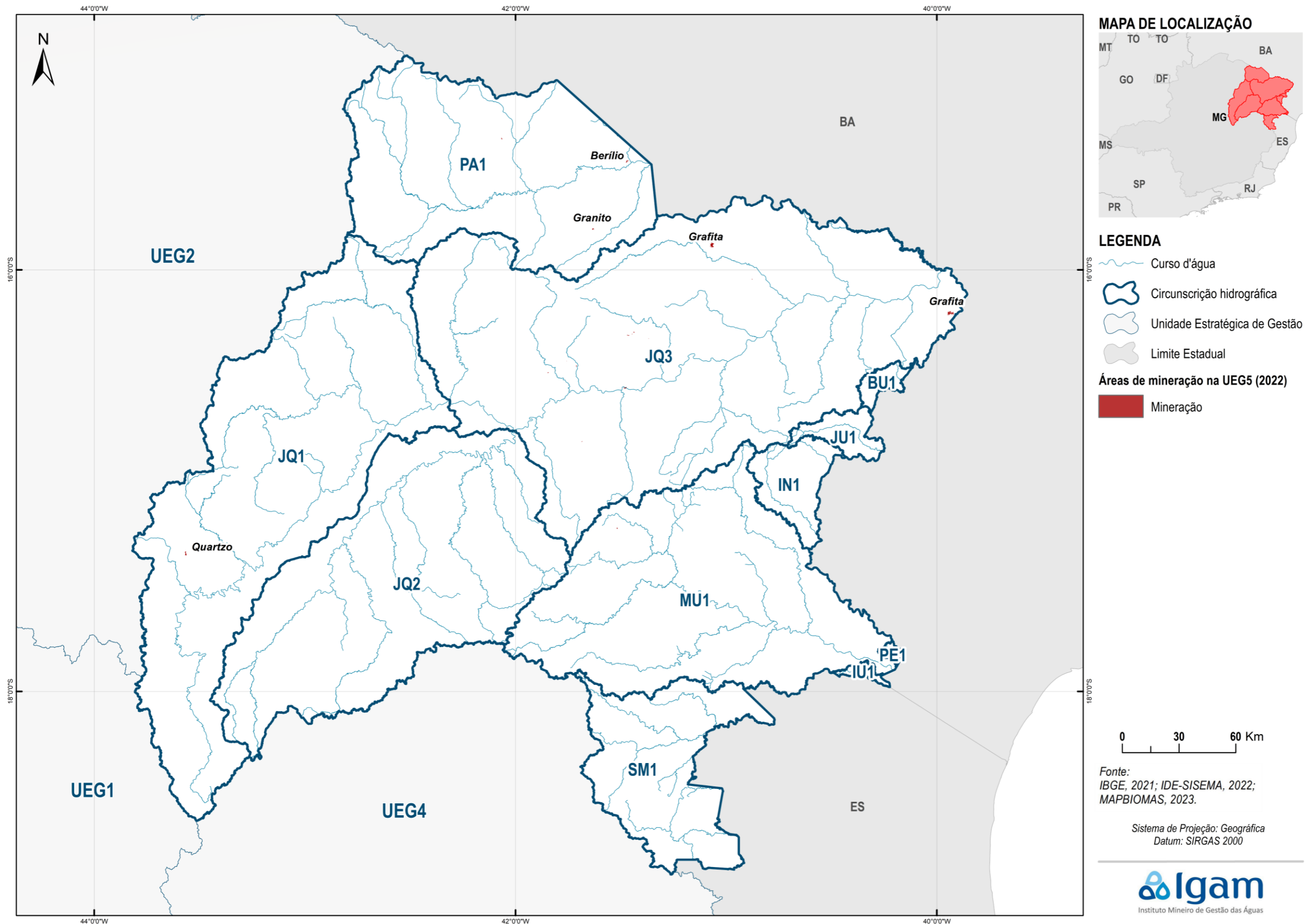
Fonte: elaboração própria.

Nota: As CHs BU1, IN1, IU1, JQ2, PE1 e SM1 não contemplam áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do MAPBIOMAS (ano base 2022).

O detalhamento dos materiais minerados por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

Observa-se do Quadro 3.59 e do mapa da Figura 3.82 que as áreas de mineração na UEG5 não ocupam grandes extensões e encontram-se dispersas. As áreas mais expressivas estão localizadas na CH JQ3, sendo predominante a extração de grafita.

Figura 3.82 – Áreas de mineração na UEG5.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.4.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG5 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.60.

Quadro 3.60 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG5 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG5	273	95	47	31	67	241	186	-	940
CH JQ1	68	6	2	1	9	13	25	-	124
CH JQ2	48	56	12	5	14	65	23	-	223
CH JQ3	78	16	11	9	23	74	65	-	276
CH PA1	43	11	11	1	5	29	29	-	129
CH MU1	18	1	10	6	7	32	25	-	99
CH SM1	11	3	-	8	8	20	12	-	62
CH PE1	1	-	1	-	-	-	2	-	4
CH BU1	-	-	-	-	-	1	-	-	1
CH IN1	3	2	-	1	1	4	1	-	12
CH IU1	2	-	-	-	-	-	3	-	5
CH JU1	1	-	-	-	-	3	1	-	5

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG5 e em suas respectivas CHs por classe da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.61. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.61 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG5 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG5	21	105	11	35	1	-	173
CH JQ1	1	5	1	2	-	-	9
CH JQ2	9	41	-	23	-	-	73
CH JQ3	8	22	3	3	-	-	36
CH PA1	-	15	2	6	-	-	23
CH MU1	2	10	4	-	1	-	17
CH SM1	-	9	1	1	-	-	11
CH PE1	-	1	-	-	-	-	1
CH BU1	-	-	-	-	-	-	-
CH IN1	1	2	-	-	-	-	3
CH IU1	-	-	-	-	-	-	-
CH JU1	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

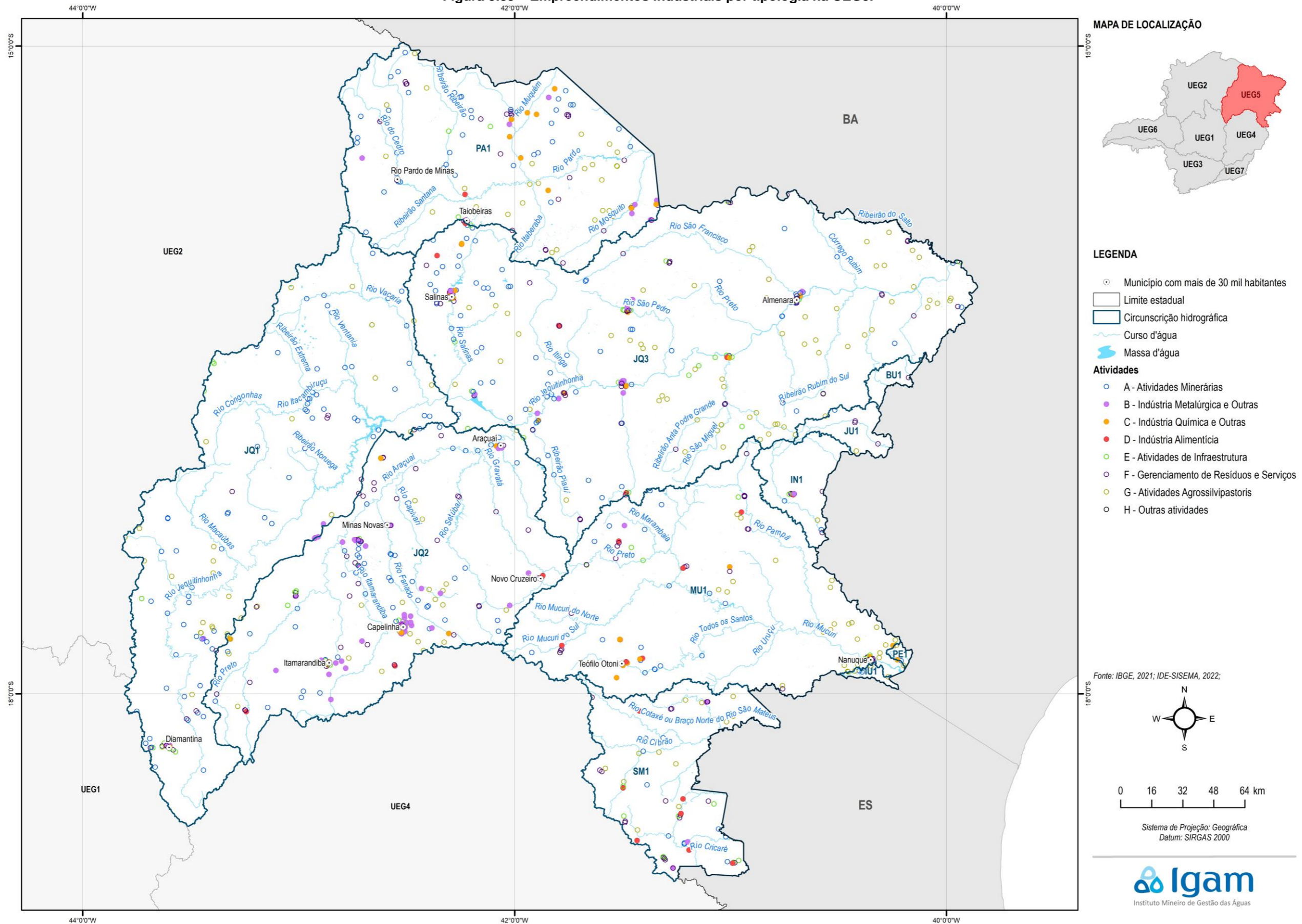
A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados na UEG5 pode ser observada na Figura 3.83.

Observa-se do Quadro 3.60 que as CHs JQ2 e JQ3 concentram a maior parte dos empreendimentos licenciados na UEG5, reunindo pouco mais de 50% das licenças, sendo a maior parte delas de tipologia F (gerenciamento de resíduos e serviços), seguido pela tipologia A (atividades minerárias) e G (atividades agrossilvipastoris).

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, observa-se que a maior parte é de tipologia B (indústria metalúrgica e outras), correspondendo a 55% das licenças de atividades industriais na UEG5. Tais indústrias se concentram principalmente na CH JQ2, seguido pelas CHs JQ3 e PA1 (Figura 3.83). Municípios que podem ser citados por concentrarem quantidades significativas de empreendimentos industriais são: Capelinha, Itamarandiba e Turmalina, na CH JQ2, Salinas e Itaobim, na CH JQ3, São João do Paraíso na CH PA1 e Teófilo Otoni na CH MU1.

Do Quadro 3.61, observa-se que a maior parte (61%) dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio. Nas classes 5 e 6, correspondentes aos empreendimentos de maior impacto, enquadra-se apenas um empreendimento, localizado em Teófilo Otoni, na CH MU1.

Figura 3.83 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG5.



3.4.4.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação das informações sobre esgotamento sanitário. O tema foi amplamente abordado no RP005 do PMSH e este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.62 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.84 apresenta as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para a UEG5.

Quadro 3.62 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG5.

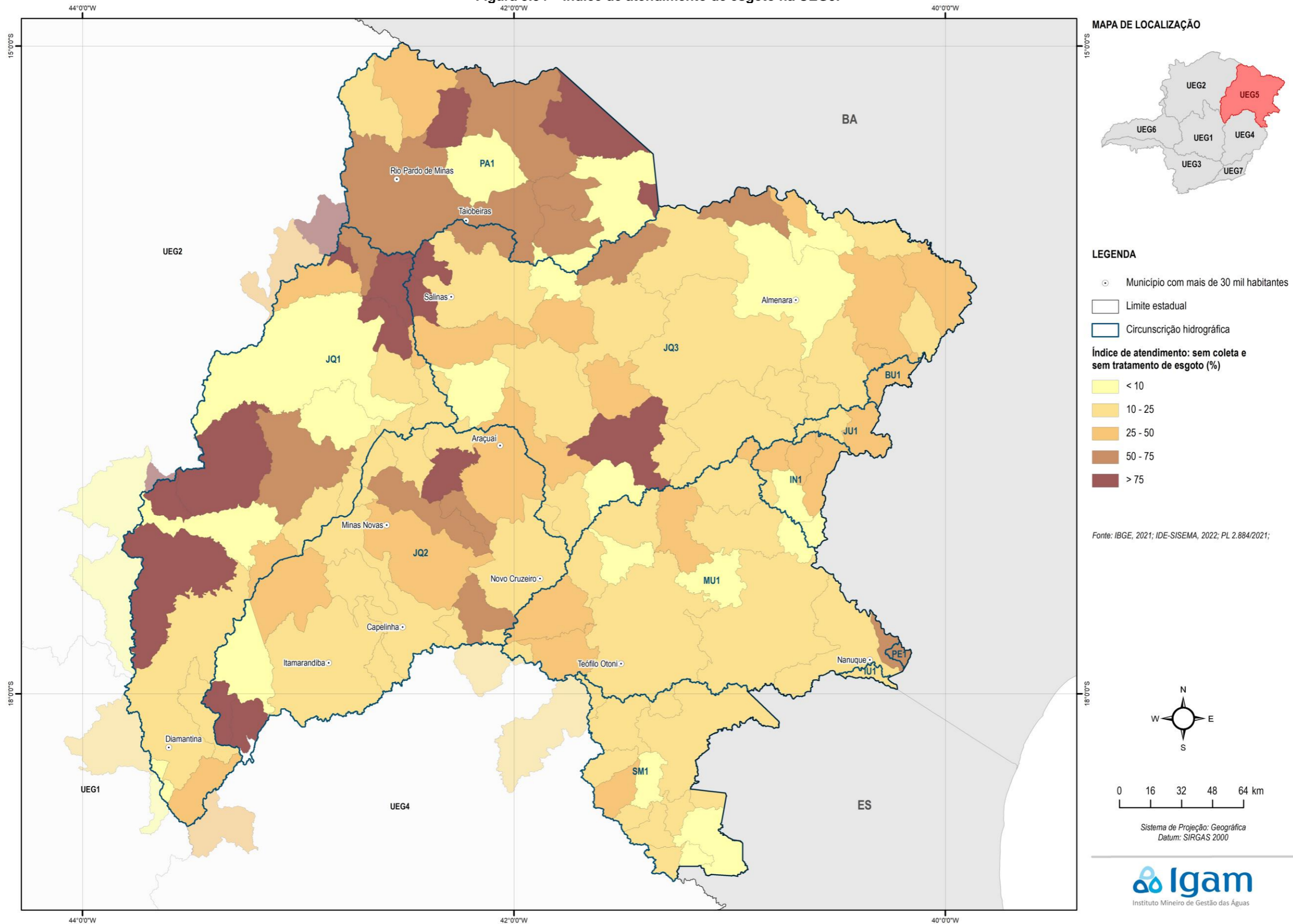
UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	até 10%	10 - 25%	25 - 50%	50 - 75%	acima de 75%	
UEG5	17	43	19	12	12	103
CH JQ1	2	3	-	1	4	10
CH JQ2	1	11	3	3	3	21
CH JQ3	5	13	6	2	2	28
CH PA1	2	1	1	5	3	12
CH MU1	2	6	4	-	-	12
CH SM1	3	9	1	-	-	13
CH PE1	-	-	-	1	-	1
CH BU1	-	-	1	-	-	1
CH IN1	2	-	2	-	-	4
CH IU1	-	-	-	-	-	-
CH JU1	-	-	1	-	-	1

Fonte: elaboração própria.

Do Quadro 3.62 e do mapa da Figura 3.84, pode-se observar que a UEG5 apresenta 23% de seus municípios nas faixas de pior situação em termos de população não atendida com coleta e tratamento de esgotos. Os municípios com as piores condições estão localizados principalmente nas bacias do Jequitinhonha (CHs JQ1 a JQ3) e do Pardo (CH PA1). Citam-se os municípios de Divisa Alegre, Ninheira e Vargem Grande do Rio Pardo, na CH PA1, Fruta de Leite, Itacarambi, Olhos d'Água e Padre Carvalho, na CH JQ1, Felício dos Santos, Francisco Badaró e São Gonçalo do Rio Preto, na CH JQ2 e Novorizonte e Ponto dos Volantes, na CH JQ3. Estes municípios estão enquadrados na faixa 5, ou seja, com 75% ou mais da população não atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Em termos de população absoluta sem atendimento, destacam-se os municípios de Araçuaí (CH JQ2, faixa 3), Diamantina (CH JQ1, faixa 2), Minas Novas (CH JQ2, faixa 3), Teófilo Otoni (CH MU1, faixa 2), enquadrados nas faixas de 1 a 3, mas com populações e conseqüentemente, cargas poluidoras, significativas.

Figura 3.84 – Índice de atendimento de esgoto na UEG5.



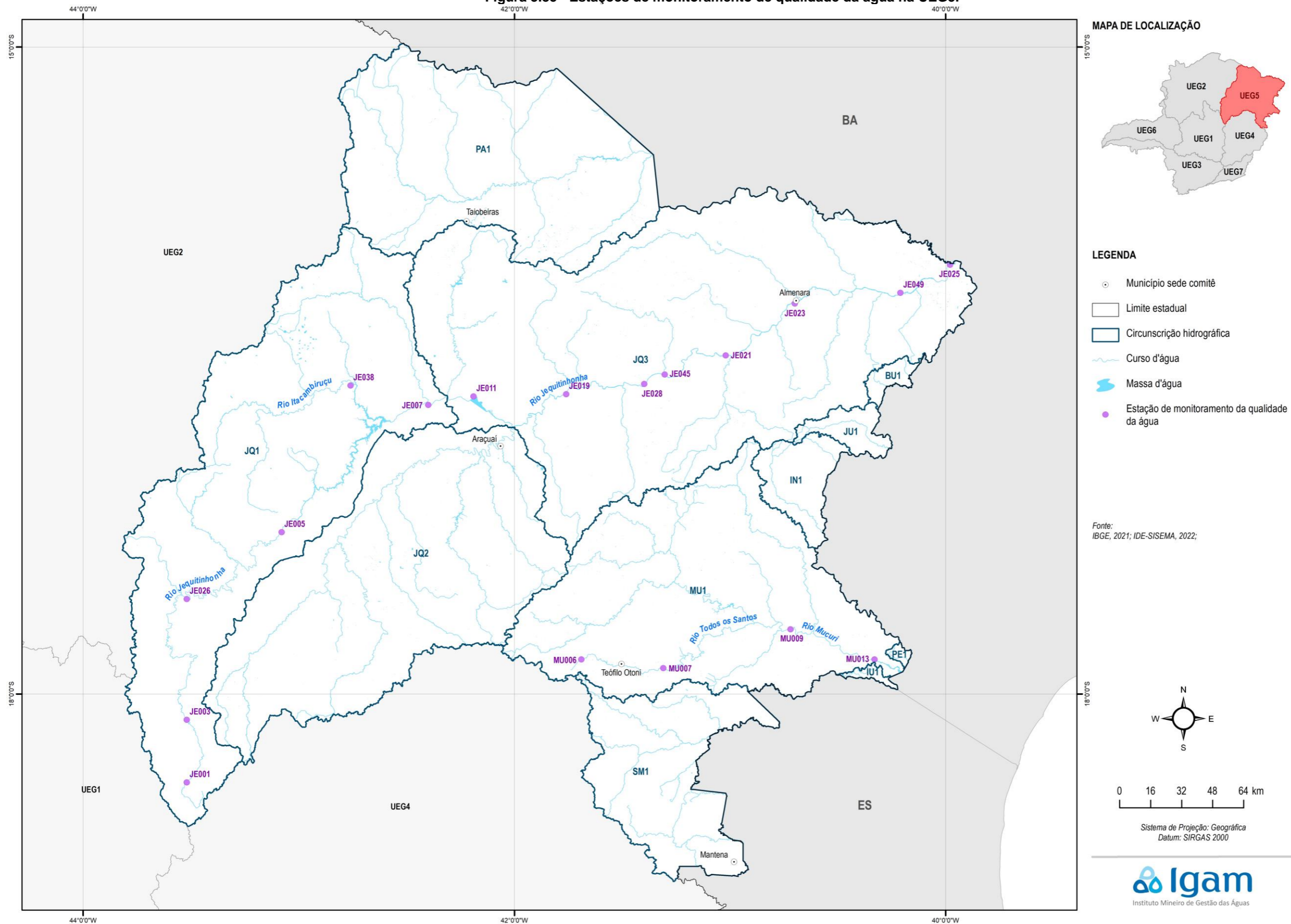
3.4.4.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água da UEG5 é apresentada na Figura 3.85.

Em seguida, é apresentada a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacia do Rio Mucuri
- Bacia do Rio Jequitinhonha

Figura 3.85 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG5.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

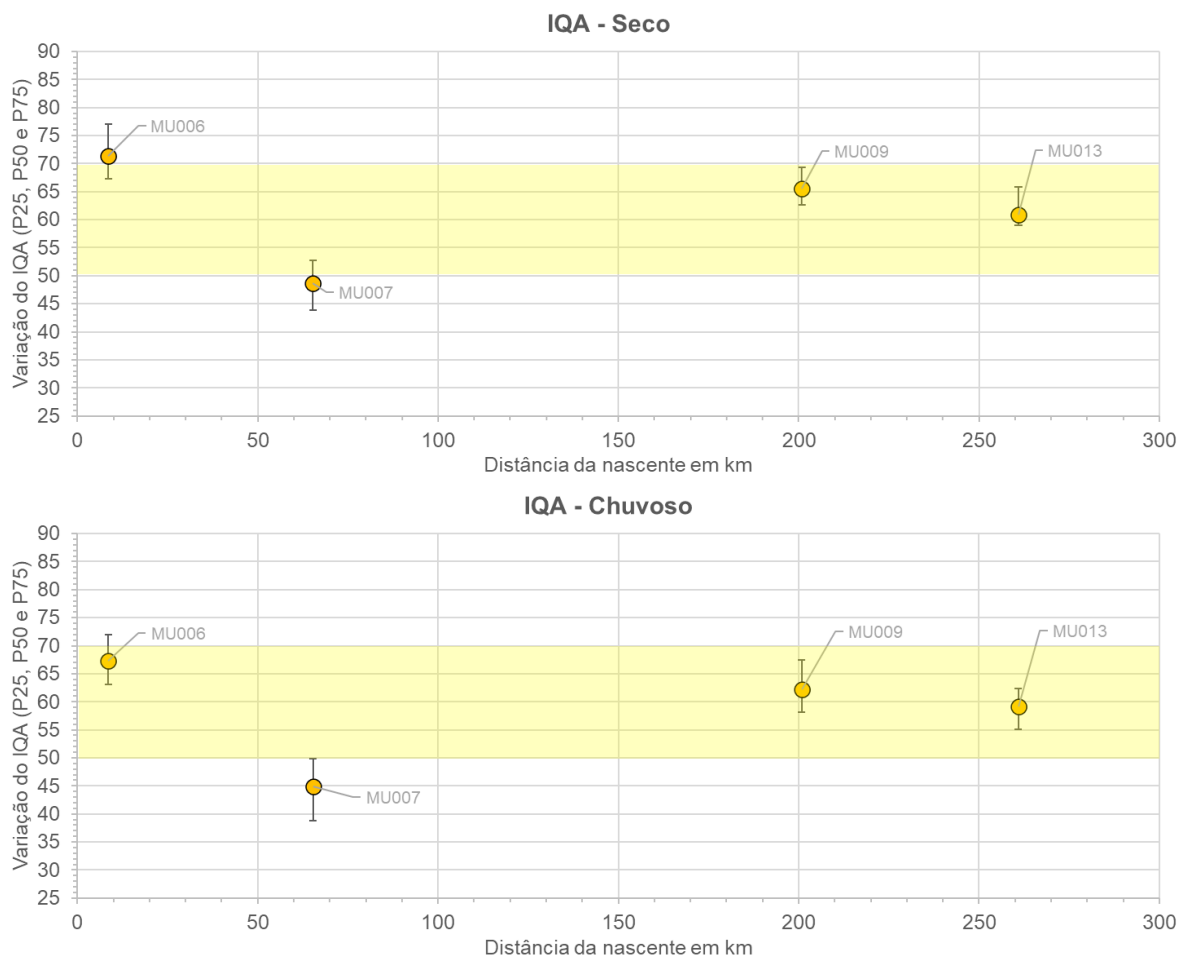
RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.4.3.1 MU1 – Mucuri

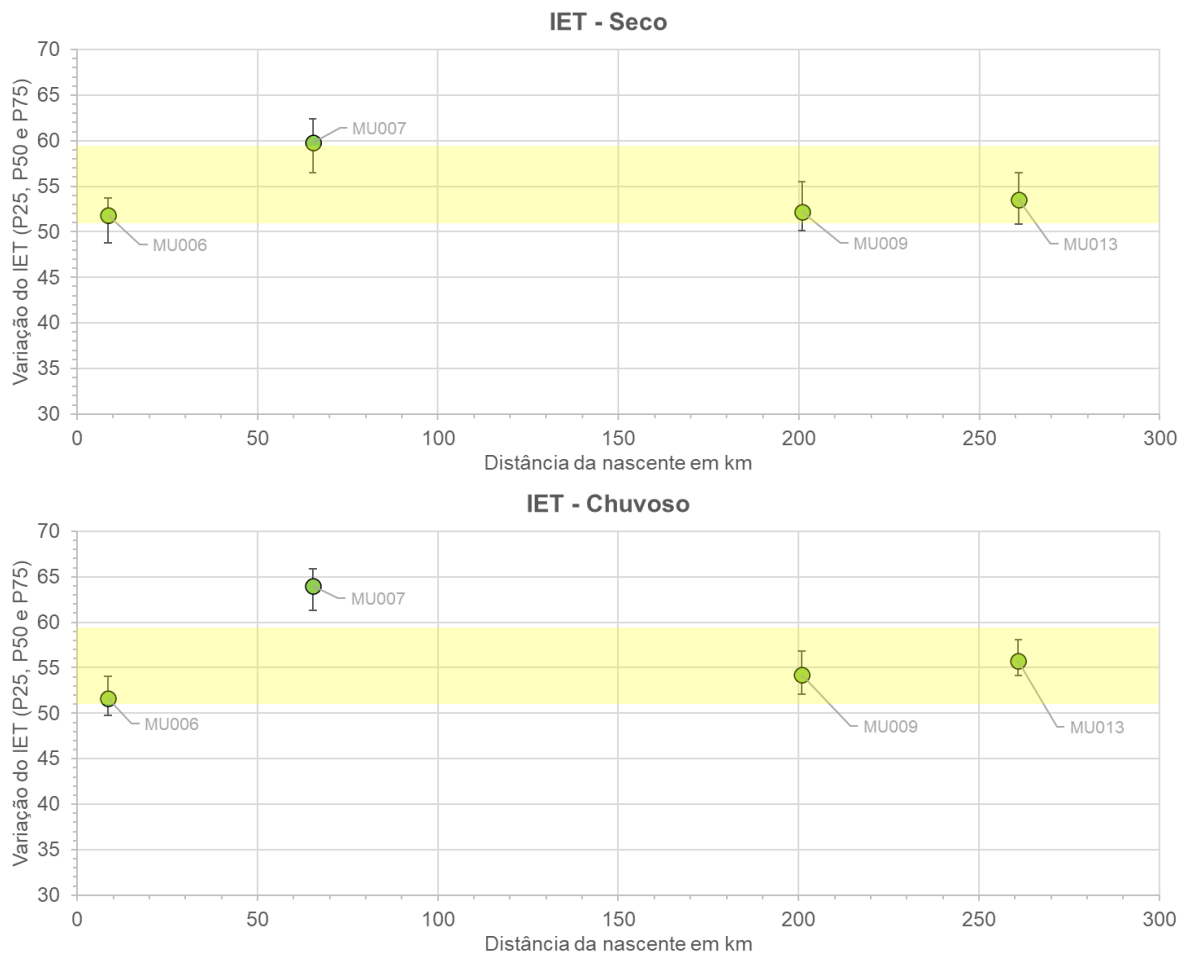
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água na CH Mucuri (Rio Todos os Santos/Mucuri) ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.86), IET (Figura 3.87) e CT (Figura 3.88). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.63), e CT ALTA (Quadro 3.64).

Figura 3.86 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

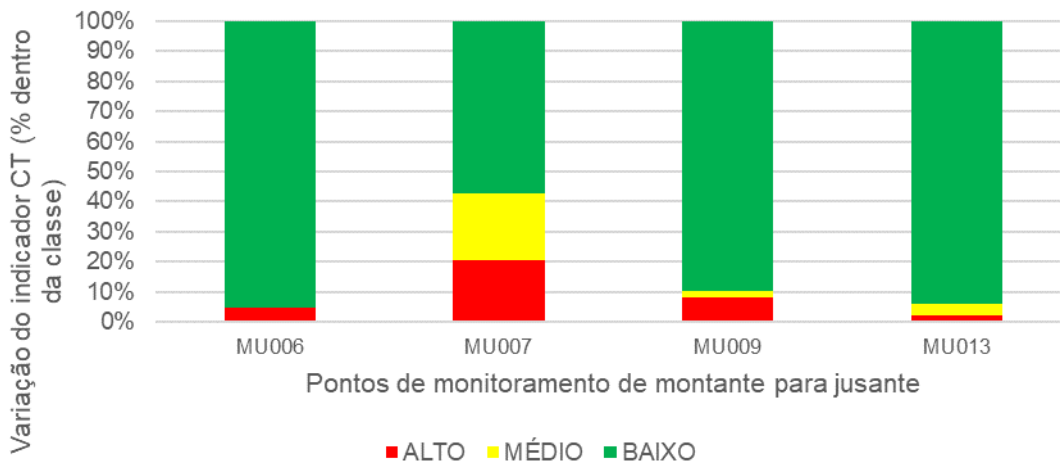
Figura 3.87 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.



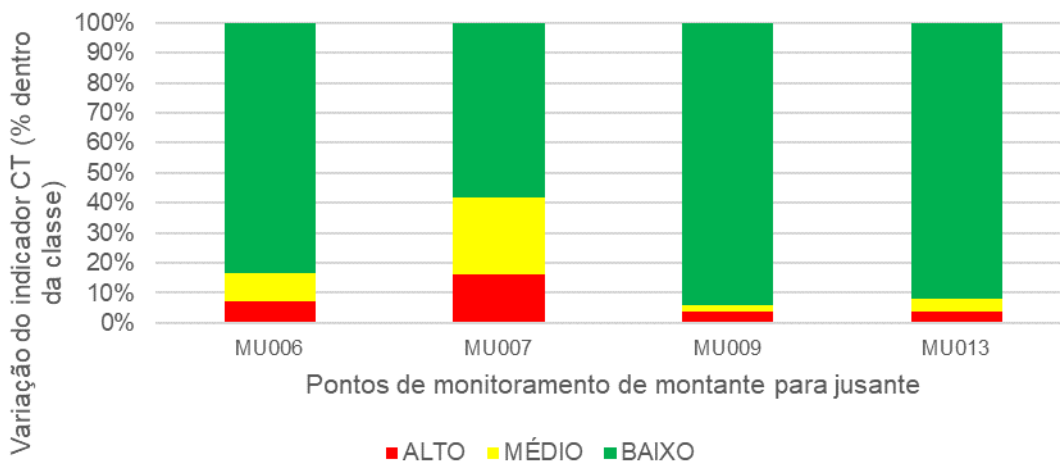
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.88 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.63 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
MU006	9	0	33	50	0	0	0	0	17	0
MU007	65	0	10	52	0	5	8	6	19	0
MU009	201	0	0	60	0	0	0	0	40	0
MU013	261	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).



Quadro 3.64 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Todos os Santos e Rio Mucuri (MU1).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
MU006	9	0	0	0	0	0	20	0	0	60	20	0	0	0
MU007	65	54	0	0	0	6	0	0	0	35	4	0	0	0
MU009	201	0	0	0	33	33	33	0	0	0	0	0	0	0
MU013	261	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

Destaca-se na CH Mucuri o Rio Todos os Santos, afluente da margem direita do rio principal. O Rio Todos os Santos apresenta forte gradiente nos indicadores de qualidade da água. Com base nos resultados, verificou-se uma piora significativa nos indicadores de qualidade da água a jusante da sede urbana de Teófilo Otoni (MU007). O IQA (P50) oscila de MÉDIO a RUIM, o IET alcança nível EUTRÓFICO e a frequência de CT ALTO alcança 20% no período seco.

A montante desse trecho o IQA é BOM e o IET opera no limiar inferior do nível MESOTRÓFICO. A bacia na cabeceira é predominantemente rural, com destaque para as áreas de pastagem e remanescentes de Mata Atlântica. A jusante, verifica-se uma recuperação dos níveis de qualidade da água, principalmente, a jusante da confluência com o Rio Mucuri (MU009). A atividade pastoril predomina na paisagem nas porções média e baixa da bacia.

Os principais parâmetros responsáveis pelos piores indicadores (RUIM e MUITO RUIM) de qualidade da água ao longo do Rio Todos os Santos foram coliformes termotolerantes e turbidez. Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT) e Nitrato (NO3) também contribuíram para a piora do IQA no trecho a jusante da sede urbana de Teófilo Otoni. Vale destacar que Nitrogênio amoniacal (NH4) também apareceu como parâmetro responsável pela contaminação por tóxico ALTA no mesmo trecho.

Sendo assim, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT), Nitrogênio amoniacal (NH4), Nitrato (NO3) e coliformes se relacionam principalmente com as cargas domésticas, da drenagem urbana e industriais de Teófilo Otoni (Índice de coleta de esgoto - IN015=71%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=91,6%). Na forma de carga difusa, as áreas de pastagem estão relacionadas principalmente com os parâmetros coliformes e turbidez, pela consistência como esses parâmetros contribuem para um IQA RUIM e MUITO RUIM nos pontos de monitoramento analisados.

Quanto à contaminação por tóxicos, fenol foi o principal parâmetro que contribuiu para a classe ALTA ao longo do gradiente espacial. Esse contaminante pode ter relação com as áreas urbanas, com destaque para o trecho a jusante de Teófilo Otoni, através da drenagem urbana (resíduos de combustíveis), efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) e efluentes industriais (setores metalúrgico e químico). Na porção rural da bacia, destacam-se as cargas difusas das áreas de pastagem (dejetos).

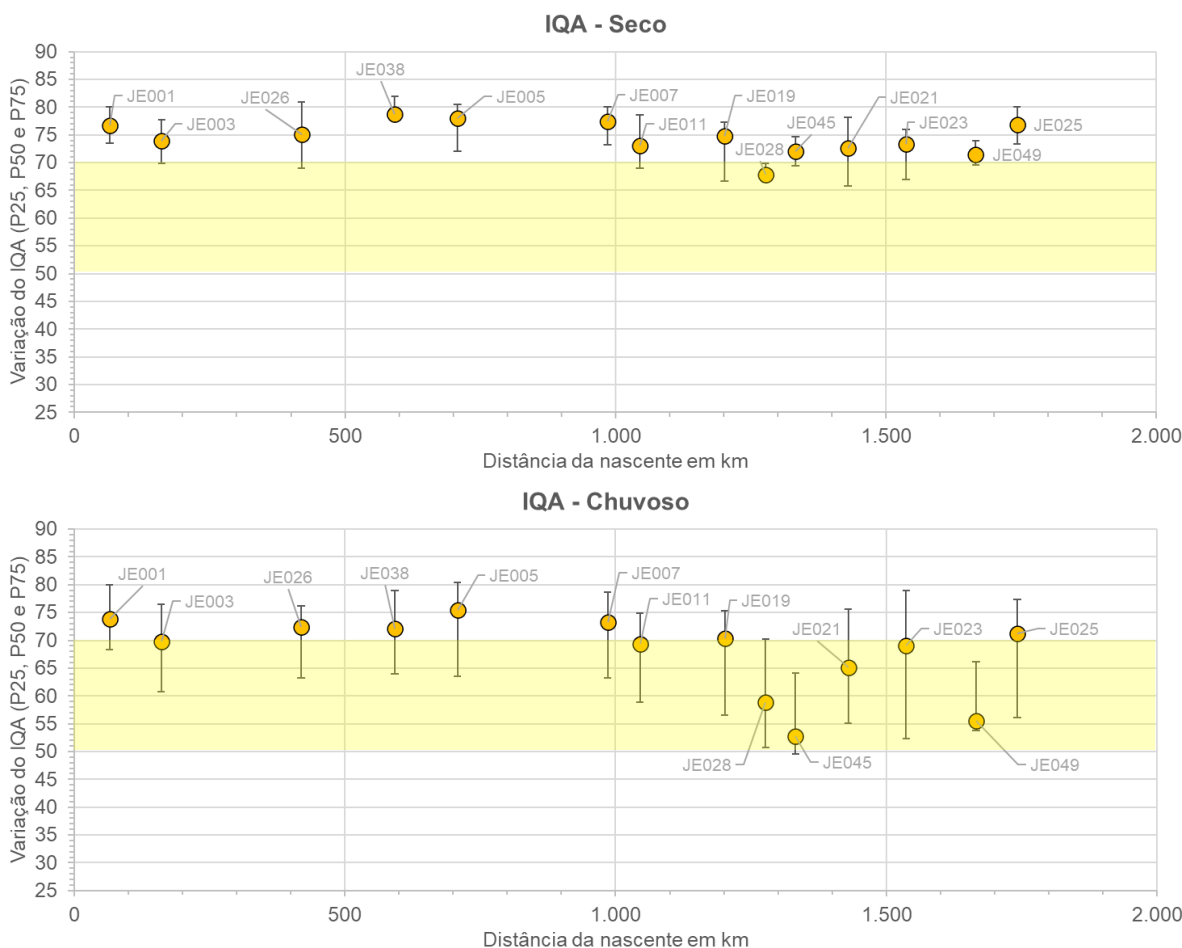
O metal chumbo contribuiu para um CT ALTO a jusante de Teófilo Otoni e de Carlos Chagas, podendo ter relação com os efluentes industriais (siderurgia), esgotos domésticos e drenagem urbana, além do seu uso em fertilizantes e corretivos do solo na agroindústria. Cádmio

contribuiu para um CT ALTO de maneira isolada (único parâmetro), a jusante de Carlos Chagas no ano de 2000, podendo ter relação com a carga difusa da zona rural (presença em fertilizantes e corretivos do solo). Por fim, vale o destaque para uma alta contaminação por cianeto e mercúrio, principalmente no ponto inserido na zona rural a montante de Teófilo Otoni, podendo ter relação com a atividade minerária na região (garimpo).

3.4.4.3.2 Rio Jequitinhonha

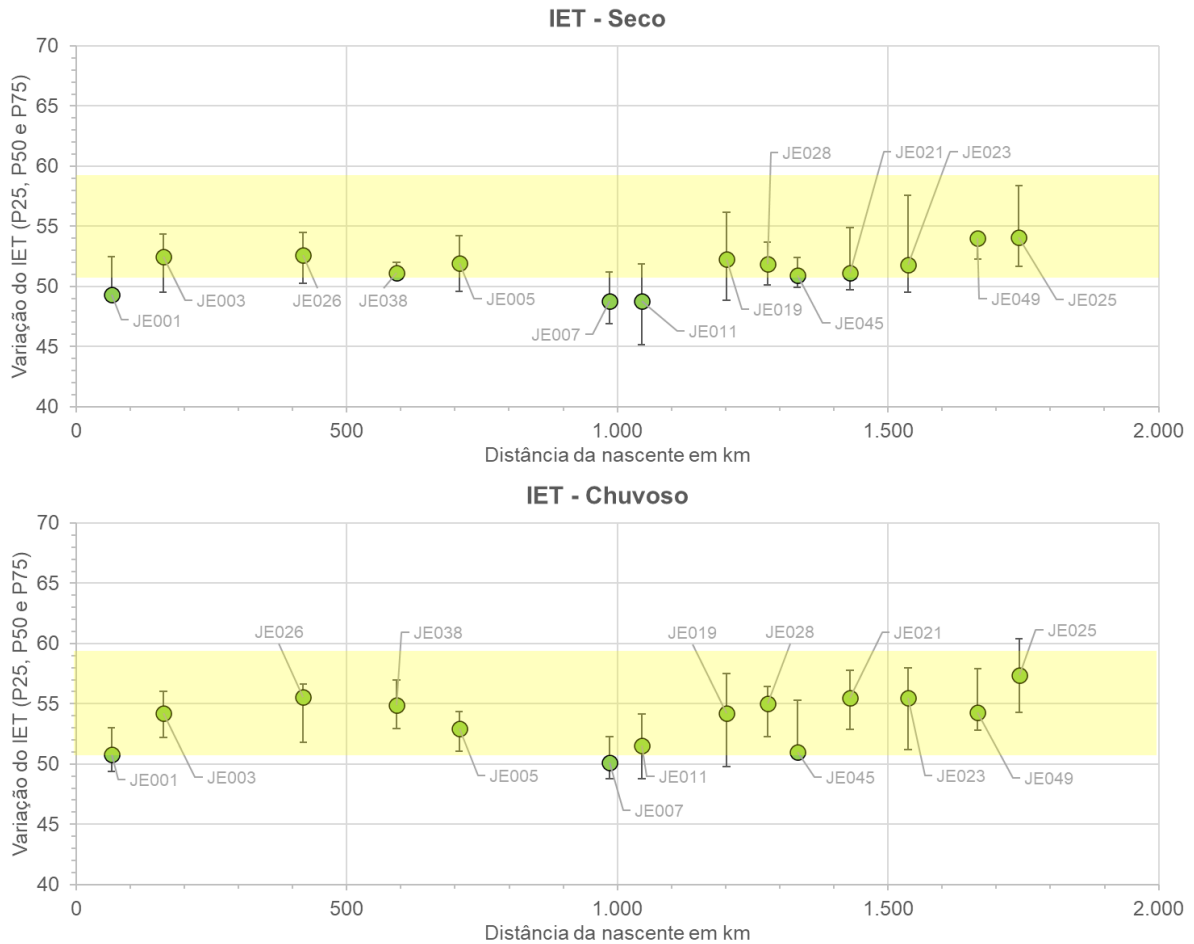
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Jequitinhonha ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.89), IET (Figura 3.90) e CT (Figura 3.91). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.65), e CT ALTA (Quadro 3.66).

Figura 3.89 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



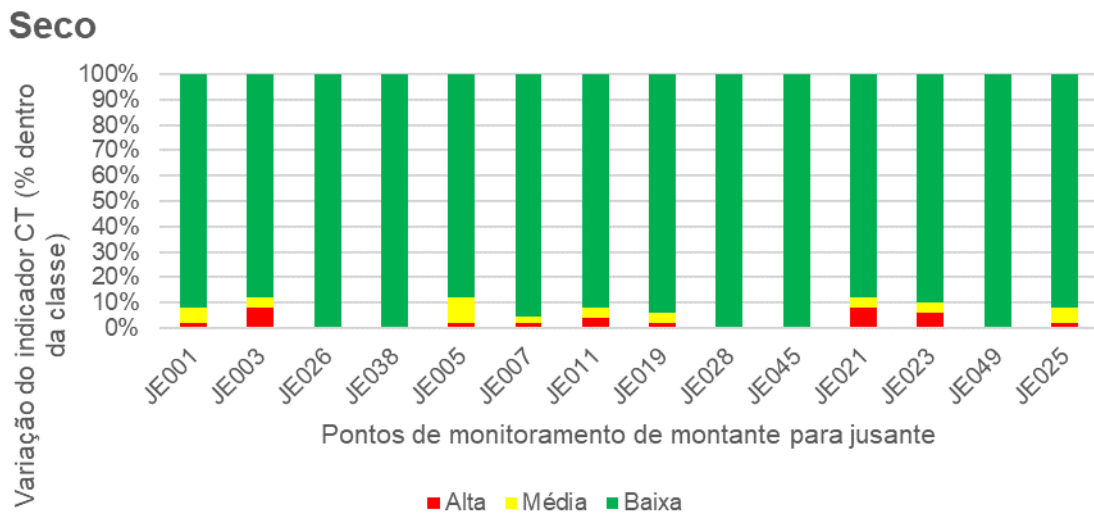
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.90 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Chuvoso (superior) e Período Seco (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

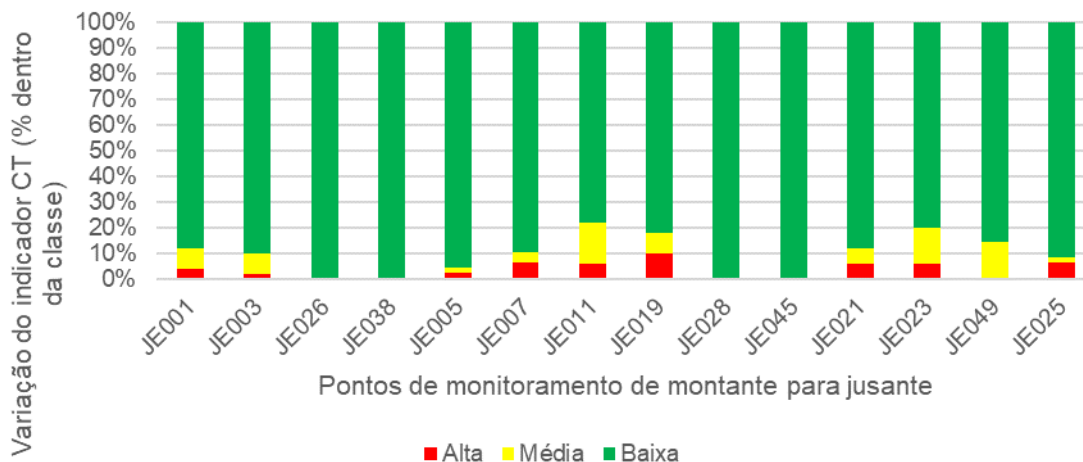


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.91 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Jequitinhonha (UEG5). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.65 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Jequitinhonha (UEG5).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósforo Total	Turb.	ST
JE001	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE003	161	0	0	42	17	0	0	0	42	0
JE026	419	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE038	592	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE005	708	0	0	42	17	0	0	0	42	0
JE007	985	0	0	50	0	0	0	0	50	0
JE011	1045	0	0	48	0	0	0	4	48	0
JE019	1202	0	0	47	3	0	0	3	47	0
JE028	1277	0	0	44	0	0	0	11	44	0
JE045	1333	0	0	44	0	0	0	11	44	0
JE021	1430	0	0	48	0	0	0	4	48	0
JE023	1537	0	0	48	0	0	0	5	48	0
JE049	1666	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE025	1742	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.66 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Jequitinhonha (UEG5).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
JE001	65	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0
JE003	161	0	0	0	33	0	0	33	0	0	0	0	0	33
JE026	419	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE038	592	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE005	708	0	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
JE007	985	0	0	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0
JE011	1045	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50
JE019	1202	0	0	0	0	75	0	0	0	25	0	0	0	0
JE028	1277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



JE045	1333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE021	1430	0	0	0	0	0	0	20	0	60	0	0	0	20
JE023	1537	0	0	0	0	0	0	0	0	67	33	0	0	0
JE049	1666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JE025	1742	0	0	0	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH₄); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmiio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO₃); Nitrito (NO₂); Zinco (Zn).

O IQA durante o período seco oscilou ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo do Rio Jequitinhonha predominantemente dentro da faixa da classe BOA, com baixa frequência em poucos pontos na classe MÉDIA. Valores mais baixos do indicador são observados ao longo do trecho Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3), com destaque, particularmente, para o ponto a jusante da sede urbana de Itaobim (JE028; Índice de coleta de esgoto - IN015=35,2%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%), com 75% dos registros dentro da classe MÉDIA.

Durante o período chuvoso o indicador oscilou no Alto Jequitinhonha (JQ1) entre as classes BOA e MÉDIA. Os percentis 50% ficaram próximos do limiar que separa essas classes. Nesse período climático, uma piora mais acentuada do indicador é observada no Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3), com destaque para o trecho que abrange a sede urbana de Itaobim (JE028) e a entrada do Rio São Pedro (JE045), que drena as cargas remanescentes da sede de Medina (IN015=73,5%; IN016=100%). O indicador alcança valores próximos do limiar superior da classificação RUIM no trecho.

O IET no período seco oscilou no limiar entre OLIGOTRÓFICO e MESOTRÓFICO. No trecho Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3), nota-se uma tendência de enriquecimento das águas do Rio Jequitinhonha. O indicador mostra uma transição da categoria OLIGOTRÓFICA, a jusante da UHE Irapé, nas estações JQ007 e JQ011, para a categoria MESOTRÓFICA, nas estações JQ019 e JQ028, após a entrada de sedes urbanas como Itaobim, Jequitinhonha (IN015=54,4%; IN016=100%), Almenara (IN015=72,5%; IN016=100%) e Jacinto (IN015=50,6%; IN016=15,8%), às margens da calha principal, e outras por afluentes como Pedra Azul (IN015=73,3%; IN016=95,2%), Medina, Araçuaí (IN015=48,6%; IN016=100%), dentre outras.

No período chuvoso, o IET mostra padrão similar ao período seco ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo. No entanto, uma tendência apontando para a eutrofização é constatada em todos os pontos monitorados. Nesse período, o IET oscila consistentemente dentro do nível MESOTRÓFICO. No período chuvoso, a atividade agropastoril é um importante fator de pressão relacionado com o incremento de nutrientes (presentes em fertilizantes) de forma difusa para a rede de drenagem.

O indicador CT (Figura 3.91) se apresenta ao longo do gradiente espacial do Rio Jequitinhonha com elevada permanência dentro da classe BAIXA (acima de 80% para todos os pontos de monitoramento). Contaminação por tóxicos na faixa ALTA mostra-se abaixo de 10% ao longo de todo o gradiente espacial no período seco.

No período chuvoso, ainda que o indicador CT se mostre predominantemente dentro da classe BAIXA (> 80% em média) verifica-se um incremento no trecho médio e baixo Jequitinhonha

(JQ3) em termos percentuais das faixas MÉDIA e ALTA. A estação JE011, a jusante da entrada do Rio Araçuaí, marca o início de uma maior pressão antrópica na bacia. Nesse trecho, fora da calha do Rio Jequitinhonha, destaca-se os indicadores médios no Rio São Pedro, em Medina (JE029): IQA = MUITO RUIM e CT = ALTA (IDE-SISEMA, 2023).

Ao longo do perfil longitudinal do Rio Jequitinhonha, coliformes termotolerantes e turbidez foram os parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM. Coliformes relaciona-se com contaminação fecal que, possivelmente, tem origem nos esgotos domésticos das sedes urbanas, com destaque para Diamantina, Itaobim e Medina, e com as áreas de pastagens, especialmente durante o período chuvoso. Quanto à turbidez, a atividade agropastoril é o principal fator de pressão relacionado com a produção de sedimentos na bacia do Jequitinhonha. A carga difusa de sólidos e coliformes das áreas rurais pode explicar a piora do IQA ao longo do gradiente espacial no período chuvoso.

Com relação ao CT, destaca-se ao longo o Rio Jequitinhonha fenol e cobre como os principais parâmetros responsáveis pela classificação ALTA.

Considerando o padrão de uso e cobertura do solo na bacia, destaca-se como fator de pressão relacionado com esses elementos a atividade agropastoril. Há relação entre a produção de sedimentos na bacia e metais pesados. Nesse contexto, cobre está presente em pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo, enquanto fenóis está presente em pesticidas e nos dejetos de animais.

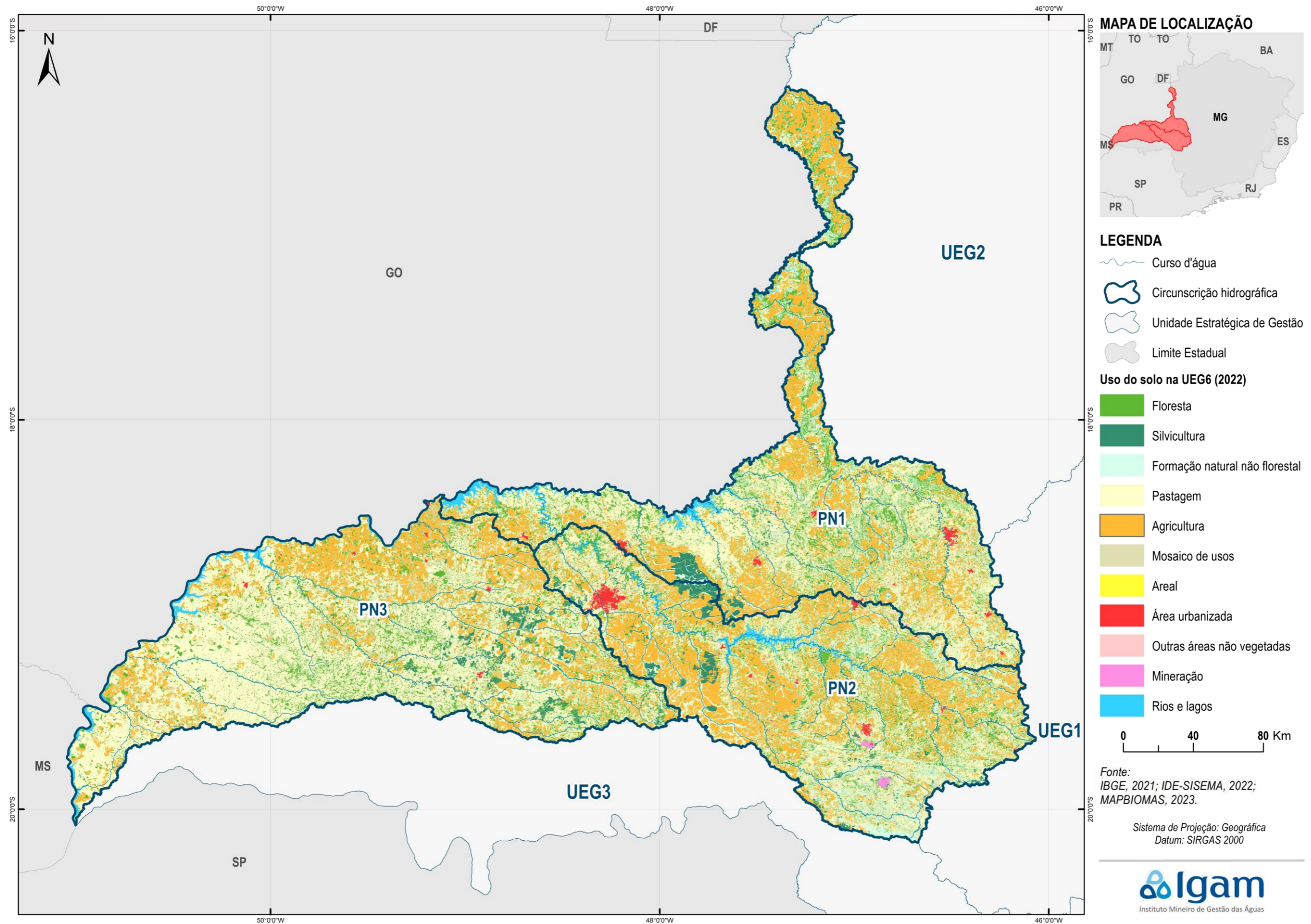
Cobre pode estar presente também nos efluentes industriais (com destaque para o setor metalúrgico) e na carga difusa da drenagem urbana das sedes municipais existentes na bacia. Com relação aos fenóis, destaca-se resíduos de combustíveis, através a drenagem urbana, e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) e industriais (setores metalúrgico e resíduos).

3.4.5 Afluentes do Rio Paranaíba (UEG6)

3.4.5.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.92 apresenta o uso e cobertura do solo para o ano de 2022 para a UEG6. O Quadro 3.67 quantifica as áreas com todas as classes de uso e cobertura do solo na UEG e em suas CHs, para o ano de 2022.

Figura 3.92 - Uso e Cobertura do Solo na UEG6 para o ano de 2022



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Quadro 3.67 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG6 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG6 (km ²)	PN1 (km ²)	PN2 (km ²)	PN3 (km ²)	%
Área urbanizada	441,8	133,8	234,2	73,9	0,6%
Agricultura	18.004,9	6.142,8	6.563,6	5.298,4	25,5%
Floresta	10.770,9	3.910,9	3.085,1	3.774,9	15,2%
Formação Natural não Florestal	3.652,5	1.249,6	1.522,3	880,6	5,2%
Mineração	46,6	1,7	44,9	0,0	0,1%
Mosaico de Usos	7.700,2	1.965,7	2.577,4	3.157,0	10,9%
Outras áreas não vegetadas	365,9	151,0	99,8	115,0	0,5%
Pastagem	26.356,1	7.632,8	6.233,3	12.489,9	37,3%
Rios e lagos	1.469,8	576,5	400,2	493,1	2,1%
Silvicultura	1.842,4	487,4	730,4	624,6	2,6%
Total	70.651,2	22.252,3	21.491,2	26.907,6	100,0%

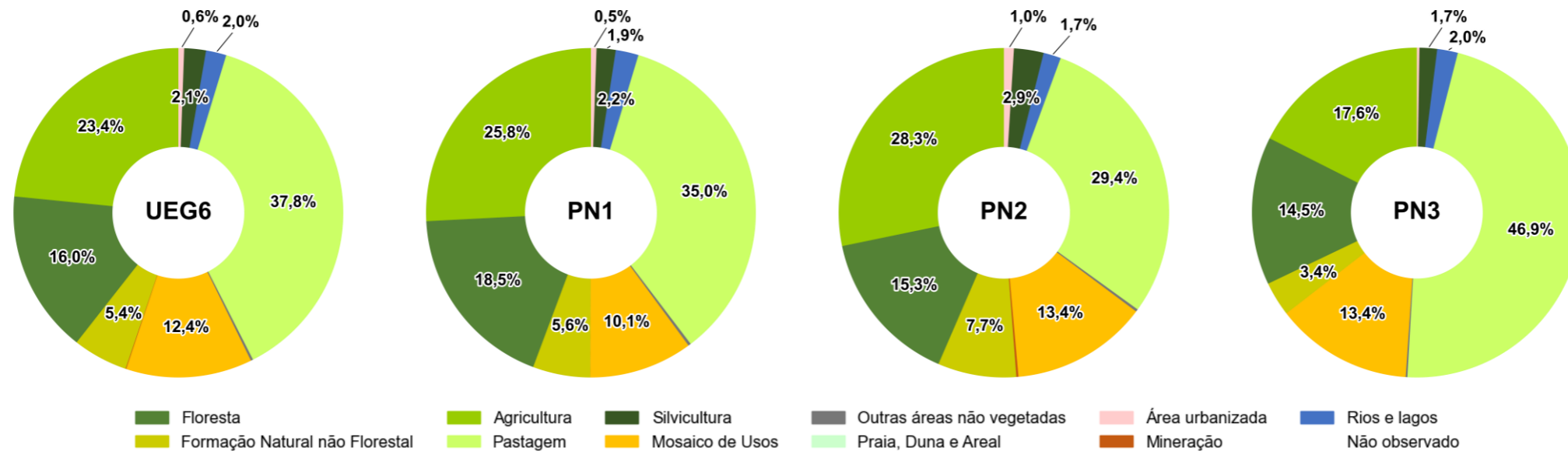
Fonte: elaboração própria

A Figura 3.93 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.94 para o ano de 2022 com a finalidade de avaliar a evolução histórica para a UEG6 e suas CHs.

A UEG dos Afluentes do Rio Paranaíba se caracteriza pela predominância de uso agropecuário: pastagens e agricultura são os usos do solo mais representativos. Essa característica se manteve entre 2016 e 2022, embora tenha havido alterações dentre as classes de uso. Em 2016, 37,8% da área era ocupada por áreas de Pastagem, 23,4% por Agricultura e 12,4% por Mosaico de Usos. As formações naturais abrangeram 21,4%, com 16,0% de área de Floresta e 5,4% de Formação Natural não Florestal.

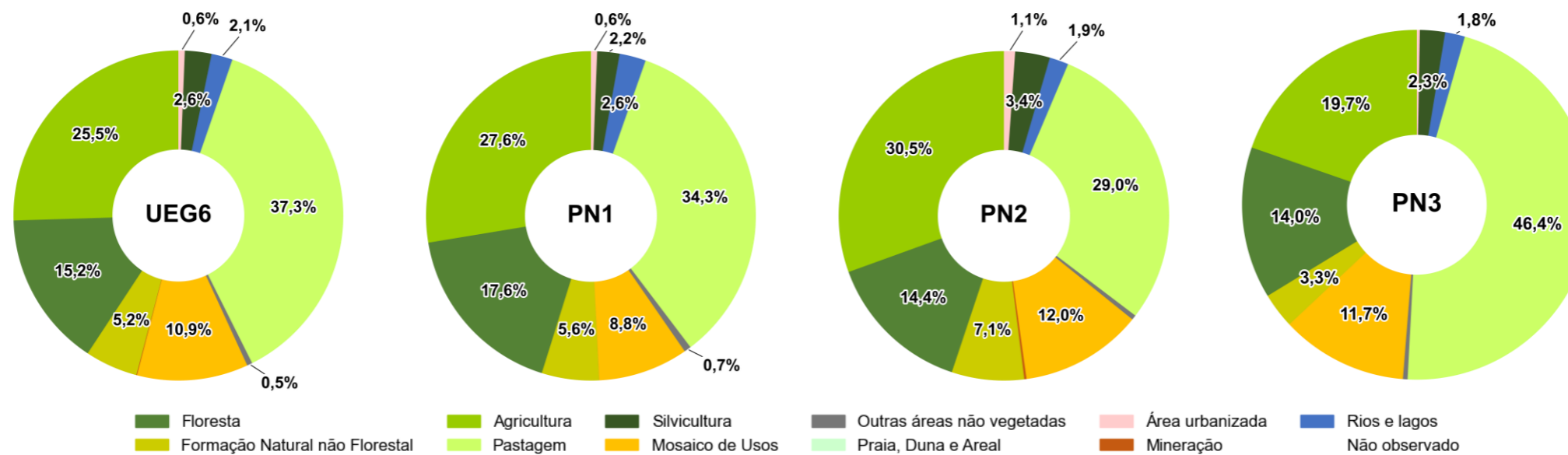
Em 2022, houve pequena variação negativa nas classes de Pastagem (37,8% para 37,3%) e de Mosaico de Usos (12,4% para 10,9%). Na direção contrária, houve aumento de uso para Agricultura (23,4% para 25,5%). As formações naturais apresentaram reduções em percentual de área: Floresta de 16,0% para 15,2% e de Formação Natural não Florestal de 5,4% para 5,2%.

Figura 3.93 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG6, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.94 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG6, em 2022.



Fonte: elaboração própria.



3.4.5.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.5.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.5.2.1.1 Solos

O Quadro 3.68 apresenta os quantitativos por classe de solo e a Figura 3.95 apresenta a distribuição espacial das classes de solo na UEG6.

O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6.

Observando-se o Quadro 3.68, nota-se que o latossolo predomina na UEG6, respondendo por cerca de 70% da área da UEG. Analisando-se o mapa da Figura 3.95, pode-se observar que tal classe de solo é predominante na CH PN3. Nas CHs PN1 e PN2 são também observadas manchas significativas de cambissolo, na porção baixa da CH PN1 e porção de cabeceira da CH PN2. Ocorre na CH PN1, ainda, manchas de neossolo litolítico, em suas porções altas.

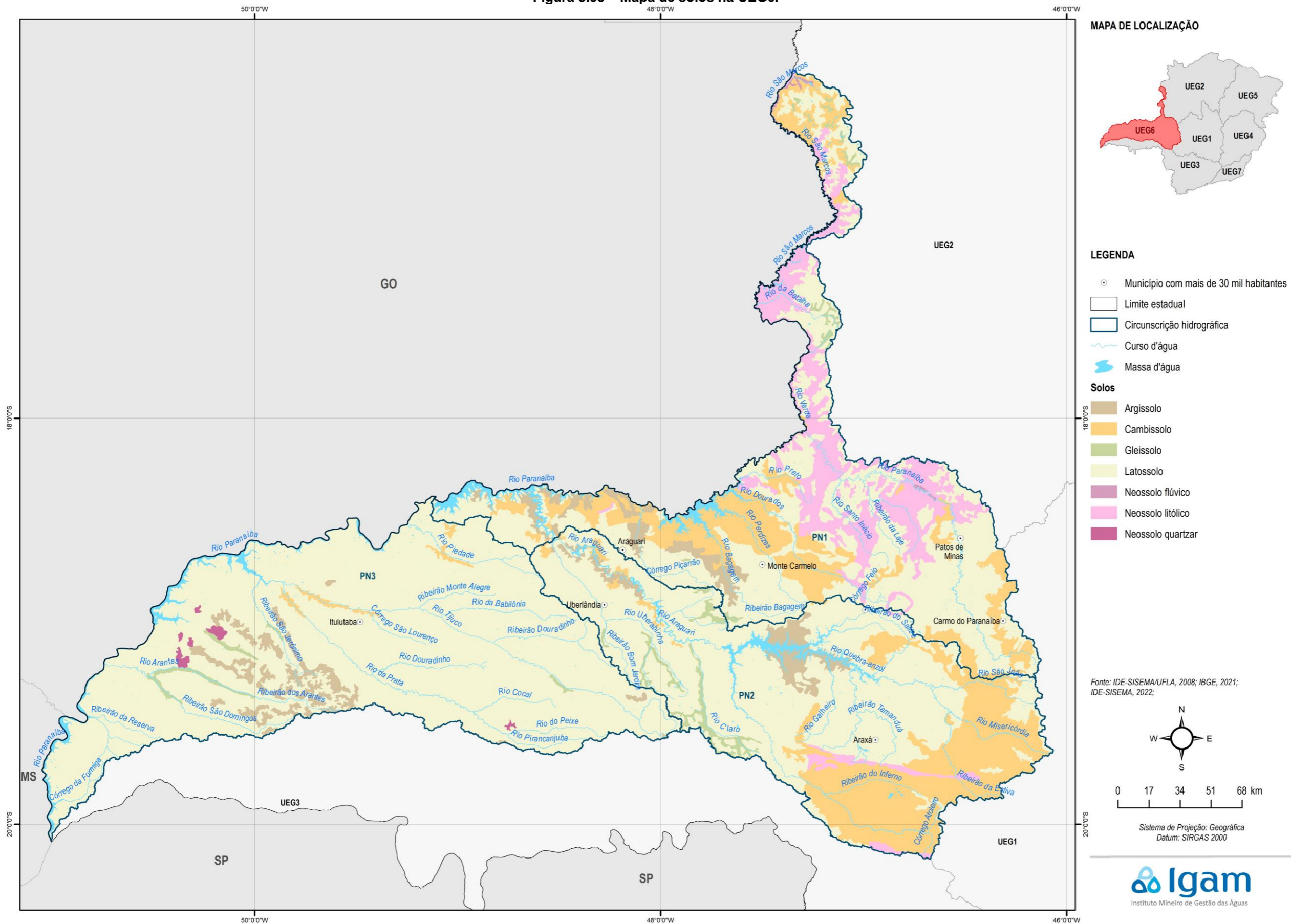
A CPRM elaborou e publicou o Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Paranaíba (CPRM, 2018a), porém, o estudo abordou apenas a porção goiana da bacia, de modo que não foram encontradas contribuições complementares neste estudo, acerca do fator de pressão apresentado no presente item.

Quadro 3.68 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG6.

Classes de solo	UEG6		PN1		PN2		PN3	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-
Argissolo Vermelho-Amarelo	3.755,78	4,83%	1.518,94	5,52%	1.049,61	4,76%	1.187,23	4,21%
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háptico	13.409,65	17,25%	6.925,48	25,15%	6.156,81	27,95%	327,36	1,16%
Cambissolo Húmico	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleissolo Háptico	53,88	0,07%	53,88	0,20%	-	-	-	-
Gleissolo Melânico	936,10	1,20%	171,51	0,62%	499,32	2,27%	265,27	0,94%
Latossolo Amarelo	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	49.952,85	64,24%	12.081,60	43,87%	12.758,72	57,91%	25.112,53	89,10%
Latossolo Vermelho-Amarelo	2.802,68	3,60%	1.346,69	4,89%	1.114,51	5,06%	341,48	1,21%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	83,27	0,11%	83,27	0,30%	-	-	-	-
Neossolo Hidromórfico	1.792,61	2,31%	925,59	3,36%	58,17	0,26%	808,84	2,87%
Neossolo Litólico	4.307,46	5,54%	4.307,46	15,64%	-	-	-	-
Neossolo Quartzarênico	143,49	0,18%	-	-	-	-	143,49	0,51%
Nitossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras Áreas	519,62	0,67%	125,97	0,46%	393,65	1,79%	-	-
Planossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	77.757,38	100%	27.540,39	100%	22.030,78	100%	28.186,21	100%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.95 – Mapa de solos na UEG6.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.5.2.1.2 Cobertura vegetal

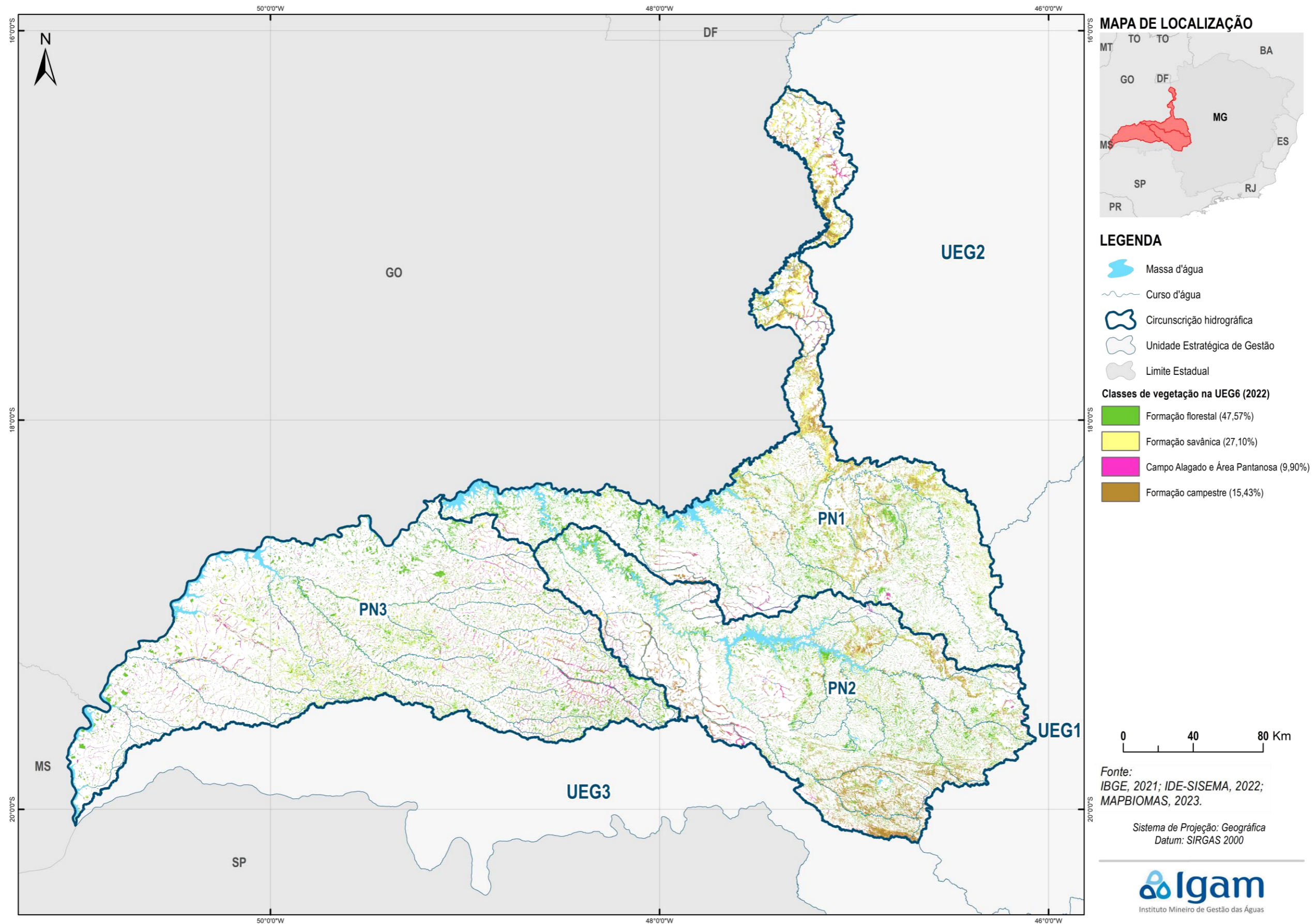
O Quadro 3.69 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.96 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG6.

Quadro 3.69 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG6.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG6	(km ²)	1.427,21	2.225,29	6.861,77	3.909,15
	(%)	9,90%	15,43%	47,57%	27,10%
PN1	(km ²)	321,13	928,46	2.125,91	1.785,00
	(%)	6,22%	17,99%	41,20%	34,59%
PN2	(km ²)	314,68	1.207,61	2.293,62	791,47
	(%)	6,83%	26,21%	49,78%	17,18%
PN3	(km ²)	791,40	89,22	2.442,24	1.332,68
	(%)	17,00%	1,92%	52,46%	28,63%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.96 – Cobertura Vegetal na UEG6.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.5.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.5.2.2.1 Agricultura e pastagem

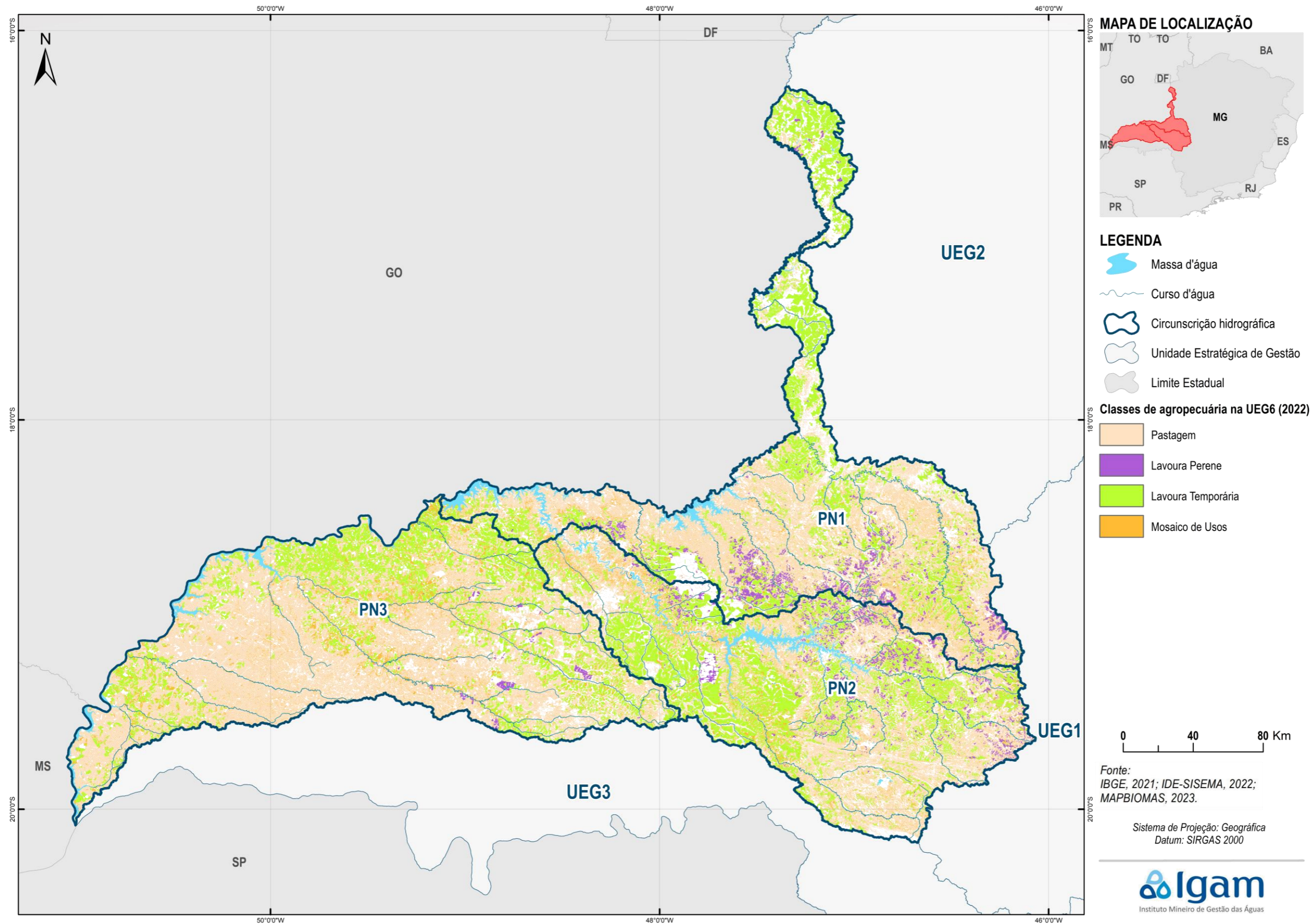
O Quadro 3.70 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.97 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG6.

Quadro 3.70 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG6.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG6	(km ²)	26.356,04	1.801,40	16.203,49	7.700,24
	(%)	50,63%	3,46%	31,12%	14,79%
PN1	(km ²)	7.632,83	905,37	5.237,46	1.965,74
	(%)	48,49%	5,75%	33,27%	12,49%
PN2	(km ²)	6.233,31	787,45	5.776,19	2.577,45
	(%)	40,54%	5,12%	37,57%	16,76%
PN3	(km ²)	12.489,90	108,58	5.189,84	3.157,05
	(%)	59,63%	0,52%	24,78%	15,07%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.97 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG6.



3.4.5.2.2 Mineração

O Quadro 3.71 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.98 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG6.

Quadro 3.71 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG6.

Material minerado*	PN1		PN2	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Água mineral	-	-	0,14	0,30%
Argila	1,65	98,33%	-	-
Calcário dolomítico	0,03	1,67%	-	-
Fosfato	-	-	27,11	60,31%
Nióbio	-	-	17,71	39,39%

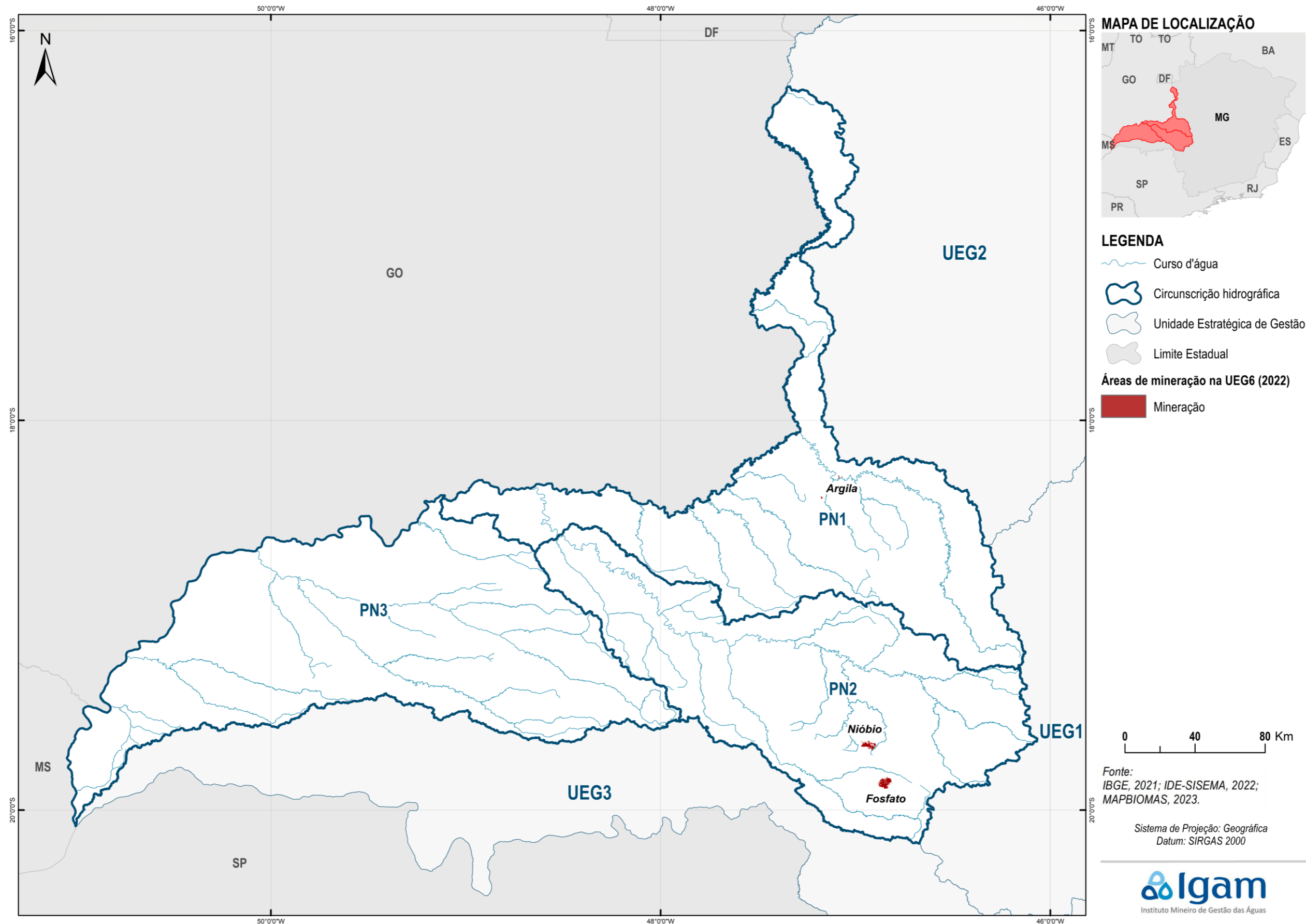
Fonte: elaboração própria.

Nota: A CH PN3 não contempla áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomas (ano base 2022).

O detalhamento dos materiais minerados por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

Observa-se do Quadro 3.71 e do mapa da Figura 3.98 que as áreas de mineração são pouco extensas e dispersas na UEG6, sendo que as maiores áreas ocorrem na CH PN2, destacando-se a extração de níobio e fosfato, na região alta da bacia.

Figura 3.98 – Áreas de mineração na UEG6.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.5.2.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG6 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.72.

Quadro 3.72 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG6 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG6	321	128	170	124	174	479	1.834	-	3.230
CH PN1	178	46	56	43	43	152	408	-	926
CH PN2	93	70	101	53	105	259	703	-	1.384
CH PN3	50	12	13	28	26	68	723	-	920

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG6 e em suas respectivas CHs por classe da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.73. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.73 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG6 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG6	112	253	26	20	7	4	422
CH PN1	50	87	2	5	1	-	145
CH PN2	48	137	22	12	4	1	224
CH PN3	14	29	2	3	2	3	53

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados na UEG6 pode ser observada na Figura 3.99.

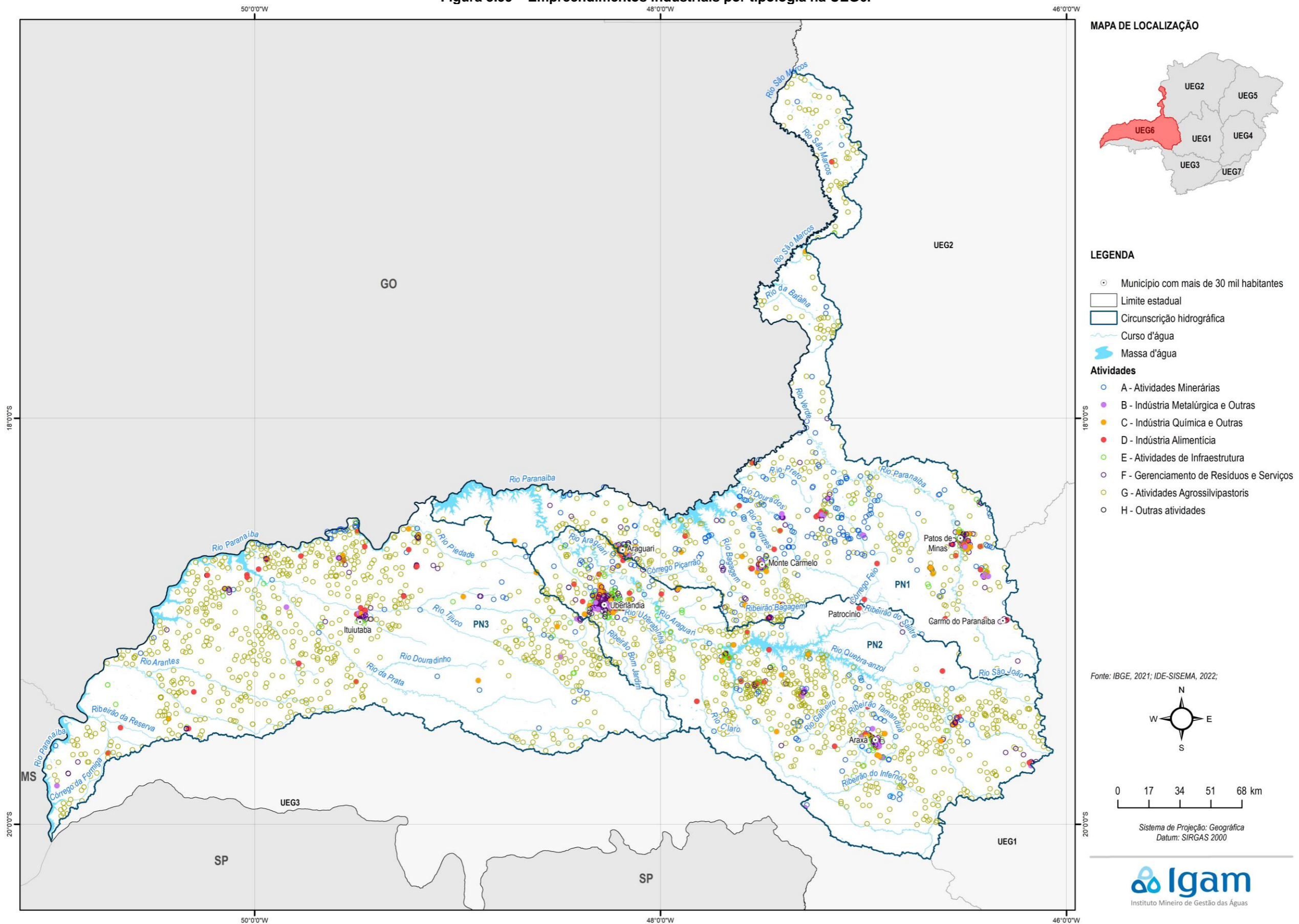
Observa-se do Quadro 3.72 que a tipologia G (atividades agrossilvipastoris) predomina na UEG6, em todas as suas CHs, respondendo por 57% dos empreendimentos licenciados na UEG. A CH PN2 reúne a maior parte das licenças (43%). Além dos empreendimentos de tipologia G, tem-se também os de tipologia F (gerenciamento de resíduos e serviços) e A (atividades minerárias), que juntas reúnem 25% das licenças da UEG6.

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, observa-se que a maior parte é de tipologia C (indústria química e outras), correspondendo a 40% das licenças de atividades industriais na UEG6. Tais indústrias se concentram principalmente na CH PN2, seguido pelas CHs PN1 e PN3 (Figura 3.99). Municípios que podem ser citados por concentrarem quantidades significativas de empreendimentos industriais são: Uberlândia e Araxá, na CH PN2; Araguari, Patos de Minas e Monte Carmelo, na CH PN1; e Ituiutaba, na CH PN3.

Do Quadro 3.73, observa-se que a maior parte (60%) dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio. Nas classes 5 e 6, correspondentes aos

empreendimentos de maior impacto, enquadram-se 11 empreendimentos, sendo cinco na CH PN3, cinco na CH PN2 e um na CH PN1. Destes empreendimentos de maior impacto, sete são da tipologia D (indústria alimentícia) e as demais de tipologia C (indústria química e outras).

Figura 3.99 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG6.



3.4.5.2.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação das informações sobre esgotamento sanitário. O tema foi amplamente abordado no RP005 do PMSH e este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.74 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.100 apresenta as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para a UEG6.

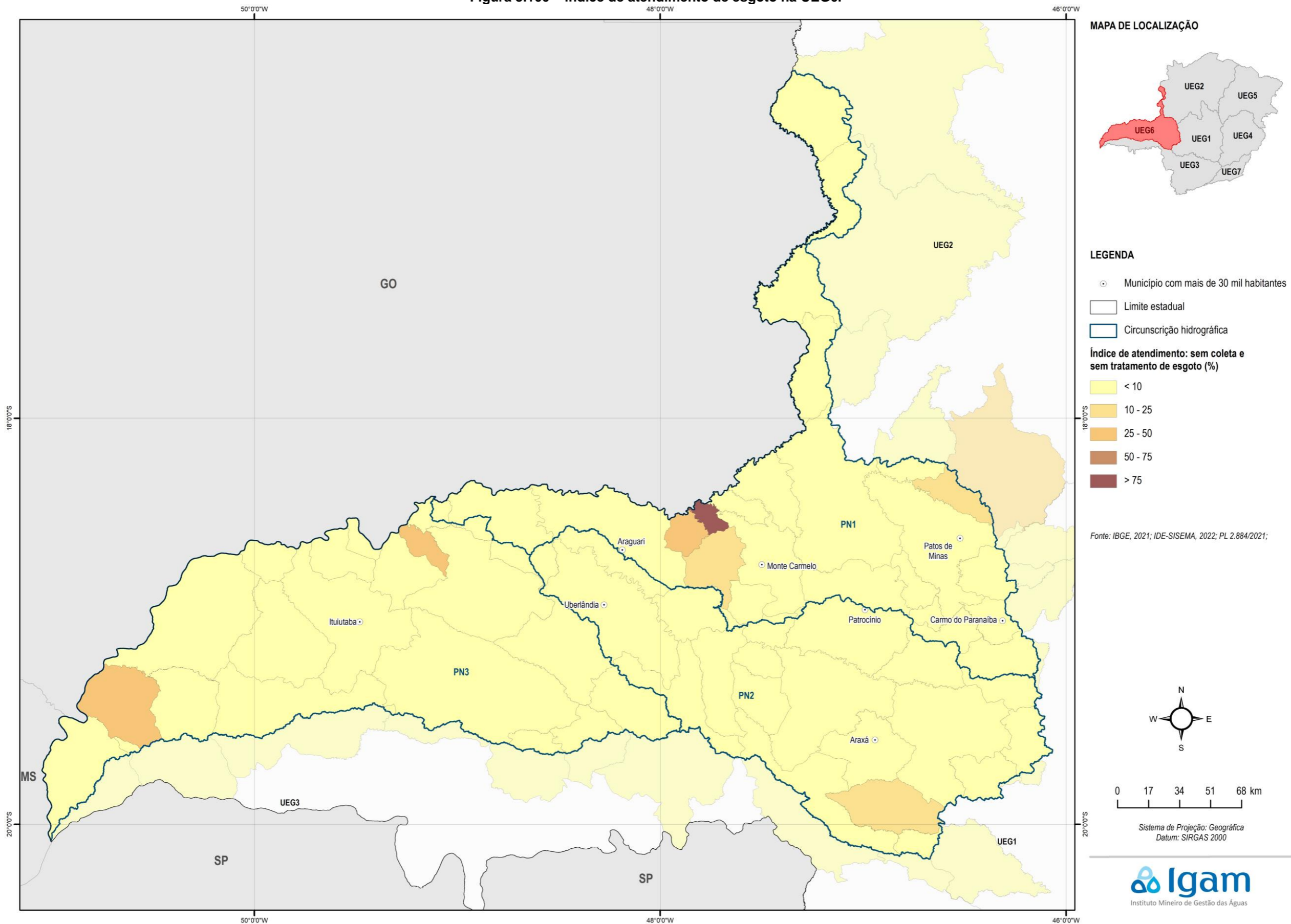
Quadro 3.74 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG6.

UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	Faixa 1 até 10%	Faixa 2 10 - 25%	Faixa 3 25 - 50%	Faixa 4 50 - 75%	Faixa 5 acima de 75%	
UEG6	37	2	3	-	1	43
CH PN1	13	1	1	-	1	16
CH PN2	12	1	-	-	-	13
CH PN3	12	-	2	-	-	14

Fonte: elaboração própria.

Do Quadro 3.74 e do mapa da Figura 3.100, pode-se observar que a UEG6 se apresenta numa situação relativamente boa com relação ao atendimento de coleta e tratamento de esgotos, com a maior parte (86%) dos municípios enquadrados na faixa 1, ou seja, até 10% da população sem atendimento. Há um único município enquadrado na faixa 5: Grupiara, localizado na CH PN1. Em termos absolutos, deve-se citar o município de Uberlândia, que apesar de estar enquadrado na faixa 1 (com menos de 10% da população sem atendimento), sua população é significativa, de modo que a população sem atendimento é significativa e, conseqüentemente, a carga poluidora lançada nos corpos hídricos sem tratamento é igualmente significativa.

Figura 3.100 – Índice de atendimento de esgoto na UEG6.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



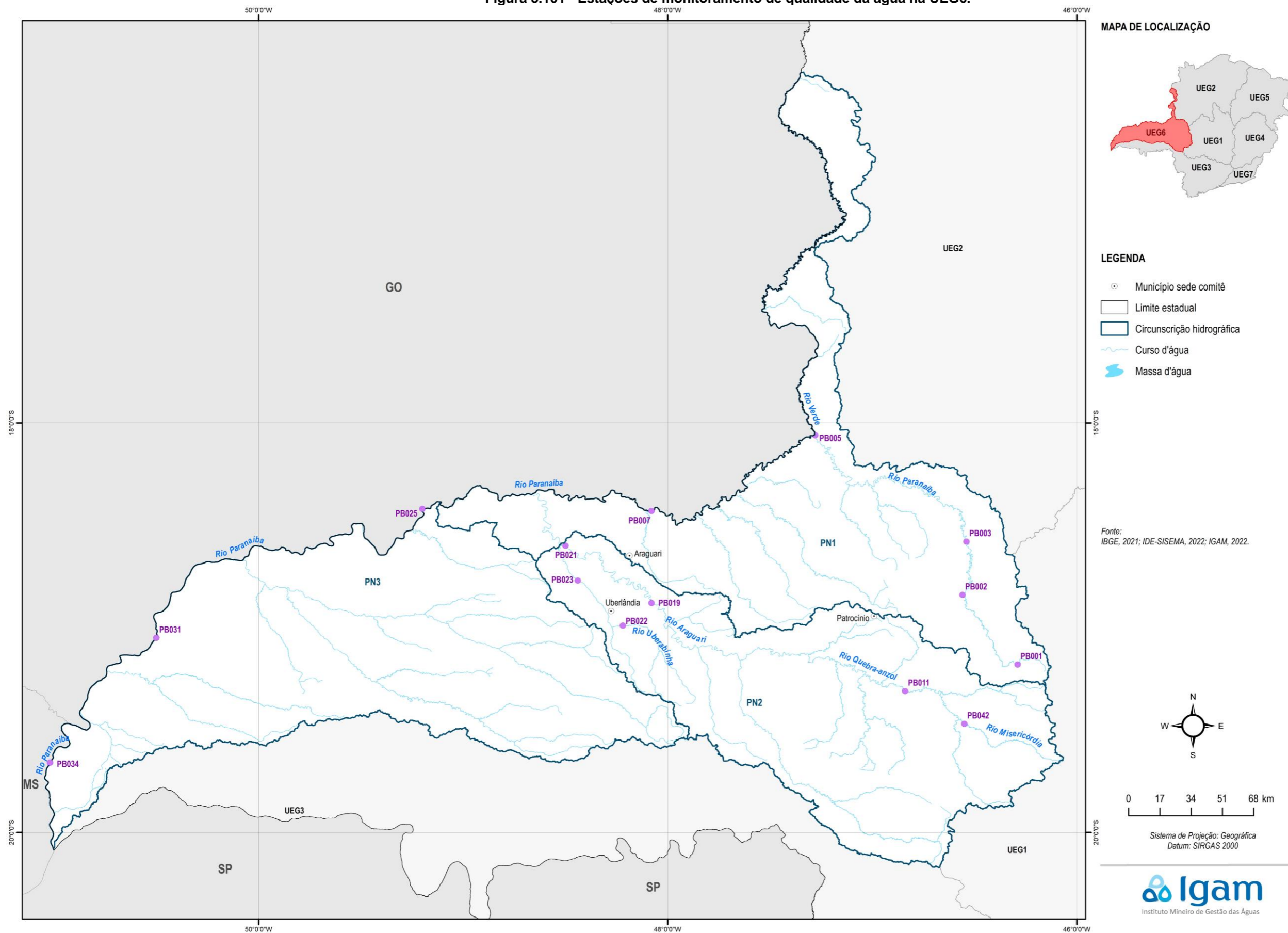
3.4.5.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água da UEG6 é apresentada na Figura 3.101.

Em seguida, é apresentada a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacias dos Rios Araguari, Quebra Anzol e Misericórdia
- Bacia do Rio Paranaíba

Figura 3.101 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG6.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx

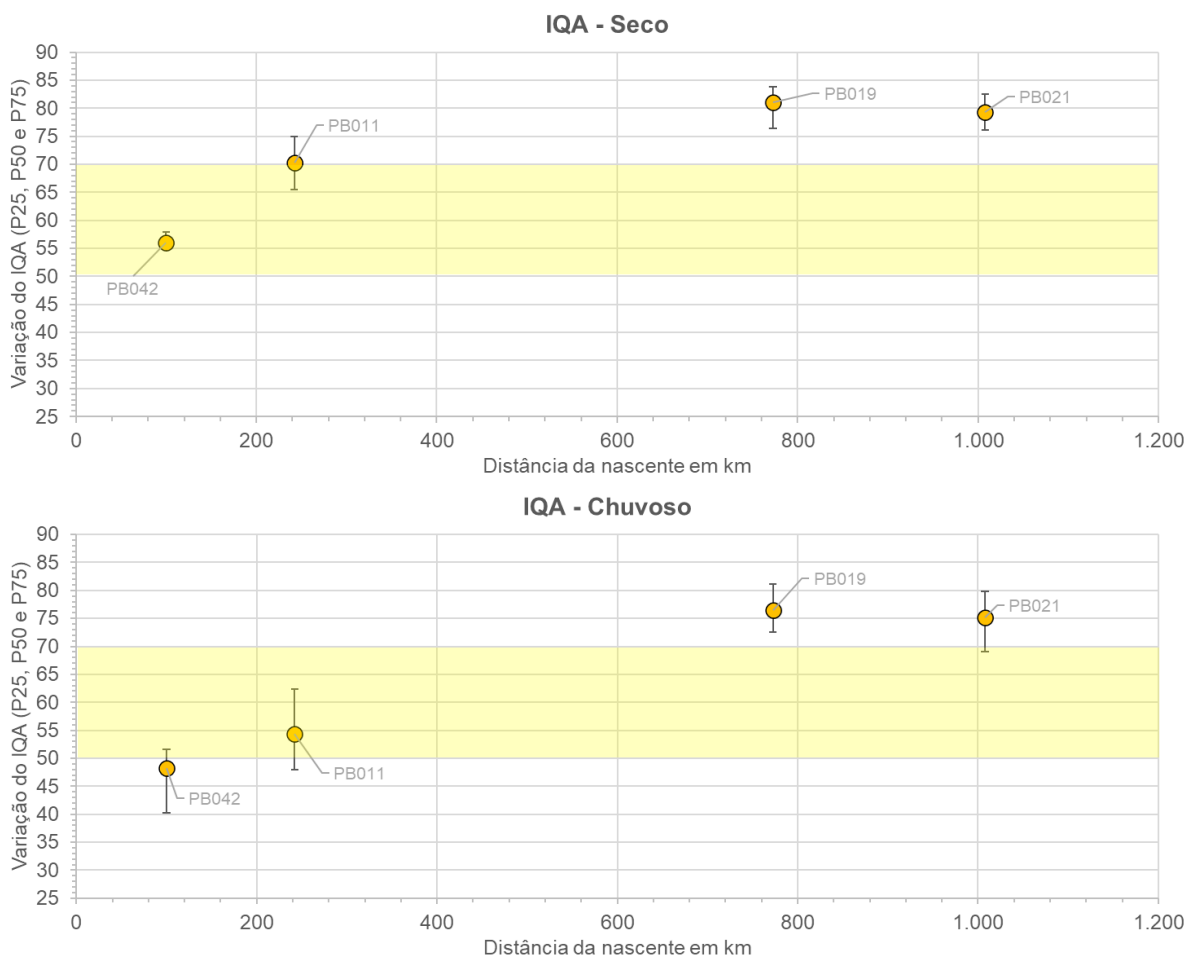


3.4.5.3.1 PN2 – Rio Araguari/Quebra Anzol/Misericórdia

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água na bacia do Rio Araguari, com destaque para o trecho Araguari/Quebra Anzol/Misericórdia e Rio Uberabinha ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA, IET e CT. A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM e CT ALTA.

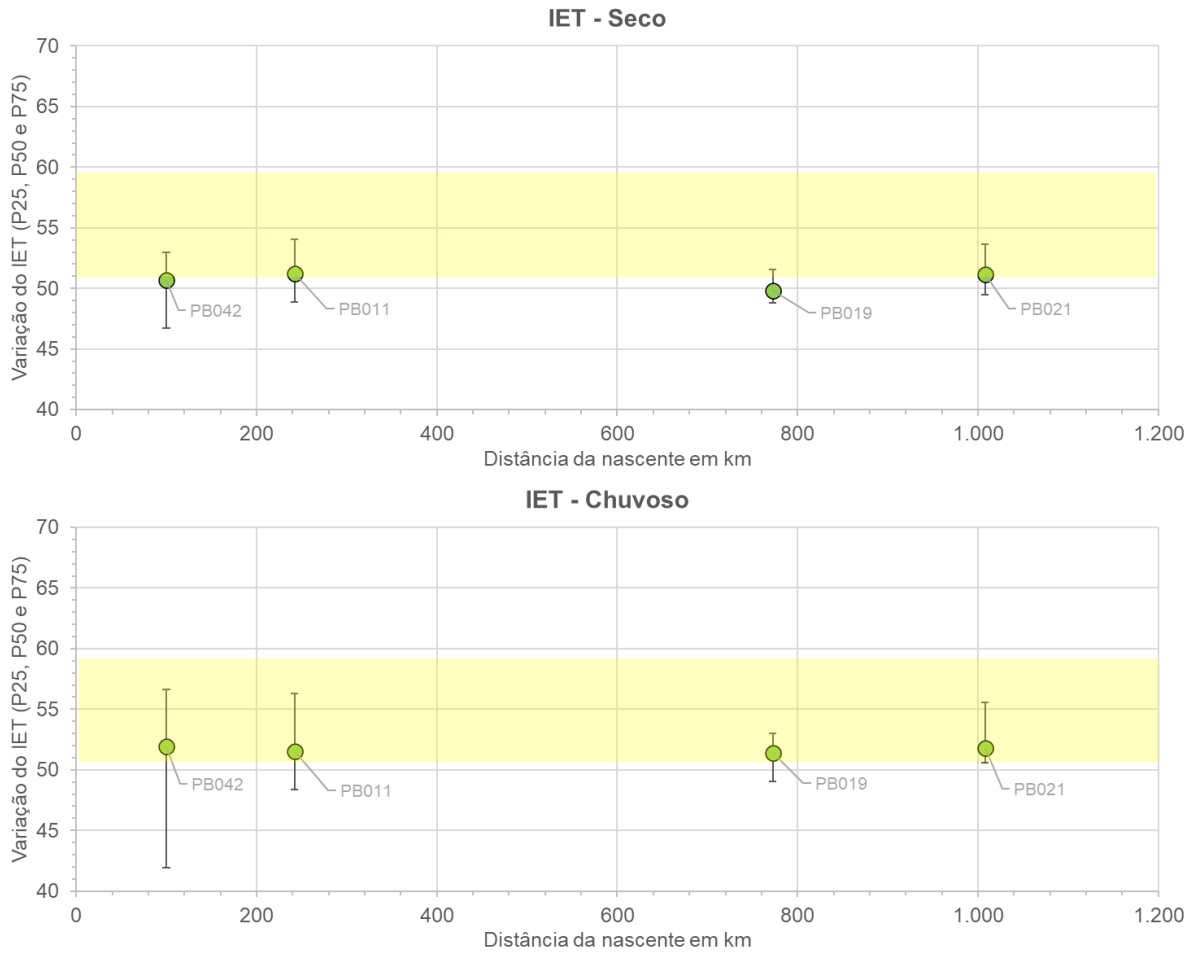
O trecho Araguari/Quebra Anzol/Misericórdia (PB042, PB011, PB019 e PB021) apresenta IQA no período seco variando de MÉDIO, no Rio Misericórdia, a jusante da sede urbana de Ibiá (PB042), a BOM no trecho baixo do Rio Araguari (PB019 e PB021). No período chuvoso verificou-se uma piora do IQA no trecho do Rio Misericórdia (PB042) e Rio Quebra Anzol (PB011) (Figura 3.102). O IET oscilou ao longo do gradiente climático no limiar dos níveis OLIGOTRÓFICO e MESOTRÓFICO (Figura 3.103). A frequência do CT (Figura 3.105) na classe BAIXA foi, na média entre os pontos amostrais, de 92% (seco) e 81% (chuvoso), enquanto a classificação ALTA respondeu por 3% (seco) e 7% (chuvoso).

Figura 3.102 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Araguari/Quebra Anzol e Misericórdia (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



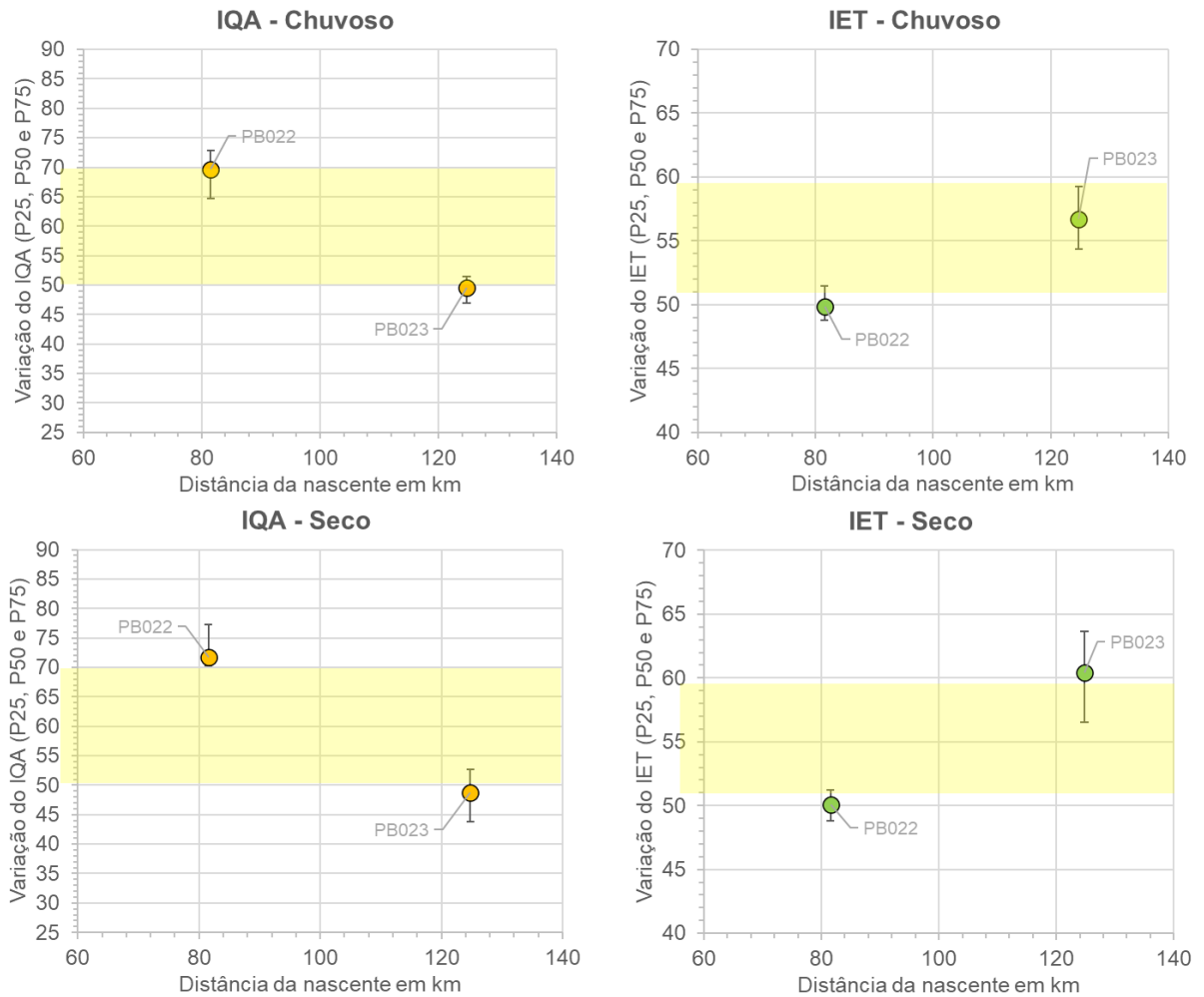
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.103 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Araguari/Quebra Anzol e Misericórdia (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.



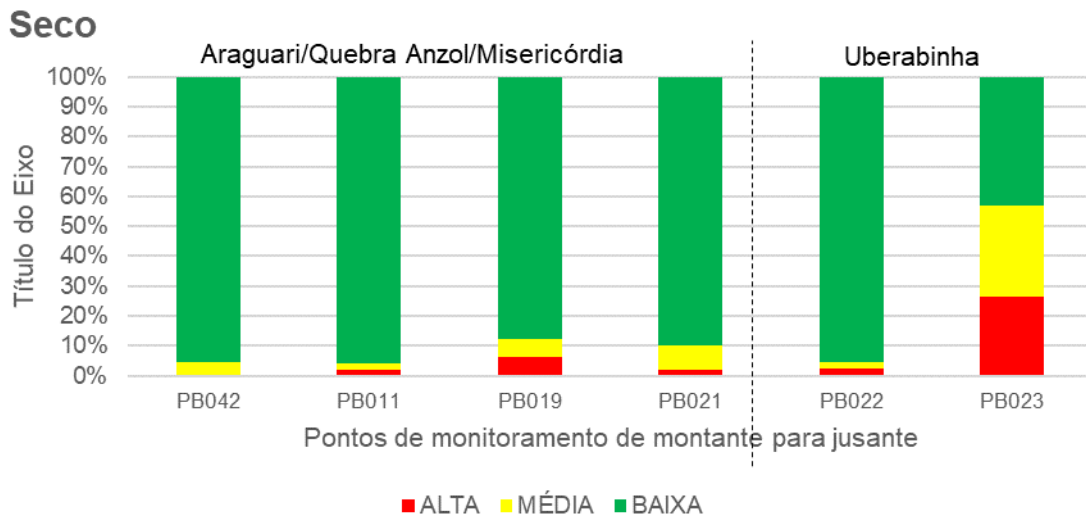
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.104 – Variação do IQA e IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Uberabinha (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA e faixa do IET MESOTRÓFICO.

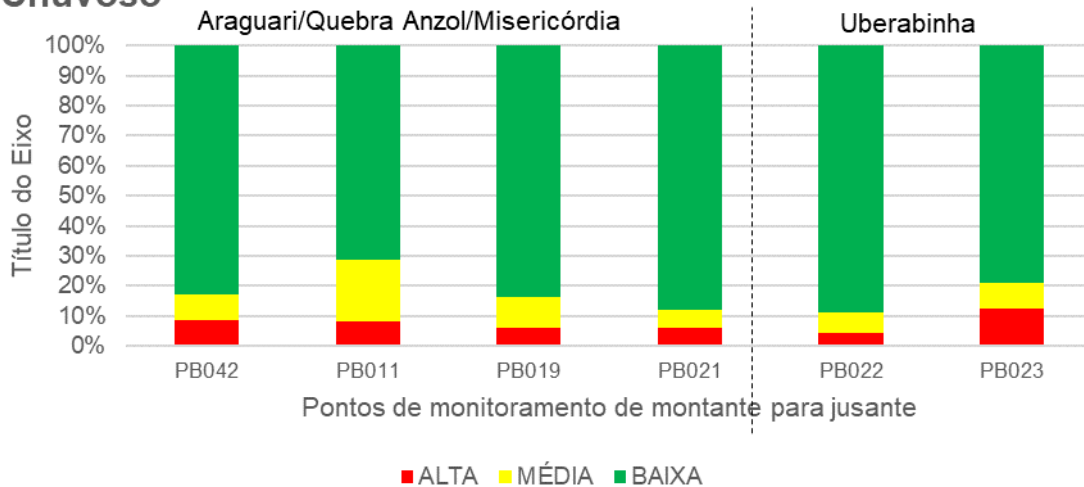


Fonte: elaboração própria.

Figura 3.105 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) – Bacia do Rio Araguari (PN2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.75 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Bacia do Rio Araguari (PN2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
PB042	100	0	0	49	8	0	0	0	43	0
PB011	242	0	0	46	0	0	0	8	46	0
PB019	773	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB021	1008	0	0	100	0	0	0	0	0	0
PB022	82	0	0	33	33	0	0	0	33	0
PB023	125	0	5	61	0	8	0	19	7	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.76 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Bacia do Rio Araguari (PN2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
PB042	100	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0
PB011	242	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	33
PB019	773	0	0	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0
PB021	1008	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
PB022	82	0	0	0	0	0	0	25	0	75	0	0	0	0
PB023	125	77	0	0	0	0	5	3	0	15	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

No trecho do Rio Quebra Anzol (PB42 e PB11) a bacia contribuinte possui uso do solo predominantemente rural com destaque para as áreas de pastagens, nas partes altas da bacia, e para a atividade agrícola (café, soja e outras culturas temporárias) nas proximidades do rio principal. As sedes urbanas são pouco populosas e distribuídas de maneira esparsa, com destaque no trecho do Rio Quebra Anzol para as sedes urbanas de Patrocínio (Índice de

coleta de esgoto - IN015=80%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=97,5%), na cabeceira da bacia do Rio Santo Antônio e Araxá (IN015=78,7%; IN016=72,1%), na cabeceira da bacia do Rio Capivara.

No trecho do Rio Araguari (PB019 e PB021) destaca-se os barramentos em cascata das UHEs, áreas de cultivo de cana e soja, e as sedes urbanas de Araguari (IN015=80%; IN016=93%) e Uberlândia (IN015=82,2%; IN016=100%), na bacia do Rio Uberabinha. A ausência de sedes urbanas populosas e o elevado tempo de residência imposto pelos barramentos favorece a melhora da qualidade da água observada no trecho baixo do Rio Araguari.

A bacia do Rio Uberabinha, por outro lado, apresenta um forte gradiente de uso e ocupação do solo, o qual varia de um uso predominantemente agrícola (cana e soja) para o uso predominantemente urbano, no trecho influenciado pela sede de Uberlândia. Ao longo do gradiente verifica-se uma piora significativa dos indicadores (IQA, IET e CT) entre os pontos de monitoramento de montante (bacia rural, PB022) e jusante da sede urbana de Uberlândia (PB023). Em ambos os períodos climáticos, o IQA (P50) oscila do limiar inferior da classe BOA para o limiar inferior da classe MÉDIA (Figura 3.104). Para IET (P50) observa-se uma mudança do nível OLIGOTRÓFICO para o nível EUTRÓFICO no período seco. Quando ao CT (Figura 3.105) destaca-se a variação na classe ALTA entre montante e jusante no período seco de 2% para 27%.

De maneira geral na Bacia do Rio Araguari, coliformes termotolerantes e turbidez foram os parâmetros responsáveis pela piora do IQA ao longo de todo o gradiente espacial. Esses parâmetros podem estar relacionados principalmente com aportes pontuais de esgotos domésticos das sedes urbanas mencionadas e com a carga difusa das áreas de pastagem e de agricultura (culturas temporárias e permanentes), sobretudo no período chuvoso.

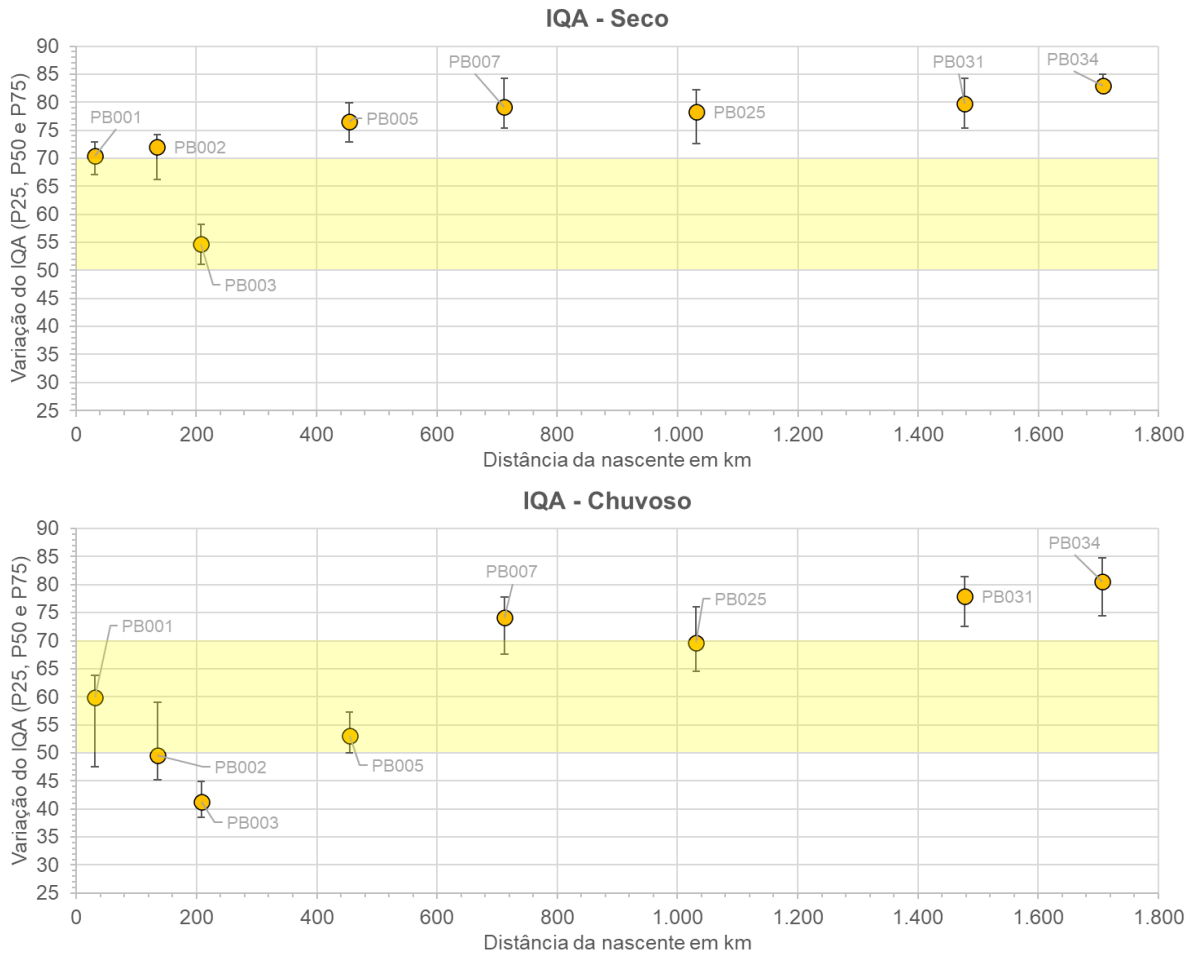
No trecho do Rio Uberabinha a jusante de Uberlândia, além de coliformes e turbidez, os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT) e Nitrogênio amoniacal (NH₄) também foram responsáveis pela piora expressiva dos indicadores. Nesse caso, os parâmetros estão relacionados com os efluentes urbanos (domésticos, industriais, drenagem urbana) de Uberlândia.

Para o CT, cobre e fenóis, foram os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA nos pontos analisados no Rio Araguari, Quebra Anzol, Misericórdia e Uberabinha. Diversos fatores de pressão existentes na bacia podem ter relação com o cobre, com destaque para: agricultura/pastagem (pesticidas/fertilizantes/corretivos), efluentes urbanos (drenagem urbana) e industriais (setor metalúrgico). Fenóis possuem relação com a carga de lavagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, e da atividade agropastoril (dejetos/pesticidas).

3.4.5.3.2 Rio Paranaíba

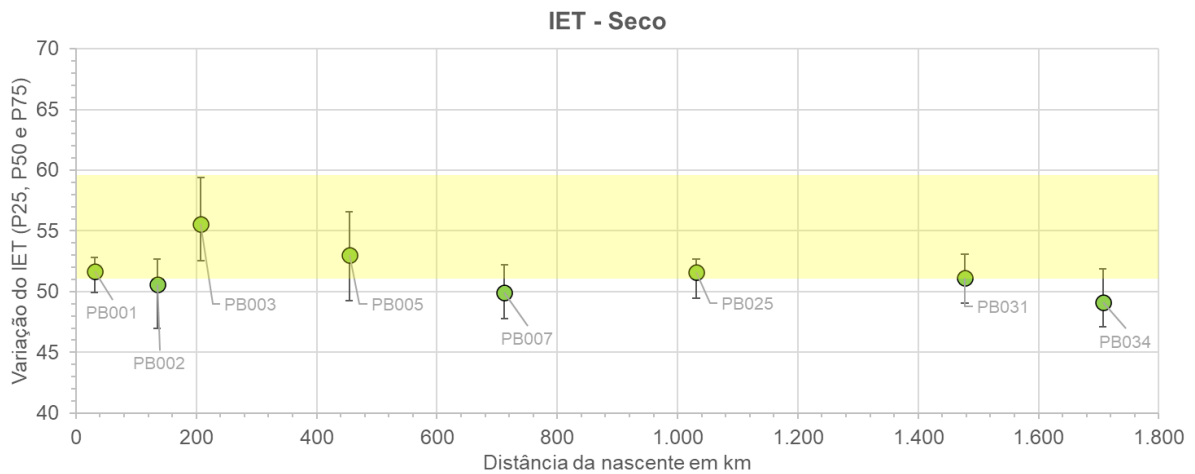
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Paranaíba ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.106), IET (Figura 3.107) e CT (Figura 3.108). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.77), e CT ALTA (Quadro 3.78).

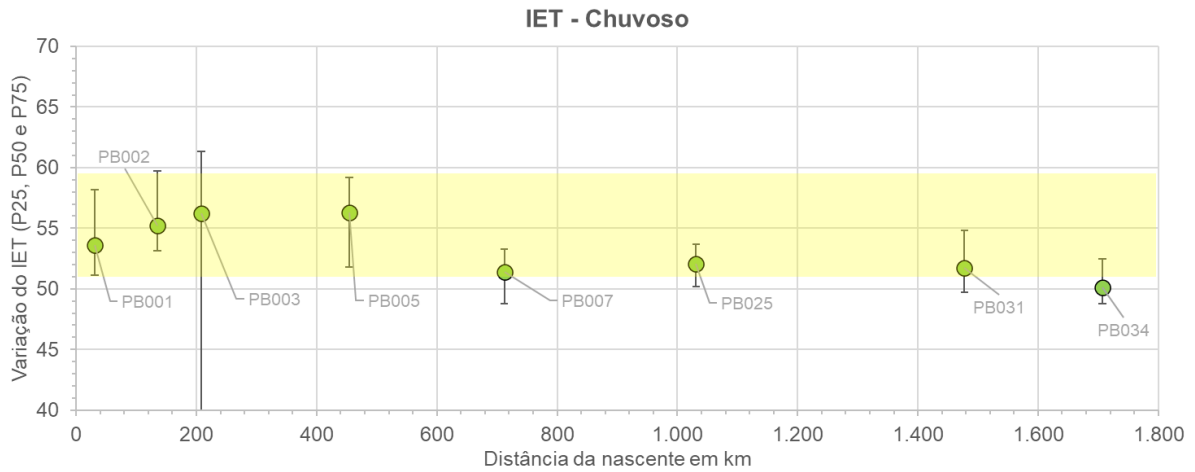
Figura 3.106 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paranaíba (UEG6). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.107 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paranaíba (UEG6). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.

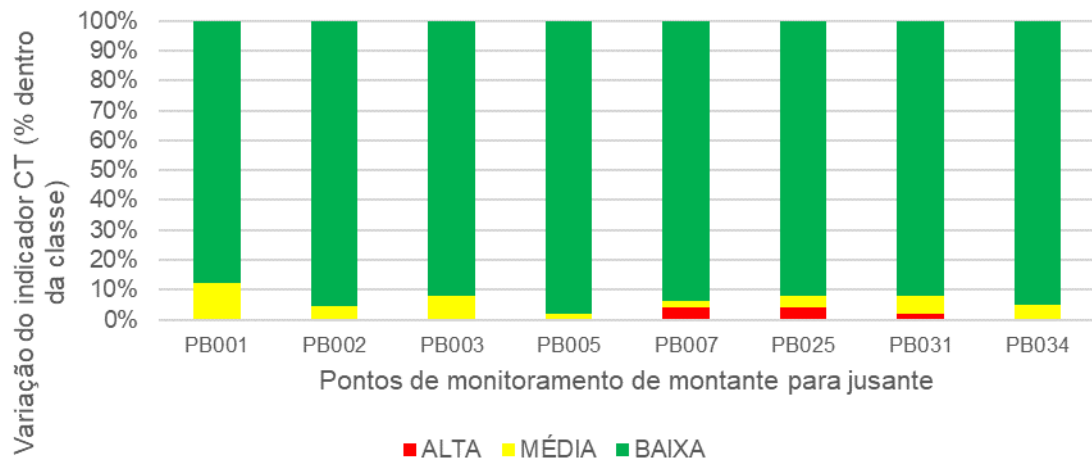




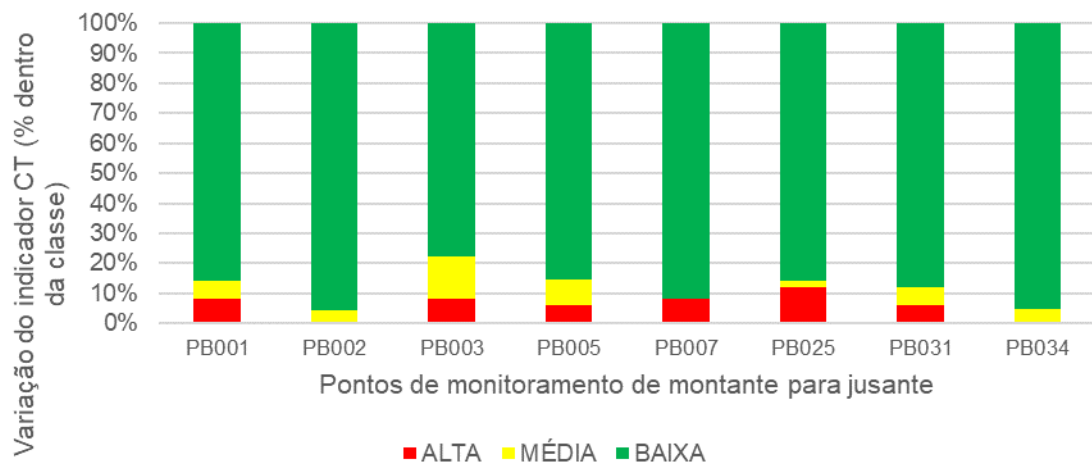
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.108 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo Rio Paranaíba (UEG6). Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.

Seco



Chuvoso



Fonte: elaboração própria.



Quadro 3.77 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paranaíba (UEG6).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
PB001	31	0	0	54	0	0	0	2	44	0
PB002	135	0	0	49	2	0	0	0	49	0
PB003	208	0	1	49	1	1	0	6	41	0
PB005	454	0	0	47	0	0	0	7	47	0
PB007	712	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB025	1031	0	0	100	0	0	0	0	0	0
PB031	1478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB034	1707	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.78 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paranaíba (UEG6).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
PB001	31	0	0	0	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0
PB002	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB003	208	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0
PB005	454	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
PB007	712	0	0	0	0	0	0	75	0	25	0	0	0	0
PB025	1031	0	0	0	0	0	17	50	0	33	0	0	0	0
PB031	1478	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
PB034	1707	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O IQA ao longo do Rio Paranaíba oscila no período seco próximo do limiar inferior da classe BOA no trecho alto (km 0 a 200), influenciado pelas cargas poluidoras remanescentes (domésticas e industriais) das sedes urbanas de Rio Paranaíba (Índice de coleta de esgoto - IN015=86,3%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=100%) e Carmo do Paranaíba (IN015=77,9%; IN016=87,4%), e da atividade agropastoril presente na bacia de contribuição, com destaque para café e soja, e pastagens, na porção mais alta da bacia.

Em Patos de Minas (IN015=77,9%; IN016=62,1%), verifica-se uma queda do indicador IQA na estação de monitoramento (PB003) situada na sede urbana, alcançando valores abaixo de 60, embora ainda com oscilação dentro da faixa MÉDIA. A montante da confluência com o Rio Verde (PB005), verifica-se uma nova melhora da qualidade da água no Rio Paranaíba, com o indicador oscilando consistentemente dentro da faixa da classe BOA. Na divisa dos Estados de Minas Gerais com Goiás (entre pontos PB007 e PB034), o Rio Paranaíba se mantém oscilando na faixa BOA ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo no período seco. O trecho em que o IQA oscilou de maneira consistente na faixa BOA caracteriza-se por uma bacia contribuinte rural, com predomínio de áreas agrícolas e de pastagem.

No período chuvoso, pode-se verificar uma piora na qualidade da água no trecho mineiro do Rio Paranaíba, possivelmente pela maior influência das cargas difusas tanto dos núcleos urbanos, quanto do uso do solo rural, com destaque para a atividade agropastoril. Nesse contexto, no trecho superior (km 0 - 200) uma clara tendência de queda no indicador é constatada, alcançando elevada frequência dentro da classe RUIM na sede urbana de Patos de Minas. Embora uma recuperação da qualidade da água possa ser constatada a jusante, o indicador se mantém oscilando próximo do limiar inferior da classe MÉDIA a montante da divisa com Goiás.

O IET variou predominantemente dentro da faixa da categoria MESOTRÓFICA no Alto Paranaíba, com tendência de mudança para a categoria OLIGOTRÓFICA no trecho que representa a divisa com o Estado de Goiás. Ao longo do gradiente climático, observa-se no período chuvoso uma leve tendência de incremento no nível do estado trófico no Alto Paranaíba.

A contaminação por tóxicos (CT) se mantém BAIXA no Alto Paranaíba (> 80%) ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo. No período chuvoso, verifica-se um maior percentual de ocorrências da classe ALTA e MÉDIA em todos os pontos monitorados na UEG, em relação ao período seco.

De maneira geral na Bacia do Alto Paranaíba, coliformes termotolerantes e turbidez foram os parâmetros responsáveis pela piora do IQA ao longo de todo o gradiente espacial. Esses parâmetros podem estar relacionados com a carga difusa das áreas de pastagem e de agricultura (soja e café), principalmente no período chuvoso, quando se verificou uma piora do IQA. No trecho influenciado pela sede urbana de Patos de Minas (PB003), além de coliformes e turbidez, os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Fósforo Total (FT) também foram responsáveis pelo IQA RUIM e MUITO RUIM. Nesse caso, os parâmetros estão relacionados com os efluentes (domésticos, industriais, drenagem urbana) dessa sede urbana.

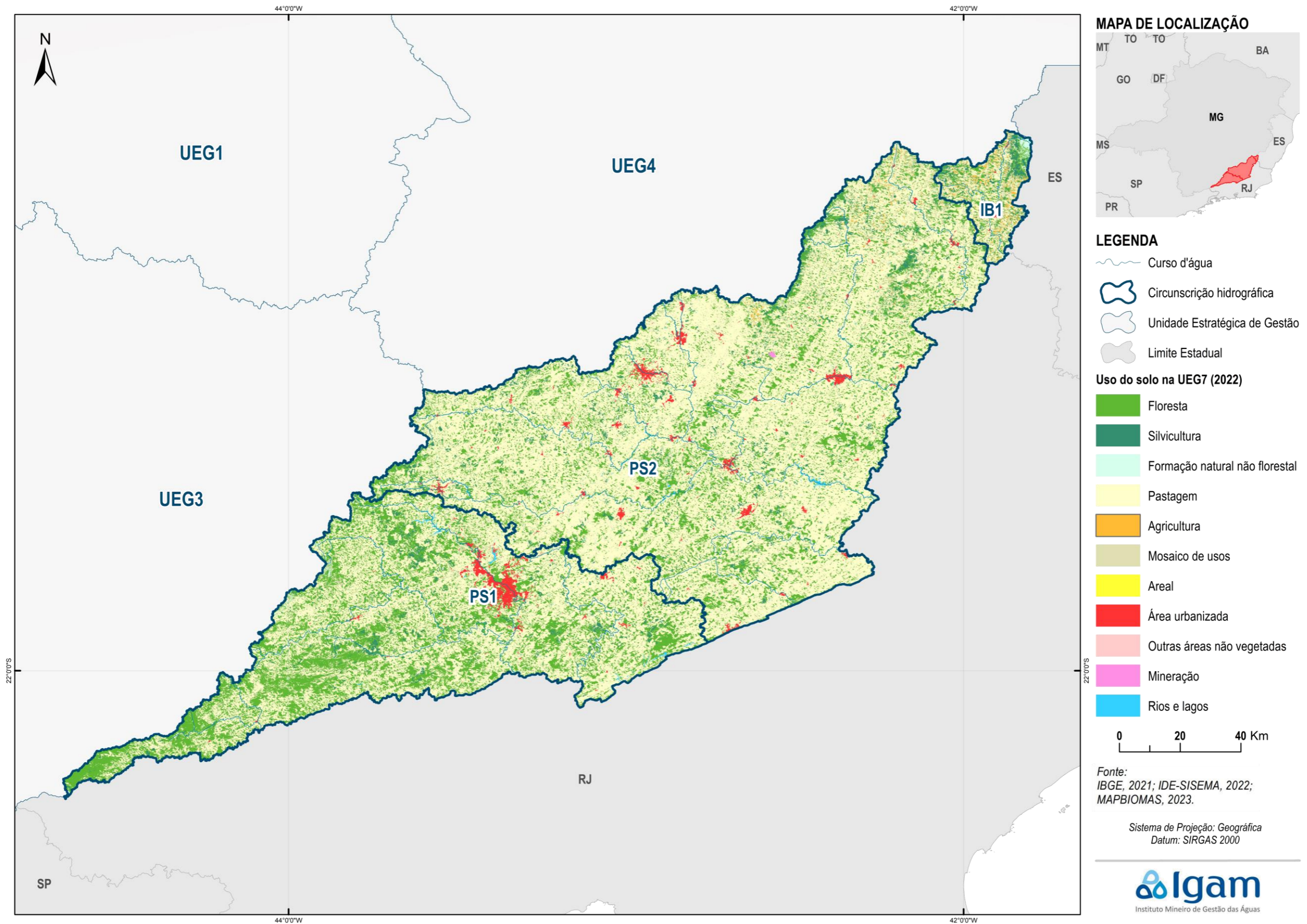
Para o CT, cobre e fenóis, foram os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA nos pontos analisados no Rio Paranaíba. Pela extensão ao longo do Rio Paranaíba com que esses parâmetros se destacam, pode-se relacionar diversos fatores de pressão existentes na bacia. O cobre está presente em pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo, utilizados na atividade agrícola e em pastagens, além da presença em efluentes urbanos (drenagem urbana) e industriais (com destaque para o setor metalúrgico). Fenóis possuem relação com a carga de lavagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, bem como com a atividade agropastoril (dejetos/pesticidas).

3.4.6 Afluentes do Rio Paraíba do Sul (UEG7)

3.4.6.1 Histórico do Uso e Cobertura do Solo

A Figura 3.109 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2022 para a UEG7. O Quadro 3.79 quantifica as áreas das classes de uso e cobertura do solo na UEG e suas CHs, para o ano de 2022.

Figura 3.109 - Uso e Cobertura do Solo na UEG7 para o ano de 2022.



Quadro 3.79 – Quantitativos de todas as classes de uso e cobertura do solo para a UEG7 e suas respectivas CHs em 2022.

Classe	UEG7 (km²)	PS1 (km²)	PS2 (km²)	IB1 (km²)	%
Área urbanizada	281,1	123,6	152,8	4,7	1,3%
Agricultura	96,6	0,7	41,9	54,1	0,5%
Floresta	5.257,1	2.595,5	2.526,5	135,1	24,6%
Formação Natural não Florestal	57,9	22,8	17,0	18,1	0,3%
Mineração	3,7	0,4	3,4	0,0	0,0%
Mosaico de Usos	2.755,9	934,7	1.641,9	179,4	12,9%
Outras áreas não vegetadas	29,9	10,5	18,8	0,6	0,1%
Pastagem	12.195,8	3.305,0	8.693,8	197,0	57,0%
Praia, Duna e Areal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Rios e lagos	104,9	39,1	65,6	0,3	0,5%
Silvicultura	595,6	160,3	362,7	72,6	2,8%
Total	21.378,7	7.192,5	13.524,4	661,8	100,0%

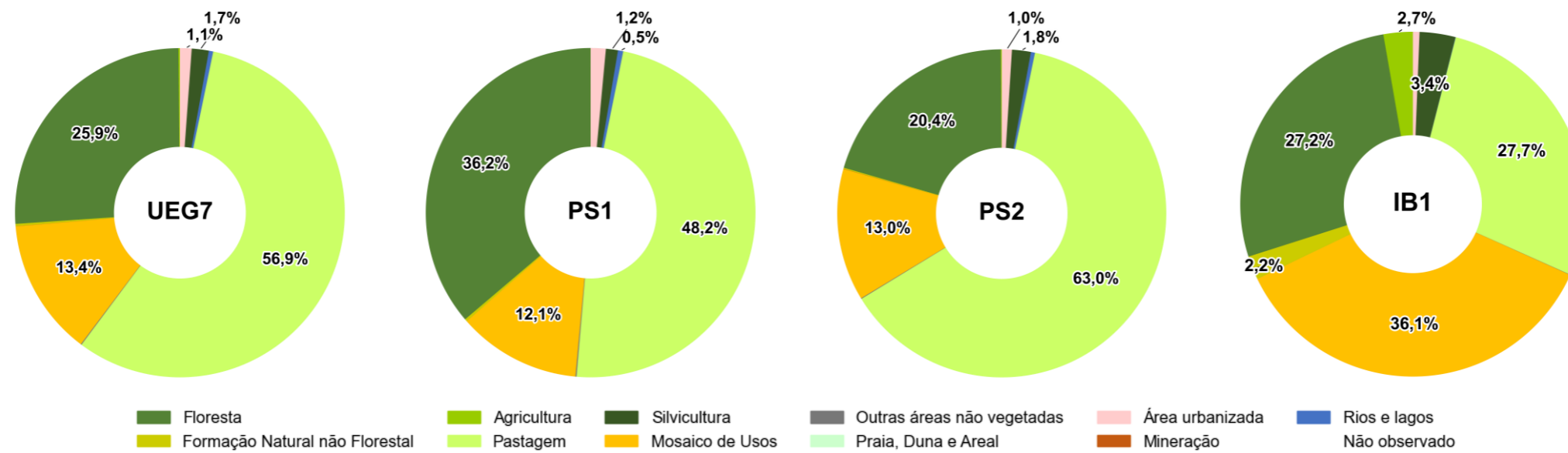
Fonte: elaboração própria

A Figura 3.110 apresenta os resultados de uso e cobertura do solo para o ano de 2016 e a Figura 3.111 para o ano de 2022, representando a evolução histórica para a UEG7 e suas CHs.

A UEG dos Afluentes do Rio Paraíba do Sul se caracteriza pela predominância de Pastagens, Mosaico de Usos e Formações Florestais. Essa característica foi preservada entre os anos analisados. Em 2016, 56,9% da área era ocupada por Pastagens e 25,9% por áreas de Floresta. Destaca-se, também, a classe de Mosaico de Usos (13,4%).

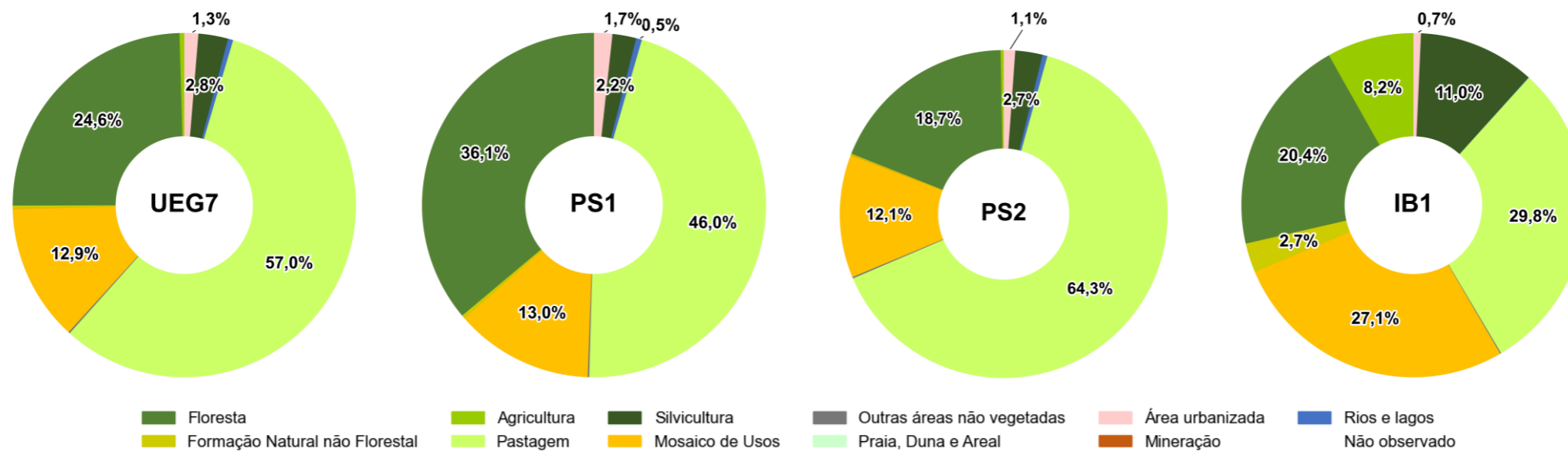
Em 2022, a distribuição das classes apresenta estabilidade na classe de Pastagem (56,9% para 57,0%) e redução nas áreas de Florestas (25,9% para 24,6%). Ainda, houve pequeno decréscimo nas áreas de Mosaico de Usos (13,4% para 12,9%). Também se destaca o aumento em áreas de Silvicultura (1,7% para 2,8%).

Figura 3.110 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG7, em 2016.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.111 - Distribuição das classes de uso e cobertura do solo na UEG7, em 2022.



Fonte: elaboração própria.

3.4.6.2 Análise dos Fatores de Pressão

3.4.6.2.1 Fatores de pressão naturais

3.4.6.2.1.1 Solos

O Quadro 3.80 apresenta os quantitativos por classe de solo e a Figura 3.112 apresenta a distribuição espacial das classes de solo na UEG7.

O detalhamento das classes de solo por UEG é apresentado no APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG e por ottobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6.

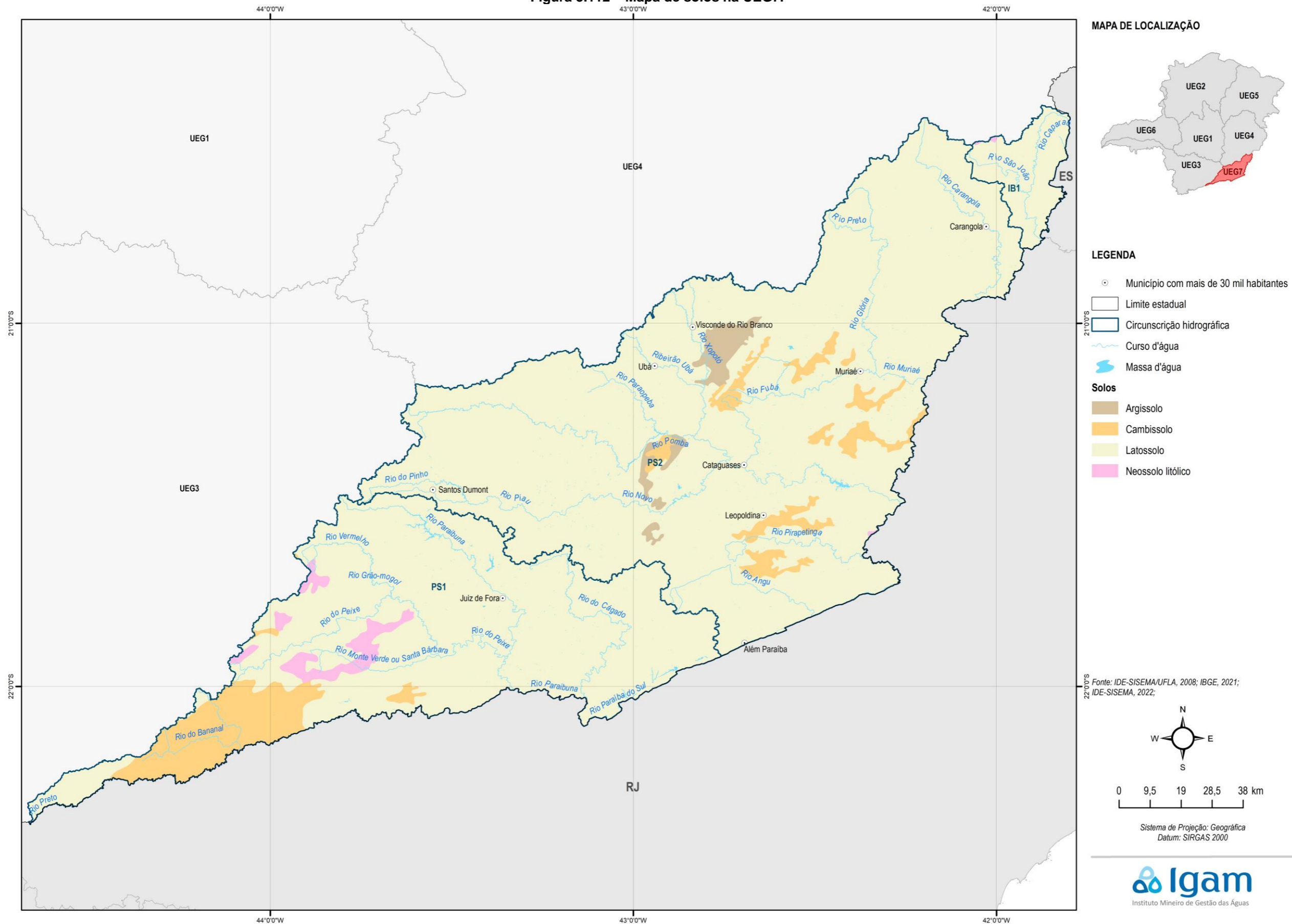
Do Quadro 3.80 observa-se que predomina na UEG7 o latossolo que, somando-se suas subdivisões, responde por quase 75% da área total da UEG. Observando-se a Figura 3.112, nota-se que as ocorrências além do latossolo são basicamente de cambissolo e apenas algumas pequenas manchas de argissolo e neossolo litolítico.

Quadro 3.80 - Quantitativos de área ocupada por classe simplificada de solos na UEG7.

Classes de solo	UEG7		PS1		PS2		IB1	
	km2	%	km2	%	km2	%	km2	%
Argissolo Vermelho	317,86	1,48%	2,61	0,04%	315,25	2,33%	-	-
Argissolo Vermelho-Amarelo	1.455,49	6,79%	463,69	6,44%	991,80	7,34%	-	-
Cambissolo Flúvico	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háptico	2.728,35	12,72%	1.281,73	17,79%	1.446,62	10,70%	-	-
Cambissolo Húmico	834,64	3,89%	523,38	7,27%	311,26	2,30%	0,00	0,00%
Gleissolo Háptico	-	-	-	0	-	0	-	-
Gleissolo Melânico	-	-	-	0	-	0	-	-
Latossolo Amarelo	2.041,88	9,52%	624,25	8,67%	1.417,63	10,49%	-	-
Latossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-
Latossolo Vermelho	550,11	2,56%	-	-	548,97	4,06%	1,14	0,16%
Latossolo Vermelho-Amarelo	13.260,49	61,82%	4.224,21	58,64%	8.312,77	61,50%	723,51	99,16%
Luvissolo Crômico	-	-	-	-	-	-	-	-
Luvissolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Erro	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Hidromórfico	-	-	-	-	-	-	-	-
Neossolo Litólico	261,61	1,22%	83,99	1,17%	172,64	1,28%	4,98	0,68%
Neossolo Quartzarênico	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitossolo Vermelho	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras Áreas	-	-	-	-	-	-	-	-
Planossolo Háptico	-	-	-	-	-	-	-	-
Plintossolo Argilúvico	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	21.450,42	100%	7.203,85	100%	13.516,94	100%	729,63	100%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.112 – Mapa de solos na UEG7.



3.4.6.2.1.2 Cobertura vegetal

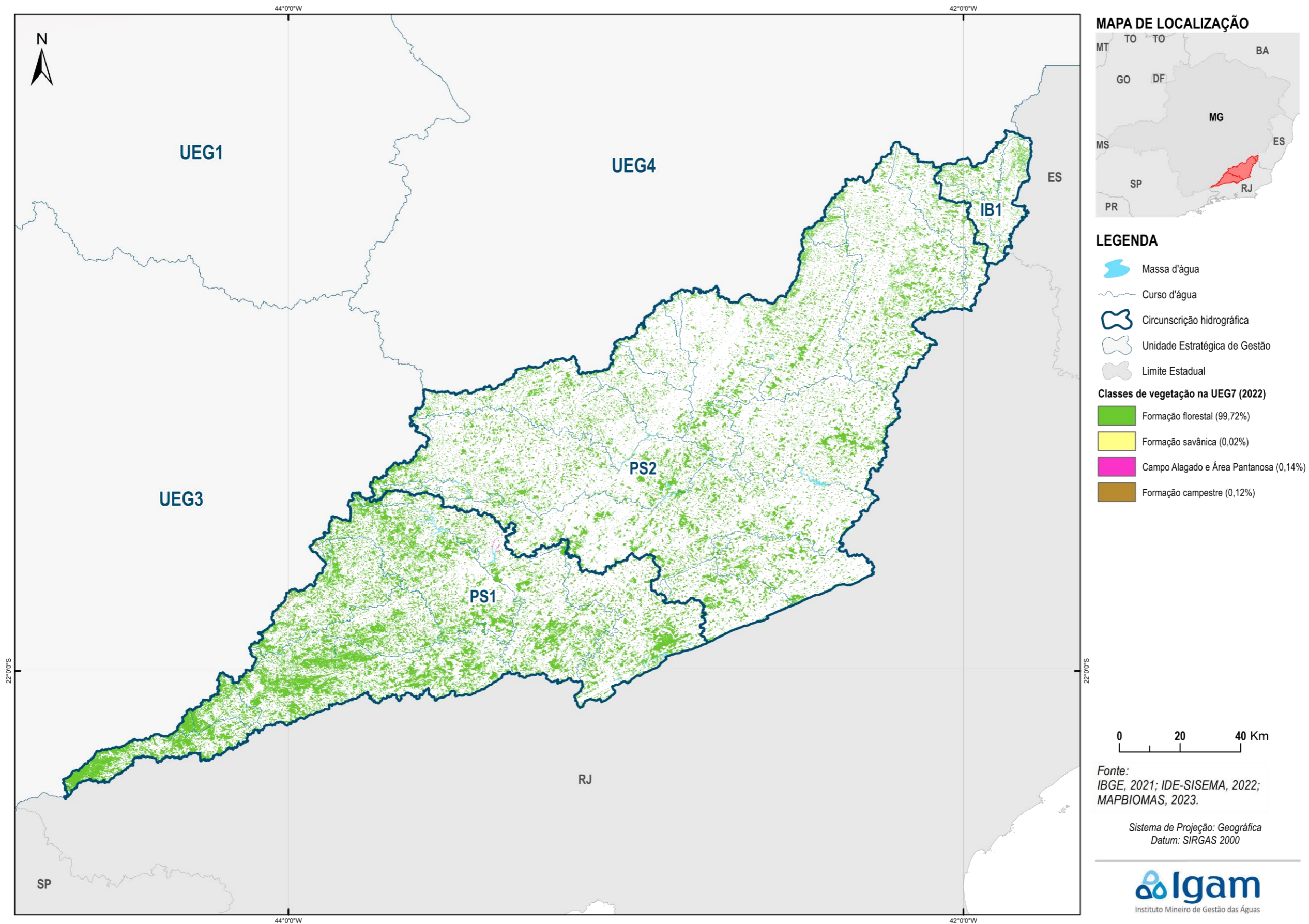
O Quadro 3.81 apresenta os quantitativos por classe de cobertura vegetal e a Figura 3.113 apresenta a distribuição espacial das classes de cobertura vegetal na UEG7.

Quadro 3.81 - Quantitativos de área ocupada por classe de cobertura vegetal na UEG7.

UEG/CH		Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
UEG7	(km ²)	7,47	6,16	5256,19	0,91
	(%)	0,14%	0,12%	99,72%	0,02%
IB1	(km ²)	0,01	-	134,97	0,13
	(%)	0,00%	-	99,90%	0,10%
PS1	(km ²)	4,37	6,14	2.595,35	0,16
	(%)	0,17%	0,24%	99,59%	0,01%
PS2	(km ²)	3,09	0,02	2.525,87	0,62
	(%)	0,12%	0,00%	99,85%	0,02%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.113 – Cobertura Vegetal na UEG7.



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.6.2.2 Fatores de pressão antrópicos

3.4.6.2.2.1 Agricultura e pastagem

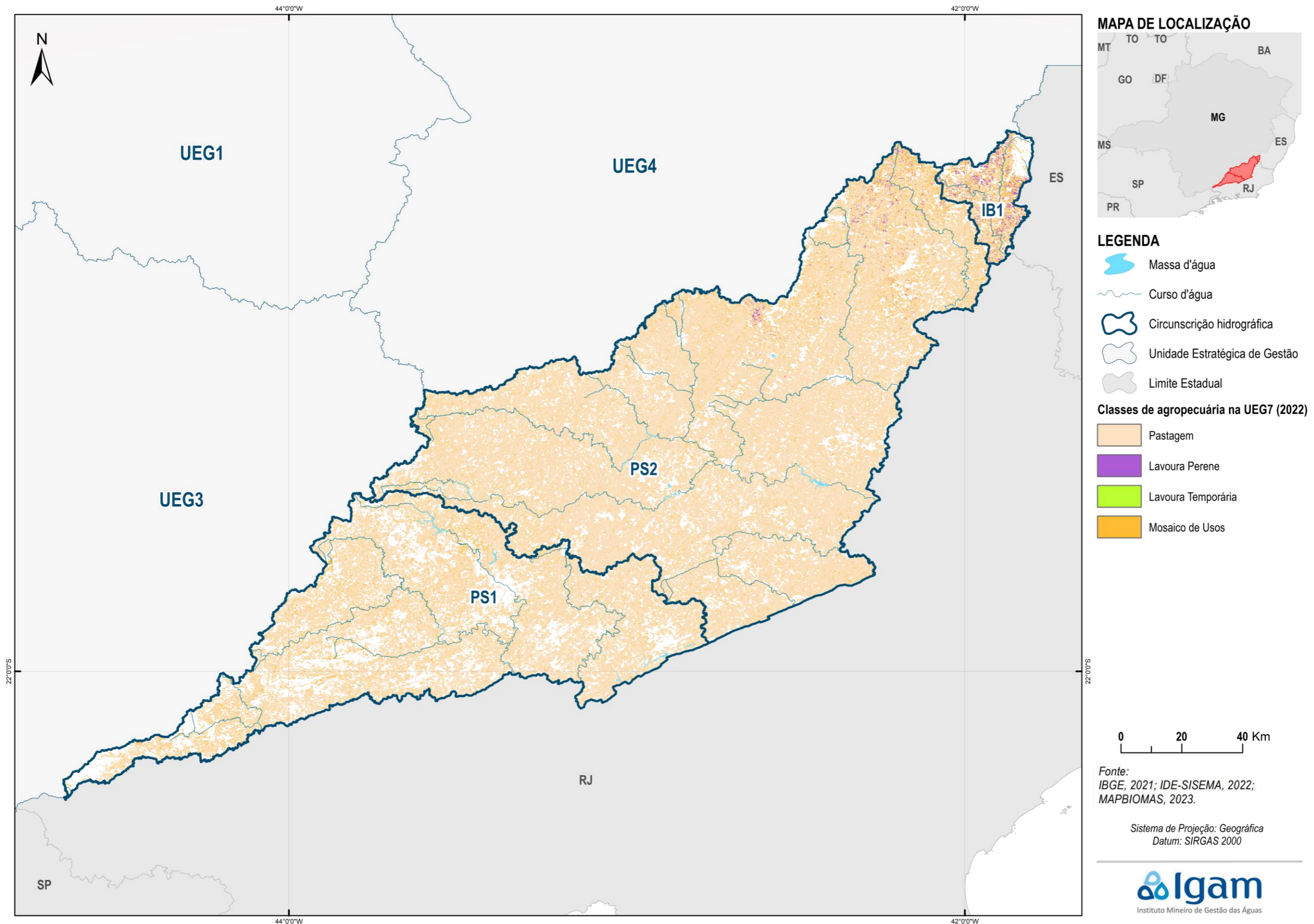
O Quadro 3.82 apresenta os quantitativos por classe relacionada à agricultura e pastagem e a Figura 3.114 apresenta a distribuição espacial das classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG7.

Quadro 3.82 - Quantitativos de área ocupada por classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG7.

UEG/CH		Pastagem	Lavoura Perene	Lavoura Temporária	Mosaico de Usos
UEG7	(km ²)	12.195,84	95,80	0,84	2.755,95
	(%)	81,04%	0,64%	0,01%	18,31%
IB1	(km ²)	197,00	54,09	-	179,40
	(%)	45,76%	12,56%	-	41,67%
PS1	(km ²)	3.305,01	-	0,66	934,69
	(%)	77,94%	-	0,02%	22,04%
PS2	(km ²)	8.693,83	41,71	0,18	1.641,86
	(%)	83,78%	0,40%	0,00%	15,82%

Fonte: elaboração própria.

Figura 3.114 – Classes relacionadas à agricultura e pastagem na UEG7.



3.4.6.2.2 Mineração

O Quadro 3.83 apresenta os quantitativos por material minerado e a Figura 3.115 apresenta a distribuição espacial das áreas de mineração na UEG7.

Quadro 3.83 - Quantitativos de área ocupada por material minerado na UEG7.

Material minerado*	PS1		PS2	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Bauxita	-	-	3,14	93,23%
Brita	-	-	0,14	4,13%
Cascalho	-	-	0,04	1,07%
Gnaisse	0,36	98,34%	0,05	1,50%
Mineral não cadastrado	0,01	1,66%	0,00	0,07%

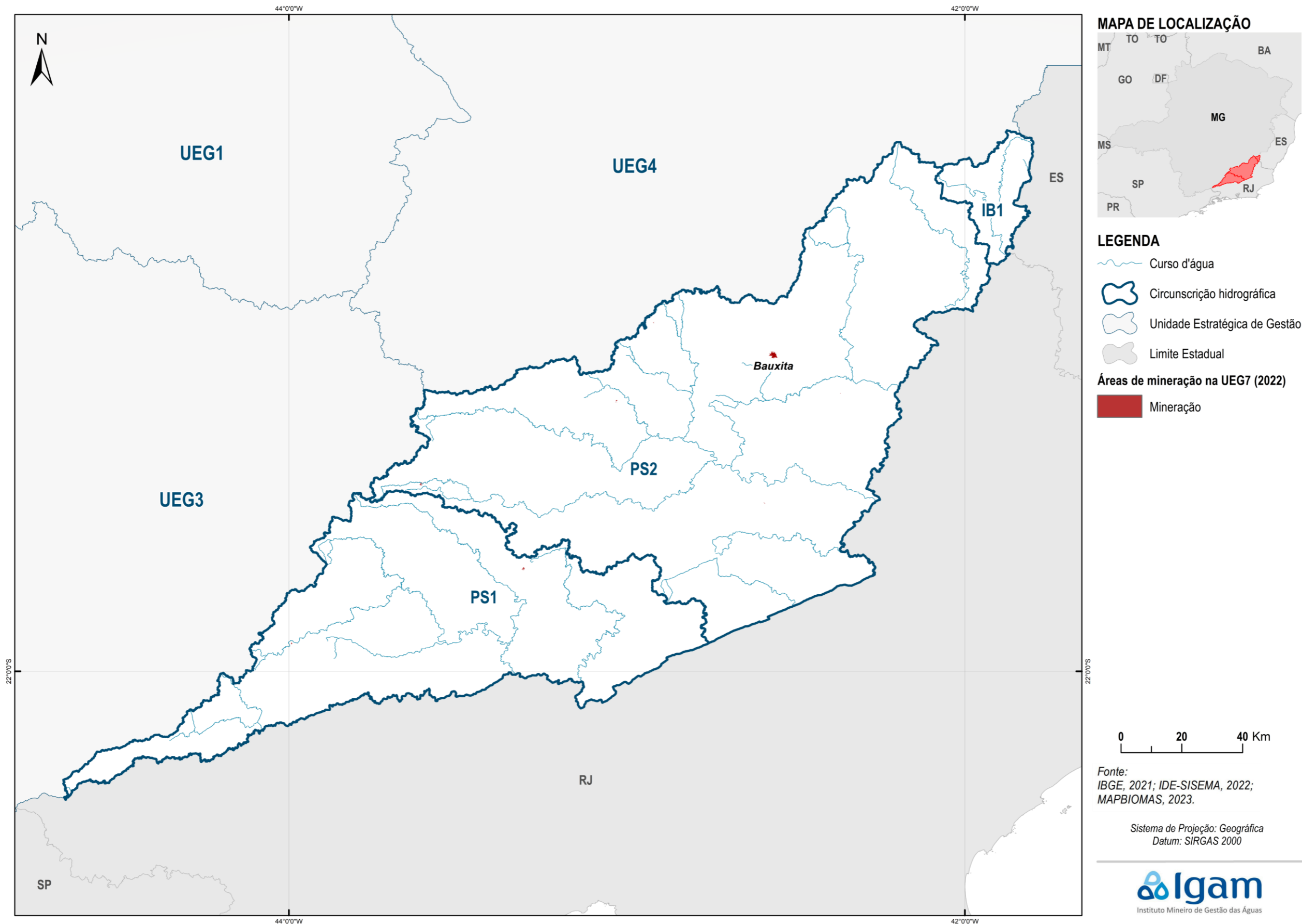
Fonte: elaboração própria.

Nota: A CH IB1 não contempla áreas de mineração no mapeamento de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomias (ano base 2022).

O detalhamento dos materiais minerados por otobacia nível 6 é apresentado no APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

Analisando-se o quadro e o mapa, pode-se observar que as áreas de mineração são pouco extensas e dispersas na UEG7, estando a maior área localizada na porção central da CH PS2, cujo material minerado é a bauxita.

Figura 3.115 – Áreas de mineração na UEG7.



3.4.6.2.3 Atividade industrial

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG7 e em suas respectivas CHs é apresentado no Quadro 3.84.

Quadro 3.84 – Empreendimentos licenciados por categoria para a UEG7 e suas CHs.

UEG/CH	Tipologia do empreendimento								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
UEG7	126	52	45	55	91	205	38	-	612
CH PS1	30	8	10	8	28	49	2	-	135
CH PS2	87	44	35	46	62	150	36	-	460
CH IB1	9	-	-	1	1	6	-	-	17

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

O quantitativo dos empreendimentos existentes na UEG7 e em suas respectivas CHs por classe da DN COPAM nº 217/2017 (conforme apresentado no item 3.3.1.2.2) é apresentado no Quadro 3.85. Nesse, são apresentados apenas os empreendimentos das categorias B, C e D, que são as categorias de atividades industriais propriamente ditas.

Quadro 3.85 – Empreendimentos licenciados por classe para a UEG7 e suas CHs.

UEG/CH	Classe do empreendimento						Total
	1	2	3	4	5	6	
UEG7	21	104	9	15	-	3	152
CH PS1	-	20	3	3	-	-	26
CH PS2	21	83	6	12	-	3	125
CH IB1	-	1	-	-	-	-	1

Fonte: elaboração própria com base nos dados de IDE-SISEMA (2023).

Essas informações são apresentadas por otobacia nível 6 no APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6.

A distribuição espacial dos empreendimentos licenciados na UEG7 pode ser observada na Figura 3.116.

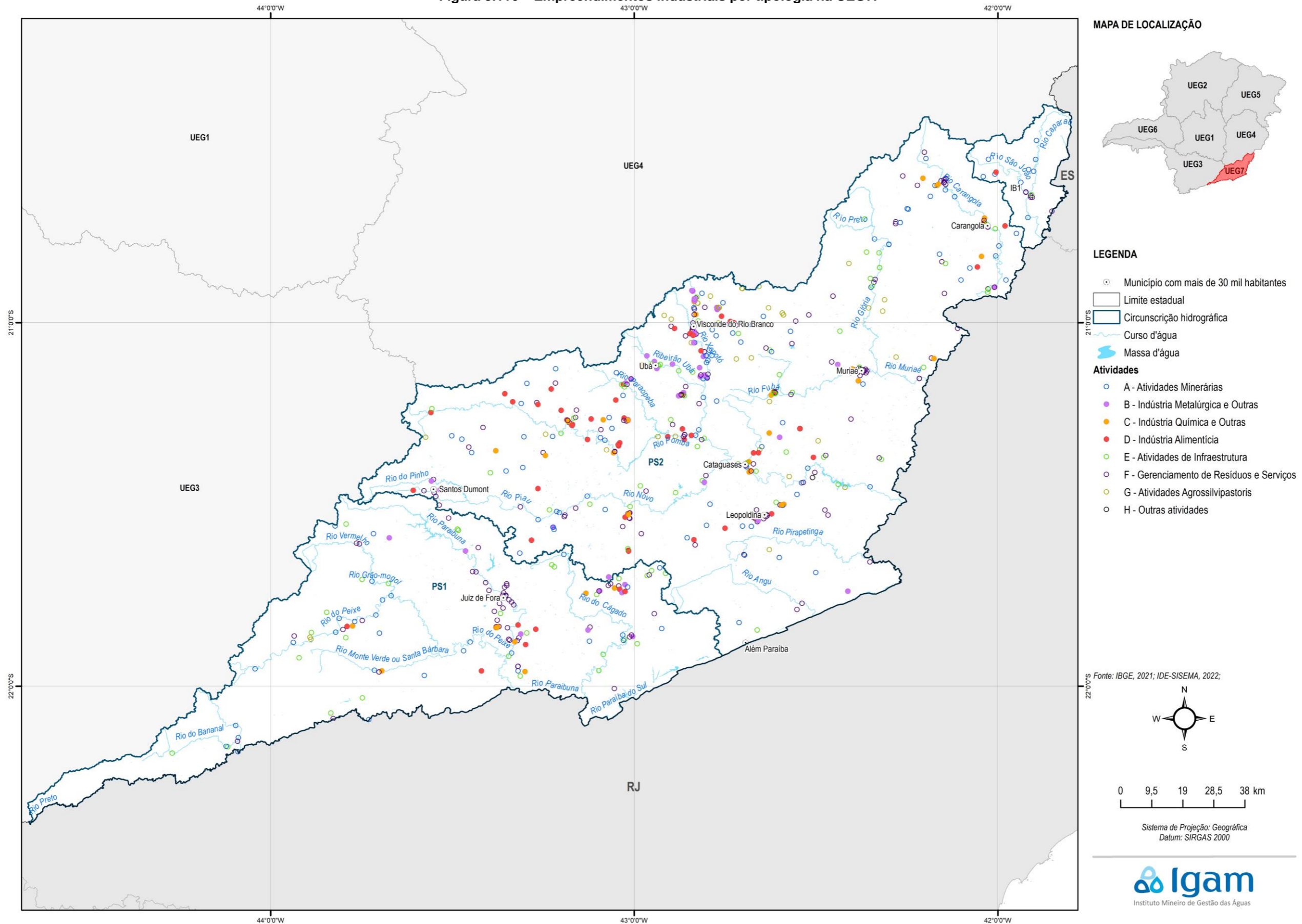
Observa-se do Quadro 3.84 que a tipologia F (gerenciamento de resíduos e serviços) ocorre em maior quantidade na UEG7, respondendo por 33% dos empreendimentos licenciados na UEG. A CH PS2 reúne a maior parte das licenças (75%). Além dos empreendimentos de tipologia F, destaca-se também o de tipologia A (atividades minerárias), que reúne 21% das licenças da UEG7.

Com relação aos empreendimentos industriais, que correspondem às tipologias B, C e D, observa-se que os quantitativos estão uniformemente distribuídos nas três tipologias, estando concentradas na CH PS2, que reúne 82% dessas licenças (Figura 3.116). Alguns municípios podem ser citados como tendo quantidade significativa de licenças destas três tipologias: Visconde do Rio Branco e Leopoldina, na CH PS2; e Matias Barbosa, na CH PS1. Na CH IB1, encontra-se apenas um empreendimento industrial licenciado, de tipologia D (indústria alimentícia) no município de Espera Feliz.

Do Quadro 3.85, observa-se que a maior parte (68%) dos empreendimentos industriais estão em classe 2, ou seja, segundo a DN COPAM nº 217/2017, são empreendimentos de pequeno porte, com potencial poluidor médio. Nas classes 5 e 6, correspondentes aos

empreendimentos de maior impacto, enquadram-se 13 empreendimentos, todos eles localizados na CH PS2. Destes empreendimentos de maior impacto, dois são da tipologia B (indústria metalúrgica e outras) e a outra de tipologia D (indústria alimentícia), estando localizadas nos municípios de Ubá, São Geraldo e Visconde do Rio Branco.

Figura 3.116 – Empreendimentos industriais por tipologia na UEG7.



Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.4.6.2.2.4 Esgotamento sanitário

A análise das informações sobre saneamento se centrou na avaliação das informações sobre esgotamento sanitário. O tema foi amplamente abordado no RP005 do PMSH e este relatório se utiliza da base de dados elaborada nesse produto.

O Quadro 3.86 apresenta de forma tabular o quantitativo de sedes municipais em cada uma das faixas de percentuais de não atendimento por serviços de esgotamento sanitário, conforme já exposto no capítulo de metodologia (Item 3.3.1.2.2). A Figura 3.117 apresenta as porcentagens das populações dos municípios do estado de Minas Gerais não atendidos nem por coleta nem por tratamento de esgoto, para a UEG7.

Quadro 3.86 – Quantitativo de sedes municipais nas faixas de não atendimento de esgotamento sanitário na UEG7.

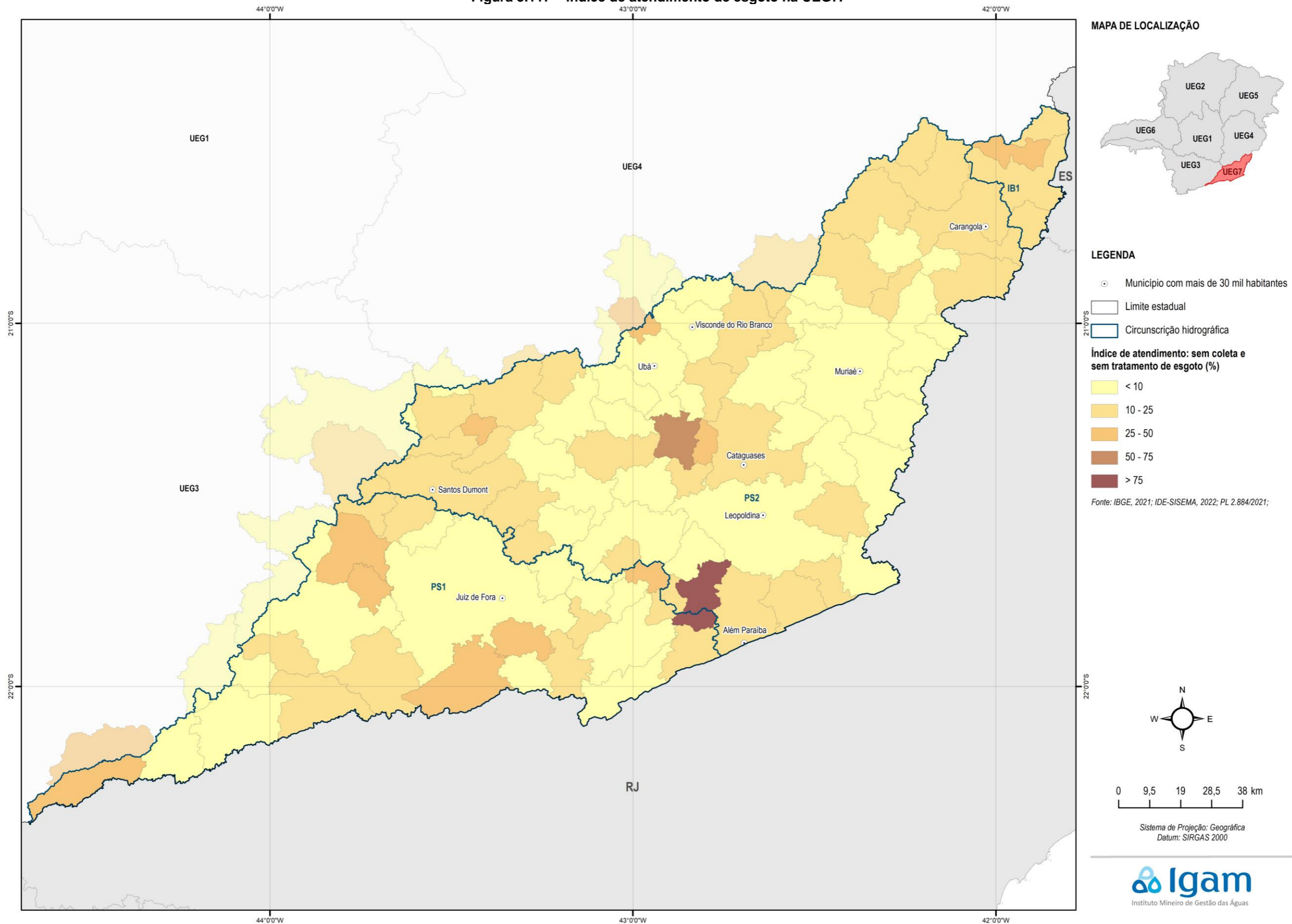
UEG/CH	Faixas de % da população sem coleta e sem tratamento					Total
	até 10%	10 - 25%	25 - 50%	50 - 75%	acima de 75%	
UEG7	38	36	8	1	1	84
CH PS1	10	6	5	-	-	21
CH PS2	28	27	2	1	1	59
CH IB1	-	3	1	-	-	4

Fonte: elaboração própria.

Do Quadro 3.86 e do mapa da Figura 3.117, pode-se observar que a situação do atendimento dos serviços de esgotamento sanitário na UEG7 está relativamente boa, com a maior parte dos municípios enquadrados nas faixas 1 e 2, ou seja, com 25% ou menos da população sem atendimento. Nas Faixas 4 e 5, há apenas os municípios de Astolfo Dutra e Santo Antônio do Aventureiro, respectivamente, ambos localizados na CH PS2.

Em termos de população absoluta, citam-se os municípios de Santos Dumont (CH PS2), Ubá (CH PS2), Carangola (CH PS2), Cataguases (CH PS2), Juiz de Fora (CH PS1), que estão enquadrados nas faixas 1 e 2, mas têm populações significativas de modo que resultam em cargas poluidoras igualmente significativas.

Figura 3.117 – Índice de atendimento de esgoto na UEG7.



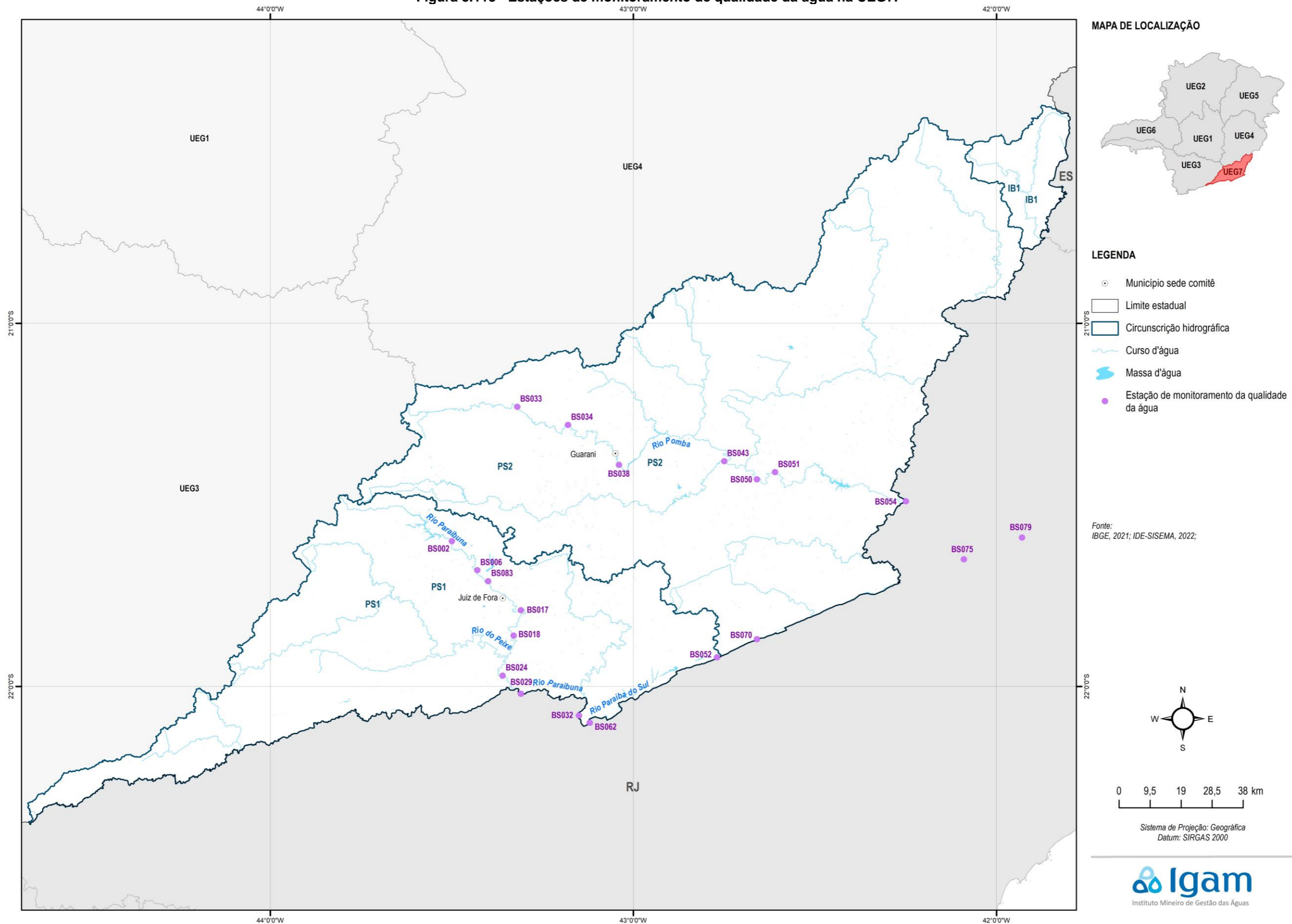
3.4.6.3 Análise integrada da qualidade de água superficial

A análise integrada da qualidade da água superficial se dá sobre os dados da rede de monitoramento. A localização das estações de monitoramento de qualidade da água da UEG7 é apresentada na Figura 3.118.

Em seguida, é apresentada a relação entre os fatores de pressão e os resultados do monitoramento segmentada nas seguintes bacias:

- Bacia do Rio Paraibuna
- Bacia do Rio Pomba

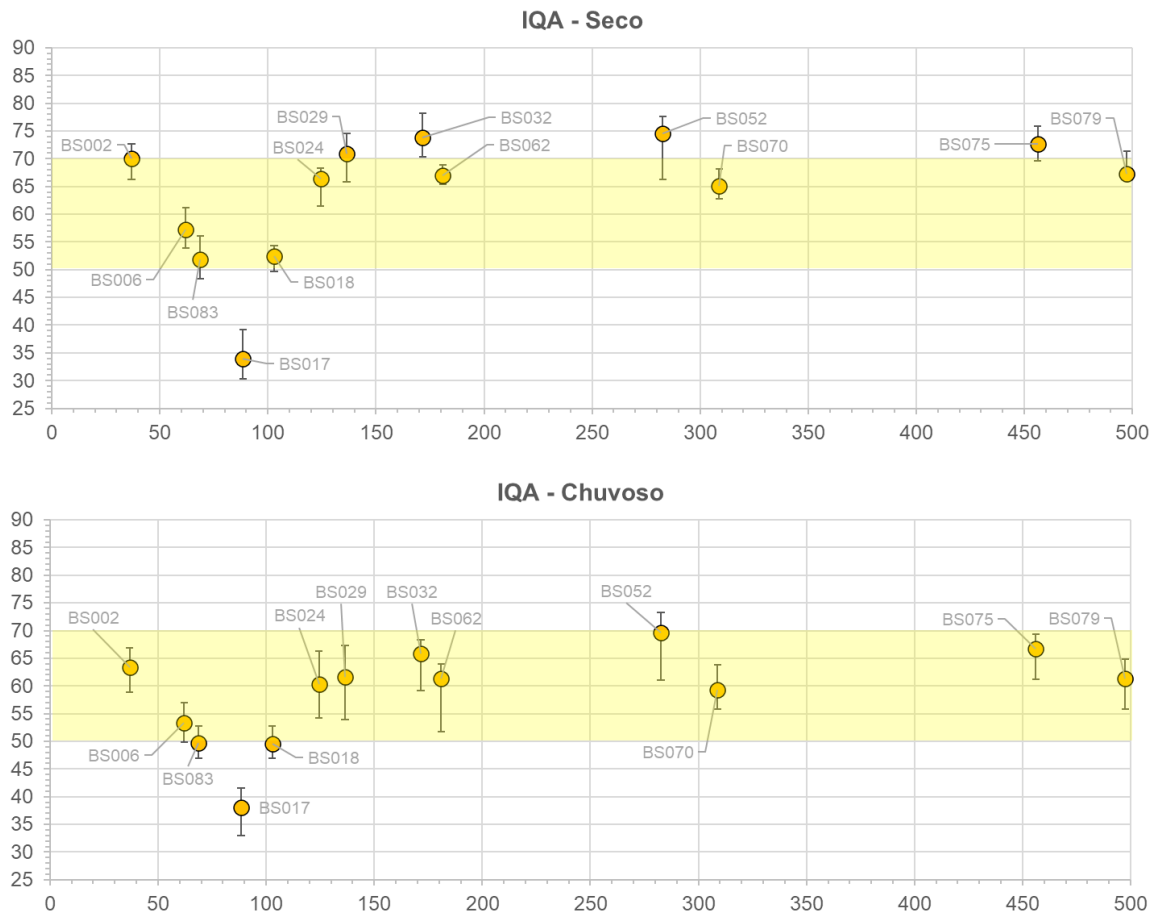
Figura 3.118 - Estações de monitoramento de qualidade da água na UEG7.



3.4.6.3.1 PS1 – Rio Paraibuna

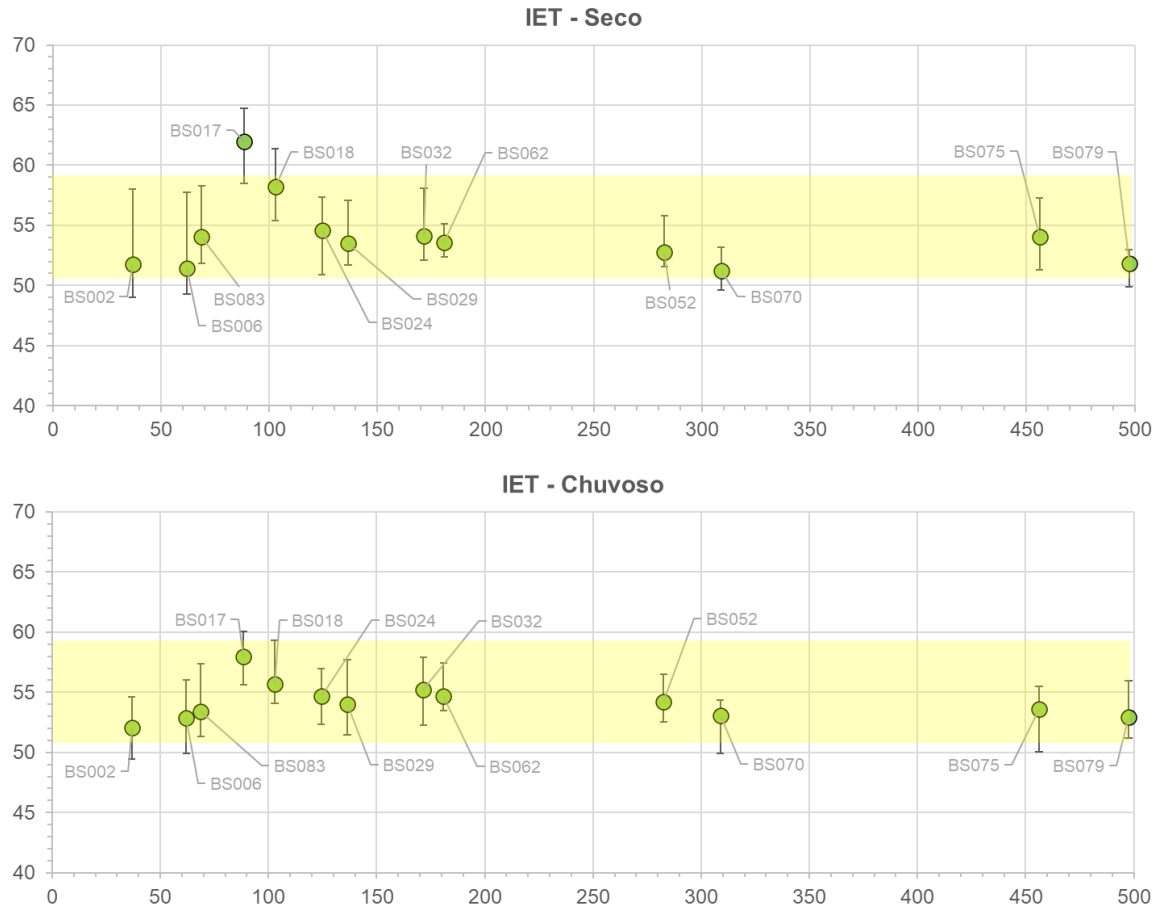
A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Paraibuna ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.119), IET (Figura 3.120) e CT (Figura 3.121). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.87), e CT ALTA (Quadro 3.88).

Figura 3.119 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul – Afluentes do Paraíba do Sul (UEG7). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



Fonte: elaboração própria.

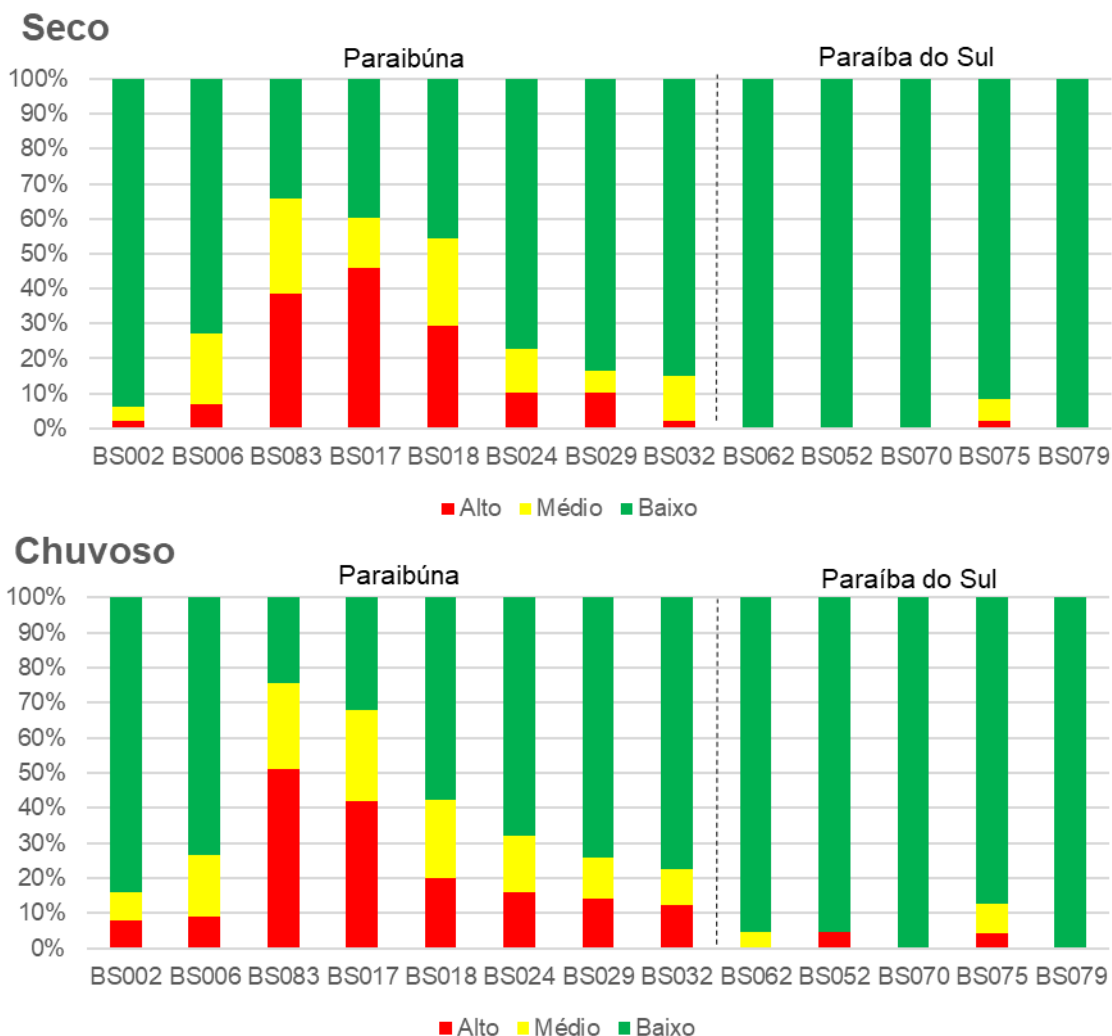
Figura 3.120 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul – Afluentes do Paraíba do Sul (UEG7). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.



Fonte: elaboração própria.



Figura 3.121 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Paraibuna (PS1) e Paraíba do Sul. Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.87 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Paraibuna (PS1).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BS002	37	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS006	62	0	0	64	0	8	0	5	22	0
BS083	69	0	9	69	0	6	0	1	15	0
BS017	88	0	32	40	1	13	0	7	6	0
BS018	103	0	0	66	0	9	0	9	15	0
BS024	124	0	3	46	0	3	0	3	46	0
BS029	136	0	0	48	0	0	0	3	48	0
BS032	172	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS062	181	0	0	58	0	0	0	0	42	0
BS052	283	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS070	309	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BS075	456	0	0	70	0	0	0	0	30	0
BS079	497	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.88 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Paraibuna (PS1).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BS002	37	0	0	0	13	0	0	25	0	63	0	0	0	0
BS006	62	0	0	0	0	0	0	20	0	80	0	0	0	0
BS083	69	0	0	0	63	3	6	2	0	11	0	0	0	14
BS017	88	3	0	0	54	0	22	1	0	12	1	0	0	7
BS018	103	8	0	0	43	7	10	0	0	28	0	0	0	5
BS024	124	0	0	0	40	0	5	14	0	21	0	0	0	19
BS029	136	0	0	0	13	0	13	13	0	50	0	0	0	13
BS032	172	0	0	0	0	25	0	25	0	50	0	0	0	0
BS062	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS052	283	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
BS070	309	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BS075	456	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0
BS079	497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmio (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O IQA, ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo, durante o período seco no Rio Paraibuna mostrou forte oscilação no trecho sob influência da sede urbana de Juiz de Fora (Índice de coleta de esgoto - IN015=80%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=7,4%), entre o km 50 e km 150. Ao longo do trecho, o IQA (P50) oscila gradualmente entre o limiar superior da classe MÉDIA até alcançar valores mínimos próximos a 30 (P25, classe RUIM) no ponto de monitoramento a jusante da sede urbana citada (BS017). A montante desse trecho, predomina na paisagem da bacia pastagem e pequenas propriedade rurais.

A jusante verifica-se uma recuperação gradual dos níveis de qualidade da água, alcançando, a montante da foz no Rio Paraíba do Sul, valores próximos do limiar inferior da classe BOA (BS024) ainda no trecho mineiro. As sedes urbanas situadas na bacia desses afluentes são esparsas e pouco populosas, tais como Lima Duarte (IN015=82,5%; IN016=NI) e Mar de Espanha (IN015=100%; IN016=NI). A tendência de melhora no indicador se mantém após as entradas do Rio do Peixe e Rio Preto, pela margem direita, e Rio Cágado pela margem esquerda, já no trecho que representa o limite estadual. Esses afluentes auxiliam na recuperação de bons indicadores de qualidade da água. Essas bacias se caracterizam por uso e ocupação do solo predominantemente destinado à atividade agropastoril.

Durante o período chuvoso, o padrão de oscilação do IQA ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo é similar ao período seco, com uma leve tendência de piora no indicador em todos os pontos, com exceção do ponto a jusante da sede de Juiz de Fora, no qual é

observado uma suave melhora do indicador nesse período climático, mostrando um efeito de diluição das cargas permanentes da sede urbana (efluentes domésticos e industriais).

Em linhas gerais, o Rio Paraíba do Sul mostra uma classificação BOA para o IQA (P50), com oscilações pontuais para MÉDIA a jusante da sede de Além Paraíba/MG (Índice de coleta de esgoto - IN015=57,8%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=NI), estação BS070, e do Rio Pomba, estação BS079, já no trecho do Estado do Rio de Janeiro. A piora do indicador na estação chuvosa é novamente constatada em todos os pontos. A bacia incremental do Paraíba do Sul no trecho analisado caracteriza-se por um uso do solo rural com predomínio das áreas de pastagens.

O IET no período seco oscilou predominantemente dentro da faixa MESOTRÓFICA ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo do Rio Paraíba, com incremento relevante dos níveis de trofia no trecho sob influência da sede urbana de Juiz de Fora, alcançando níveis EUTRÓFICOS a jusante da sede urbana. No período chuvoso o indicador oscilou em 100% dos pontos monitorados ao longo do gradiente espacial dentro da faixa MESOTRÓFICA, com leve atenuação da oscilação em direção à eutrofização a jusante da sede urbana de Juiz de Fora. Ao longo de todo o gradiente climático, os pontos monitorados no Rio Paraíba do Sul evidenciam uma característica com predominância MESOTRÓFICA.

Quanto à contaminação por tóxicos (CT), verifica-se comportamento similar do indicador no Rio Paraíba e no Rio Paraíba do Sul ao longo do gradiente climático. CT ALTO ou MÉDIO é observado com frequência (cerca de 70%) no trecho a jusante da sede urbana de Juiz de Fora. No Rio Paraíba do Sul a contaminação por tóxicos é BAIXA ao longo do trecho avaliado.

Os principais parâmetros responsáveis pelos piores indicadores (RUIM e MUITO RUIM) de qualidade da água ao longo do Rio Paraíba foram coliformes termotolerantes e turbidez. Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Fósforo Total (FT) também contribuíram para a piora do IQA no trecho sob influência das cargas urbanas de Juiz de Fora. Vale destacar que Nitrogênio amoniacal (NH₄) também apareceu com pequena participação pela contaminação por tóxico ALTA no mesmo trecho.

Sendo assim, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (FT), Nitrogênio amoniacal (NH₄) e coliformes se relacionam principalmente com as cargas domésticas, da drenagem urbana e industriais de Juiz de Fora. Na forma de carga difusa, as áreas de pastagem e agrícolas estão relacionadas principalmente com os parâmetros coliformes e turbidez, com destaque para o período chuvoso, por conta da consistência como esses parâmetros contribuem para um IQA RUIM e MUITO RUIM nos pontos de monitoramento ao longo de todo o Rio Paraíba e Rio Paraíba do Sul.

Por outro lado, no caso do CT os principais parâmetros que contribuíram para a classe ALTA no Rio Paraíba, além de Nitrogênio amoniacal (NH₄), foram: fenol, cianeto e os metais chumbo, cobre, cádmio e zinco.

Metais pesados possuem relação tanto com as cargas pontuais, quanto difusas. Chumbo, cobre, cádmio e zinco podem estar presentes no escoamento superficial de áreas agrícolas e de pastagem, pela presença em pesticidas/fertilizantes/corretivos, bem como na drenagem urbana de Juiz de Fora. As fontes pontuais industriais também se relacionam com a presença de metais nos cursos d'água, com destaque para o setor de resíduos e de metalurgia de Juiz

de Fora. Vale destacar que cianeto, chumbo, zinco e cádmio contribuem para o CT ALTO especialmente no trecho de Juiz de fora (a partir do ponto BS083), sugerindo uma relação de causa-efeito maior com os efluentes urbanos, com destaque para o setor industrial.

Fatores de pressão existentes na bacia do Paraibuna que podem se relacionar com fenôis são: drenagem (resíduos de combustíveis) e efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) de áreas urbanas, atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e efluentes industriais (setores metalúrgico e químico).

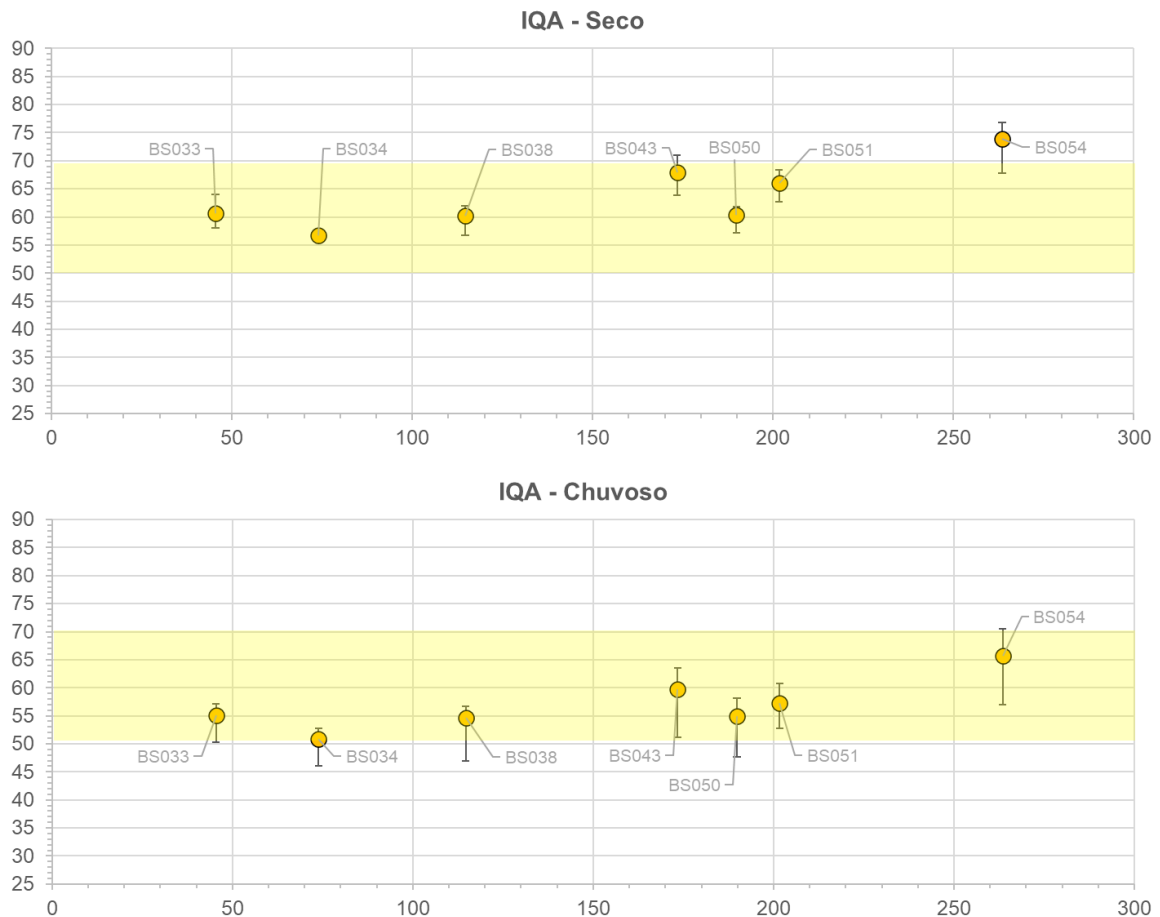
3.4.6.3.2 PS2 – Rio Pomba

A seguir é apresentada uma avaliação da qualidade da água do Rio Pomba ao longo do gradiente climático (período seco e chuvoso) com base nos indicadores IQA (Figura 3.122), IET (Figura 3.123) e CT (Figura 3.124). A análise procurou estabelecer uma relação dos fatores de pressão com os parâmetros responsáveis pela ocorrência do IQA RUIM e MUITO RUIM (Quadro 3.89), e CT ALTA (Fonte: elaboração própria).

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

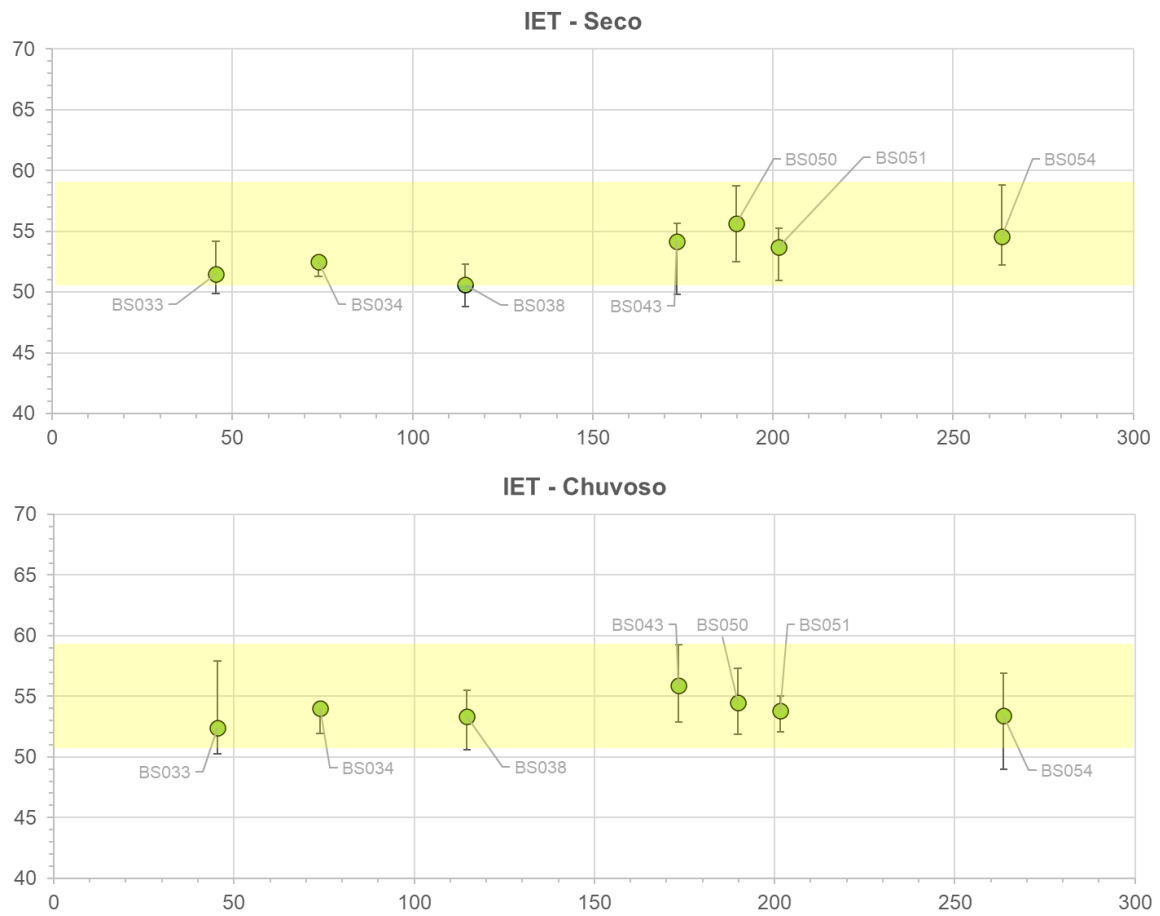
Quadro 3.90).

Figura 3.122 – Variação do IQA (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa de classe MÉDIA de IQA.



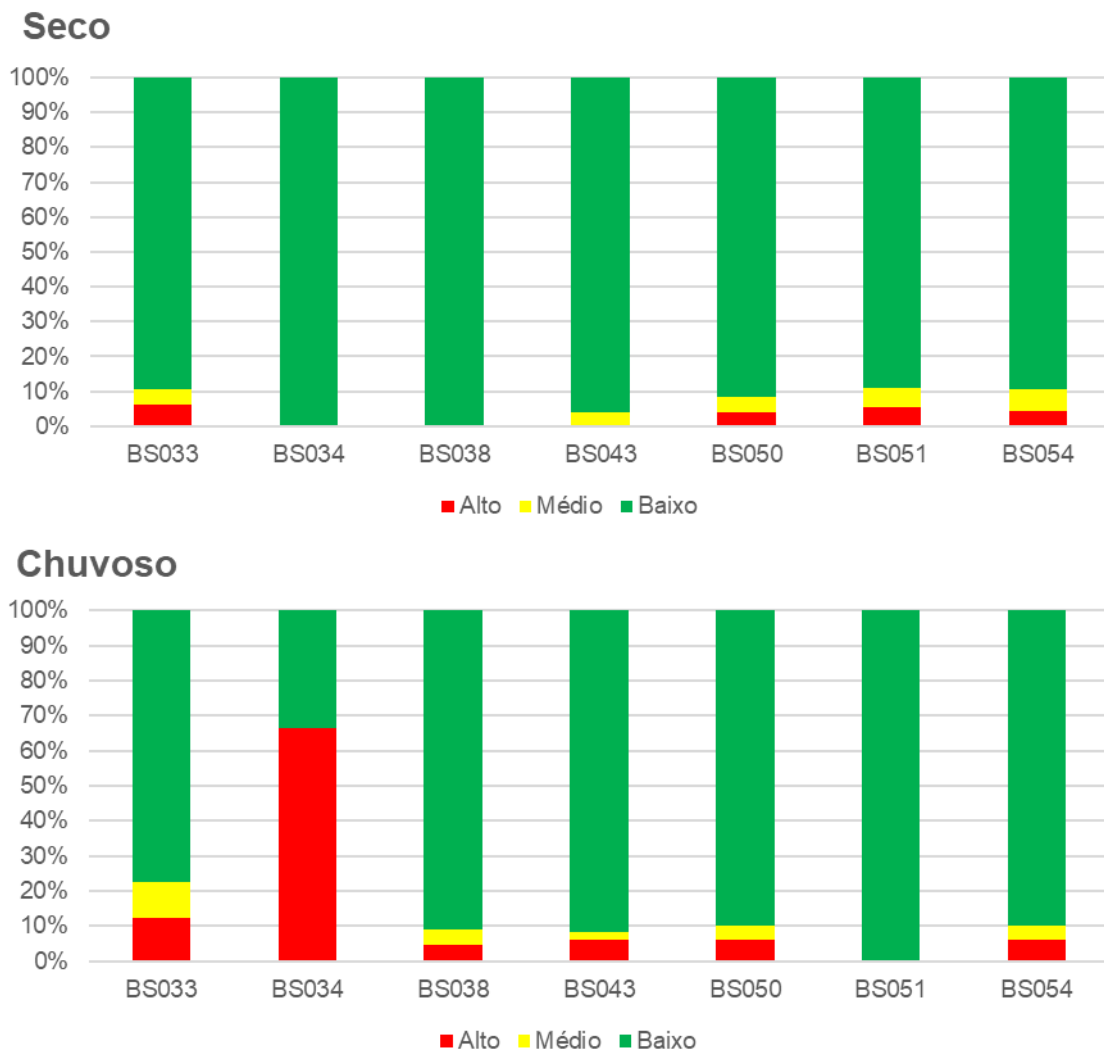
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.123 – Variação do IET (P25, P50 e P75) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Distância da nascente em km. Em destaque a faixa do IET MESOTRÓFICO.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.124 – Variação do indicador CT (% dentro da classe) ao longo do Rio Pomba (PS2). Período Seco (superior) e Período Chuvoso (inferior). Pontos de monitoramento de montante para jusante.



Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.89 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo IQA RUIM ou MUITO RUIM – Rio Pomba (PS2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros								
		Temp	OD	Colif. Term.	pH	DBO	NO3	Fósf. Total	Turb.	ST
BS033	45	0	0	45	0	0	0	10	45	0
BS034	74	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS038	115	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS043	173	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS050	190	0	4	50	0	4	0	0	42	0
BS051	202	0	0	50	0	0	0	0	50	0
BS054	264	0	0	50	0	0	0	0	50	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: OD (Oxigênio Dissolvido); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); NO3 (Nitrato); ST (Sólidos Dissolvidos).

Quadro 3.90 – Frequência média (%) dos parâmetros responsáveis pelo CT ALTO – Rio Pomba (PS2).

Ponto de Monitor.	km	Parâmetros												
		NH4	As	Ba	Cd	Pb	Cn	Cu	Cr	Fen	Hg	NO3	NO2	Zn
BS033	45	0	0	0	0	43	0	0	0	43	0	0	0	14
BS034	74	0	0	0	0	50	0	50	0	0	0	0	0	0
BS038	115	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
BS043	173	0	0	0	0	50	0	33	17	0	0	0	0	0
BS050	190	0	0	0	0	25	0	25	0	25	0	0	0	25
BS051	202	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
BS054	264	0	0	0	0	0	0	33	0	33	33	0	0	0

Fonte: elaboração própria.

Legenda: Nitrogênio amoniacal (NH4); Arsênio (As); Bário (Ba); Cádmiu (Cd); Chumbo (Pb); Cianeto (CN); Cobre (Cu); Cromo (Cr); Fenóis (Fenóis); Mercúrio (Hg); Nitrato (NO3); Nitrito (NO2); Zinco (Zn).

O Rio Pomba durante o período seco mostra uma oscilação do IQA ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo dentro da faixa da classe MÉDIA. Oscilações apontando para uma piora do indicador são observadas no trecho superior do Rio Pomba, que possui influência das sedes urbanas de Mercês (Índice de coleta de esgoto - IN015=100%; Índice de tratamento de esgoto - IN016=NI), Rio Pomba (BS034; IN015=100%; IN016=NI) e Guarani (BS038; IN015=96,4%; IN016=NI), e a jusante da sede urbana de Cataguases (BS050; IN015=57,1%; IN016=24%). A jusante verificou-se uma tendência de melhora nos níveis de qualidade da água, alcançando a classe BOA (P50) a jusante da UHE Barra da Braúna (BS054). O maior tempo de residência no reservatório da barragem auxilia na retenção de sólidos e no decaimento de contaminantes.

Durante o período chuvoso, o padrão de oscilação do IQA ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo se repete, com tendência de piora no indicador em todos os pontos, alcançando, ainda que com baixa permanência, níveis RUINS de qualidade da água nos dois trechos destacados para o período seco.

O IET oscilou predominantemente dentro da faixa MESOTRÓFICA tanto no período seco quanto no período chuvoso. Vale destacar que o indicador, na situação de vazões mínimas, mostrou uma suave tendência de elevação dos níveis de trofia de montante para jusante ao longo do gradiente espacial como já constatado para outros mananciais do Estado.

Uma elevada frequência de contaminação por tóxicos ALTA foi observada no trecho sob influência da sede urbana de Rio Pomba (> 60%). Nos demais pontos, o indicador possui classificação baixa em mais de 90% em ambos os períodos climáticos.

Os principais parâmetros responsáveis pelos índices de qualidade da água RUINS ou MUITO RUINS são a turbidez e os coliformes termotolerantes, associados aos efluentes domésticos, no caso de aportes pontuais, e a áreas de pastagem e agrícolas, além de drenagem urbana, no caso de aporte de cargas difusas.

Com relação ao CT, destaca-se fenol, chumbo e cobre como os principais parâmetros responsáveis pela classificação ALTA no Rio Pomba. Chumbo e cobre se relacionam com as cargas difusas das áreas agropastoris, devido à presença desses metais em pesticidas, fertilizantes e corretivos de solo. As sedes urbanas destacadas também são fatores de

pressão que possuem relação com esses metais pesados, com destaque para a poluição difusa da drenagem urbana e atividade industrial (setor metalúrgico).

Área rural e zonas urbanas possuem relação com fenóis com destaque para: (a) fontes difusas: drenagem urbana (resíduos de combustíveis) e atividade agropastoril (dejetos/pesticidas) e (b) pontuais: efluentes domésticos (desinfetantes/dejetos) e efluentes industriais (setores metalúrgico e resíduos).

3.5 Discussão dos resultados e mapeamento de trechos críticos de qualidade da água superficial

De maneira geral os resultados indicam uma consistente diferença na qualidade da água ao longo dos gradientes de uso e ocupação do solo entre os períodos seco e chuvoso. Nesse contexto, o período chuvoso mostrou para todos os indicadores analisados (IQA, IET e CT) uma piora em direção à degradação dos mananciais.

Além da diferença esperada na disponibilidade hídrica, os resultados apresentados mostram incremento na concentração de diversos parâmetros relacionados a fontes pontuais e difusas. Em que pese as vazões observadas em cada campanha não terem sido consideradas na presente análise, pode-se inferir que as cargas (CxQ) escoadas no rio principal durante o período chuvoso são significativamente superiores àquelas do período seco, com destaque para fósforo total, coliformes termotolerantes e turbidez, que possui relação com sólidos suspensos.

Com relação à variação espacial, de maneira geral, ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo, verifica-se uma tendência de enriquecimento das águas superficiais de montante para jusante.

Durante o período seco, as fontes permanentes/pontuais como as cargas remanescentes do saneamento e das atividades industriais tendem a ser as principais fontes poluidoras. Essas cargas ocorrem de maneira mais expressiva nas regiões próximas aos aglomerados urbanos e sedes isoladas populosas tais como: Região Metropolitana de Belo Horizonte, Divinópolis, Conselheiro Lafaiete, Juiz de Fora, Ipatinga, Governador Valadares, Varginha, São João Del Rei, Barbacena, Uberlândia e Cataguases, dentre outras. Os indicadores IQA e CT a jusante das sedes mais populosas mostraram de forma consistente elevada permanência nas classes RUIM e ALTA, respectivamente, em grande parte, devido a elevados teores de fósforo e coliformes termotolerantes, e níveis baixos de Oxigênio Dissolvido (OD). O maior ou menor grau de impacto depende da relação entre magnitude da sede (carga poluidora) e localização na bacia (disponibilidade hídrica). Especificamente para o indicador CT, a análise de frequência realizada para os parâmetros que o compõem para a bacia do rio das Velhas, que concentra grande parte da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte, indicaram que o nitrogênio amoniacal foi uma das variáveis que mais contribuiu para a condição de contaminação. Esse parâmetro é indicador de contaminação por lançamentos de esgotos domésticos brutos recentes, mostrando aderência com a relação causa-efeito destacada acima.

De maneira geral, vale destacar para os seguintes elementos responsáveis pela contaminação por tóxicos ALTA: compostos fenólicos, nitrogênio amoniacal, metais pesados cobre e chumbo, e arsênio. Fenol foi o composto mais frequente, aparecendo nos trechos urbanizados (esgoto doméstico e industrial) e rurais (pesticidas e dejetos animais) das bacias analisadas. Nitrogênio amoniacal está relacionada com a contaminação por esgoto doméstico recente, ou seja, em trechos próximos de centros urbanos. Já os metais pesados destacados e arsênio possui causas naturais (presença no solo e rochas), as quais são potencializadas devido às atividades antropogênicas como agricultura e pecuária (uso em corretivos de solo e fertilizantes), e mineração. Em trechos urbanos, as indústrias do setor siderúrgico, carga de

lavagem da drenagem urbana e esgotos domésticos também se relacionam com esses metais pesados.

Por outro lado, no geral, deve-se destacar para a gradativa capacidade de recuperação de indicadores médios de qualidade da água nos corpos hídricos receptores de esgotos domésticos e industriais. Em que pese o impacto local esperado a jusante das sedes, verifica-se na situação de estiagem um retorno gradativo de valores de IQA oscilando na faixa MÉDIA ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo, à medida que se afasta das sedes urbanas. Durante esse período do ano, apesar da menor disponibilidade hídrica, tempos de residência (TDH) mais longos favorecem a recuperação para jusante.

No que se refere ao IET, no período seco, a transição de um ambiente predominantemente mesotrófico para eutrófico ao longo do gradiente de uso e ocupação do solo pode ser explicada pelo efeito combinado de incremento das cargas de fósforo e nitrogênio ao longo da bacia, menor disponibilidade hídrica, maior tempo de residência hidráulico para o fósforo solúvel reativo tornar-se biodisponível e maior transparência da água (menor turbidez).

Por outro lado, durante o período chuvoso, de acordo com os resultados do monitoramento, as fontes difusas oriundas da lavagem do solo nas áreas urbanas, de pastagem, áreas agrícolas e de mineração tendem a predominar na rede de drenagem. O carreamento de sólidos e poluentes adsorvidos são levados através do escoamento superficial para a rede de drenagem. Extravasamentos mais frequentes de esgotos domésticos brutos em Estações de Tratamento de Esgotos podem ocorrer no período de chuvas intensas. Nesse contexto, os resultados mostraram um incremento especialmente para fósforo, coliformes e turbidez ao longo de todo o gradiente de uso e ocupação do solo, em linha com as principais pressões antrópicas na bacia.

No entanto, deve-se tomar com cautela as relações obtidas, visto que a análise de causa-efeito a fim de determinar as fontes das cargas difusas é complexa. Durante eventos chuvosos, o transporte de poluentes e sedimentos da bacia, através do escoamento superficial, é não-permanente (polutograma). Nesse contexto, sempre que possível, o delineamento amostral deve considerar monitorar bacias com tipologia uniforme, realizar amostragem composta ao longo do polutograma, levar em conta o ciclo da cultura se for o caso (preparação do solo), dentre outros aspectos. Além disso, na escala de bacia, nem sempre grandes áreas antropizadas são responsáveis pela maior parcela da carga poluidora gerada, como no caso da carga de lavagem de áreas urbanas e da mineração. Contudo, deve-se destacar o incremento consistente nos níveis de sólidos (turbidez), fósforo total e coliformes termotolerantes durante o período chuvoso, sugerindo um impacto real das cargas difusas nos cursos d'água analisados. Nutrientes possuem relação mais direta com áreas agrícolas, enquanto os coliformes termotolerantes apresentam maior influência de áreas de pastagem. Contudo, o incremento na produção de sólidos durante o período chuvoso foi observado tanto em bacias mais antropizadas, como também em bacias mais naturais.

Com relação à influência de fatores naturais sobre as variáveis de qualidade da água, com base nos dados disponíveis, pode-se destacar os níveis de pH no trecho Alto Jequitinhonha, cuja bacia de drenagem possui elevado percentual de áreas naturais. Nessa bacia, verifica-se um forte gradiente de ocupação do solo de montante (natural) para jusante (antrópico). No trecho superior o pH mostra-se com boa permanência na faixa ácida conforme mostrado. Essa

característica não é incomum em trechos altos de bacias hidrográficas. É esperada uma condição de supersaturação de CO₂ devido à contribuição subterrânea, resultando em águas com pH baixo na bacia de drenagem. Para jusante, em razão da mudança no padrão de ocupação do solo, é esperada uma mudança do comportamento heterotrófico (saturação de CO₂) para autotrófico (CO₂ abaixo da saturação) devido ao enriquecimento das águas pelas fontes antrópicas diversas. De certa forma, esse comportamento é verificado na bacia do rio Jequitinhonha. No rio São Francisco esse padrão de ocupação se inverte.

Além do pH, o fósforo se mostra como um parâmetro com relativa permanência fora da classe de enquadramento mesmo em locais sem pressão antrópica, sugerindo para um fator natural nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais. Vale destacar, no entanto, que a categoria OLIGOTRÓFICA a MESOTRÓFICA predomina nos trechos altos das bacias. Nesse caso, a condição hidrodinâmica pode ser um estressor para a proliferação de algas.

Em ambos os períodos climáticos, os resultados sugerem uma influência das UHEs sobre a carga de sólidos (em termos de turbidez) e fósforo total. Isso foi observado ao longo do rio São Francisco, rio Grande e rio Araguari. Reservatórios, de uma maneira geral, funcionam como unidades de transformação da carga afluyente da bacia hidrográfica (orgânica e inorgânica), devido ao elevado tempo de residência e condições hidrodinâmicas para a sedimentação dos sólidos em suspensão. Sendo assim, os resultados apontam para um decaimento nas concentrações de fósforo e nos níveis de turbidez a jusante das usinas. No período chuvoso, essa constatação é suportada principalmente pelo menor percentual de violação da classe para os mesmos parâmetros. Quanto ao Oxigênio Dissolvido (OD), no caso da UHE Três Marias, a estratificação térmica e química pode explicar o maior percentual de violação da classe a jusante, durante o período de verão/chuvoso em relação ao período seco.

O Quadro 3.91 apresentada de forma tabular os quantitativos de pontos de monitoramento segundo as classificações de nível de criticidade, discriminados por CH e por UEG. As classificações por ponto de monitoramento são apresentadas espacialmente na Figura 3.125. Conforme é possível constatar, a maioria dos pontos de monitoramento distribuídos na malha hídrica do estado possui uma condição MÉDIA ou BAIXA de criticidade para a qualidade da água.

Destaca-se uma densidade de pontos com criticidade ALTA na cabeceira das bacias do rio das Velhas e rio Paraopeba, que drenam os esgotos domésticos e industriais da RMBH. A criticidade ALTA persiste ao longo de todo o rio das Velhas. Nas demais bacias, pontos de monitoramento com criticidade ALTA referem-se a trechos isolados, situados a jusante de sedes urbanas, os quais já foram destacados ao longo da análise dos resultados estatísticos.

A Figura 3.126 tem o objetivo de filtrar a variabilidade espacial do indicador formulado em cada Circunscrição Hidrográfica, indicando a frequência de pontos de monitoramento em cada nível de criticidade quanto à qualidade da água.

Assim, revela-se como as CHs com maior percentual de trechos com criticidade ALTA, em relação ao total de pontos de monitoramento, aquelas situadas na porção centro-sul do estado, tais como: afluentes da margem direita do Alto Rio São Francisco (SF2, SF3 e SF5), Afluentes do rio Grande situados nas CHs GD3, GD6, GD7 e GD8 e Afluentes do rio Paraíba do Sul (CHs PS1 e PS2), mais especificamente bacias do rio Paraibuna e rio Pomba. Em

direção ao norte, verifica-se uma tendência de melhora na qualidade da água, com predomínio de pontos de monitoramento ou trechos dentro da classe de criticidade MÉDIA e BAIXA.

Quadro 3.91 – Distribuição dos pontos de monitoramento segundo os níveis de criticidade.

UEG	CH	Pontos de monitoramento por nível de criticidade da qualidade da água			Pontos de monitoramento por nível de criticidade da qualidade da água (%)			Nº total de pontos de monitoramento
		Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	
UEG 1	SF1	0	9	0	0%	100%	0%	9
	SF2	5	23	3	16%	74%	10%	31
	SF3	8	31	9	17%	65%	19%	48
	SF4	1	16	4	5%	76%	19%	21
	SF5	68	51	26	47%	35%	18%	145
	Total	82	130	42	32%	51%	17%	254
UEG 2	SF6	1	11	5	6%	65%	29%	17
	SF7	2	20	13	6%	57%	37%	35
	SF8	0	15	5	0%	75%	25%	20
	SF9	0	12	14	0%	46%	54%	26
	SF10	3	24	18	7%	53%	40%	45
	Total	6	82	55	4%	57%	38%	143
UEG 3	GD1	0	7	1	0%	88%	13%	8
	GD2	1	11	0	8%	92%	0%	12
	GD3	1	6	1	13%	75%	13%	8
	GD4	0	17	0	0%	100%	0%	17
	GD5	0	13	0	0%	100%	0%	13
	GD6	2	11	1	14%	79%	7%	14
	GD7	2	8	1	18%	73%	9%	11
	GD8	2	7	4	15%	54%	31%	13
	PJ1	0	8	1	0%	89%	11%	9
	Total	8	88	9	8%	84%	9%	105
UEG 4	DO1	1	15	2	6%	83%	11%	18
	DO2	0	14	2	0%	88%	13%	16
	DO3	1	14	9	4%	58%	38%	24
	DO4	0	11	2	0%	85%	15%	13
	DO5	1	6	1	13%	75%	13%	8
	DO6	0	6	2	0%	75%	25%	8
	IP1	0	2	0	0%	100%	0%	2
	Total	3	68	18	3%	76%	20%	89
UEG 5	BU1	0	4	3	0%	57%	43%	7
	IN1	0	1	0	0%	100%	0%	1
	IU1	0	1	0	0%	100%	0%	1
	JQ1	0	1	14	0%	7%	93%	15
	JQ2	0	9	6	0%	60%	40%	15
	JQ3	1	15	3	5%	79%	16%	19
	JU1	0	1	1	0%	50%	50%	2
	MU1	1	6	4	9%	55%	36%	11
	PA1	0	4	3	0%	57%	43%	7
	PE1	0	1	0	0%	100%	0%	1
	SM1	0	4	1	0%	80%	20%	5
	Total	2	47	35	2%	56%	42%	84
UEG 6	PN1	0	13	3	0%	81%	19%	16
	PN2	1	8	7	6%	50%	44%	16
	PN3	0	12	8	0%	60%	40%	20
	Total	1	33	18	2%	63%	35%	52
UEG 7	IB1	0	2	0	0%	100%	0%	2

UEG	CH	Pontos de monitoramento por nível de criticidade da qualidade da água			Pontos de monitoramento por nível de criticidade da qualidade da água (%)			Nº total de pontos de monitoramento
		Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	
	PS1	2	18	3	9%	78%	13%	23
	PS2	5	23	0	18%	82%	0%	28
	Total	7	43	3	13%	81%	6%	53

Figura 3.125– Classificação dos pontos de monitoramento quanto à criticidade na qualidade da água.

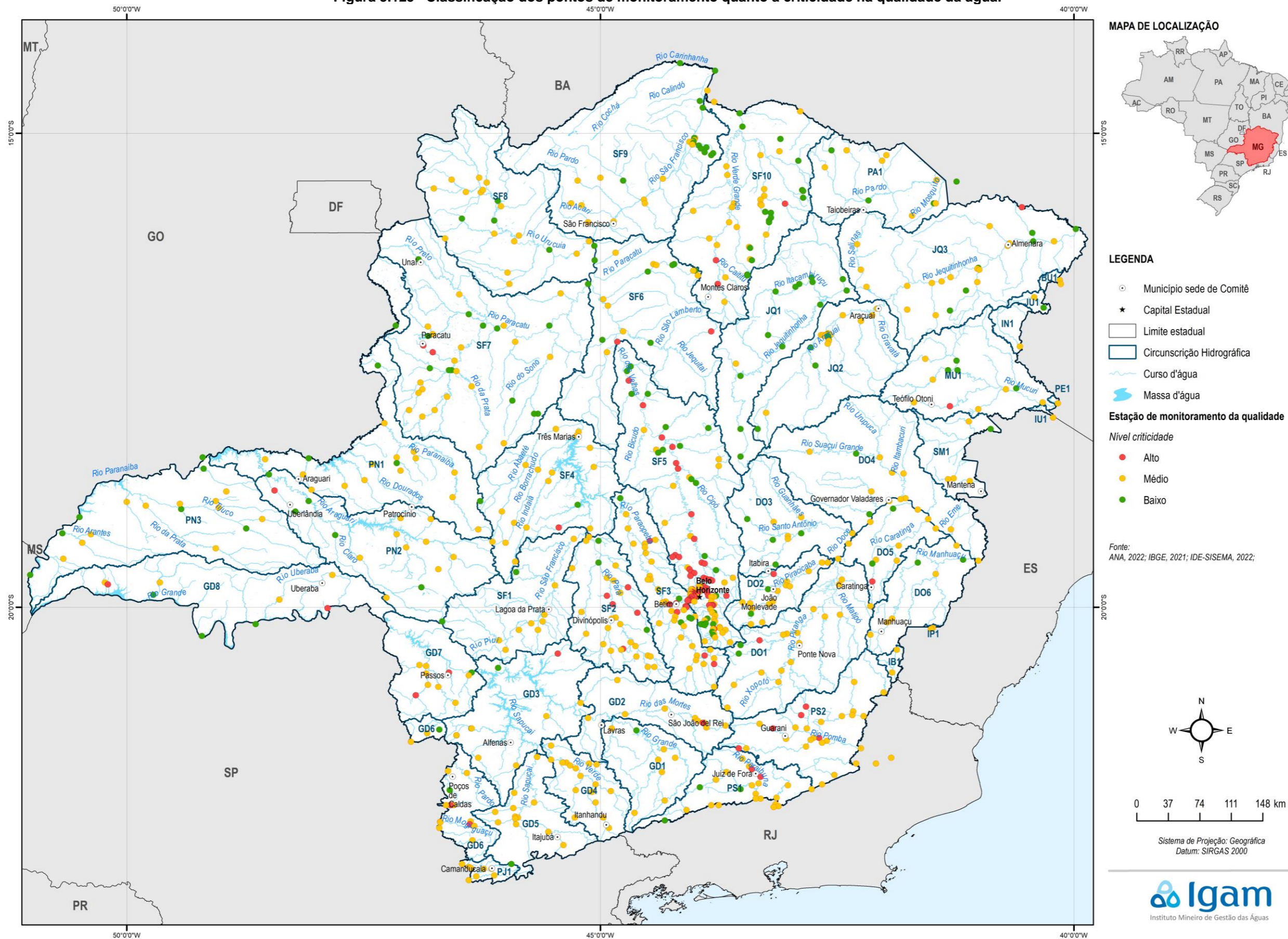
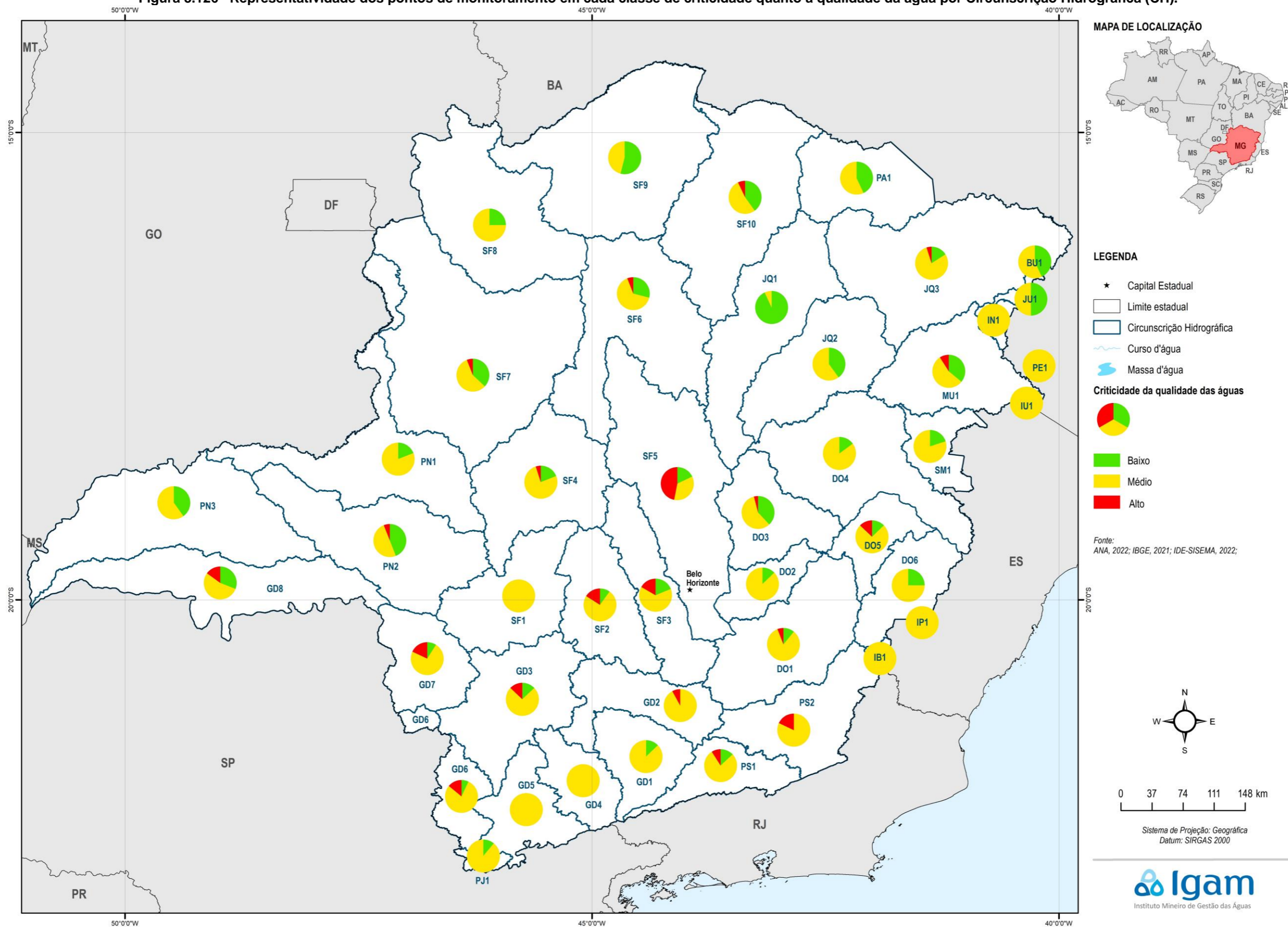


Figura 3.126– Representatividade dos pontos de monitoramento em cada classe de criticidade quanto à qualidade da água por Circunscrição Hidrográfica (CH).



Fonte: elaboração própria

Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



3.6 Análise integrada da qualidade de água subterrânea

O mapeamento dos sistemas aquíferos (CPRM, 2007) é baseado em dados geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, entre outros, com a finalidade de apresentar uma síntese da hidrogeologia nacional. Em Minas Gerais foram discriminados 12 sistemas aquíferos: Aluvionar, Coberturas Sedimentares, Urucuia, Areado, Bauru, Serra Geral, Guarani, Tubarão, Cárstico, Metassedimentar, Metassedimentar Pelítico e Cristalino.

A análise desses sistemas é aprofundada no relatório RP001 e trazida de forma simplificada no presente capítulo, com as informações necessárias para a avaliação de riscos dos aquíferos à contaminação da água. Dessa forma, são reunidos alguns temas como regiões vulneráveis à contaminação subterrânea, a natureza de cada sistema aquífero e a sobreposição de áreas contaminadas conhecidas no estado, para uma avaliação dos aquíferos mais expostos e sujeitos à contaminação de suas águas.

Os sistemas aquíferos mais extensos são o Metassedimentar (31,3%) e o Cristalino (30,0%), que juntos afloram em mais de 60% da área do estado, seguidos pelo Sistema Coberturas Sedimentares com 14,2%. Subordinadamente comparecem os sistemas Bauru (6,7%), Metassedimentar Pelítico (3,8%), Cárstico (3,3%), Areado (3,1%), Serra Geral (2,6%), Urucuia (2,6%) e Aluvionar (2,1%). Os sistemas Guarani e Tubarão ocupam áreas bastante reduzidas, perfazendo em conjunto pouco mais de 0,2%. O Quadro 3.92 apresenta a distribuição dos sistemas aquíferos nas UEGs.

Quadro 3.92 – Distribuição dos Sistemas Aquíferos nas UEGs.

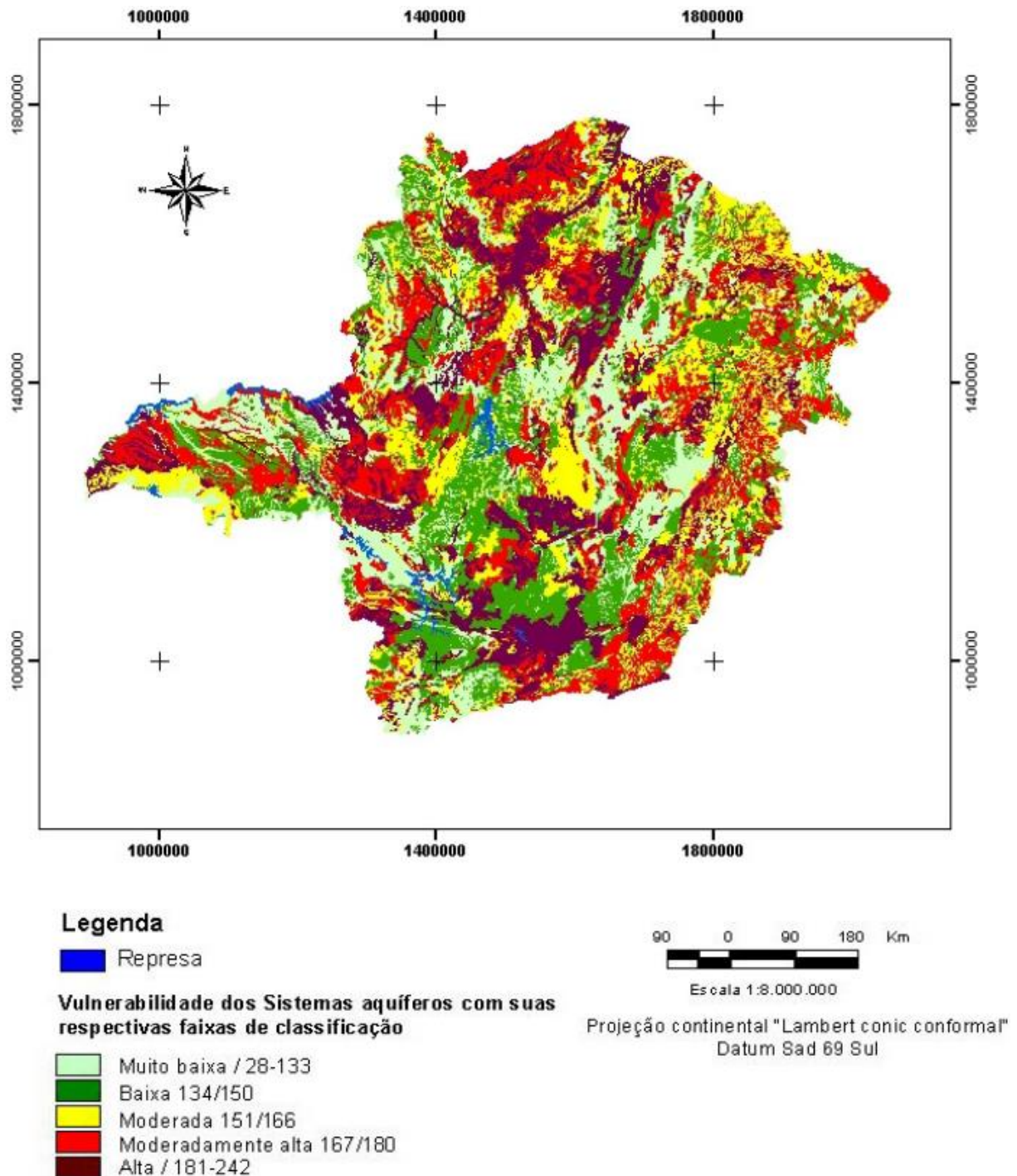
UEG	Sistemas aquíferos	Área (km ²)	% na UEG
UEG1	Aluvionar	931,69	1,11%
	Areado	3.412,41	4,06%
	Cárstico	2.898,68	3,45%
	Coberturas sedimentares	11.997,16	14,27%
	Cristalino	19.285,05	22,93%
	Metassedimentar	27.378,21	32,56%
	Metassedimentar pelítico	18.194,48	21,63%
<i>UEG1 Total</i>		<i>84.097,68</i>	-
UEG2	Aluvionar	6.995,96	4,68%
	Areado	12.803,13	8,56%
	Cárstico	16.436,17	10,99%
	Coberturas sedimentares	44.607,81	29,83%
	Cristalino	3.480,04	2,33%
	Metassedimentar	46.495,70	31,09%
	Metassedimentar pelítico	3.988,17	2,67%
	Urucuia	14.722,61	9,85%
<i>UEG2 Total</i>		<i>149.529,59</i>	-
UEG3	Aluvionar	1.201,78	1,41%
	Bauru	12.162,36	14,26%
	Cárstico	0,02	0,00%
	Coberturas sedimentares	1.369,78	1,61%
	Cristalino	41.503,51	48,66%
	Guarani	759,14	0,89%
	Metassedimentar	20.908,74	24,51%
	Serra Geral	6.623,55	7,77%
	Tubarão	767,06	0,90%
<i>UEG3 Total</i>		<i>85.295,94</i>	-

UEG	Sistemas aquíferos	Área (km ²)	% na UEG
UEG4	Aluvionar	2.499,39	3,51%
	Cárstico	51,84	0,07%
	Coberturas sedimentares	269,32	0,38%
	Cristalino	52.956,58	74,39%
	Metassedimentar	15.415,12	21,65%
<i>UEG4 Total</i>		71.192,25	-
UEG5	Aluvionar	726,27	0,72%
	Cárstico	2,93	0,00%
	Coberturas sedimentares	21.130,12	20,85%
	Cristalino	38.799,87	38,28%
	Metassedimentar	40.687,02	40,14%
	Metassedimentar pelítico	4,55	0,00%
<i>UEG5 Total</i>		101.350,76	-
UEG6	Aluvionar	152,85	0,22%
	Areado	1.922,01	2,77%
	Bauru	27.053,47	39,00%
	Coberturas sedimentares	3.397,36	4,90%
	Cristalino	1.826,36	2,63%
	Metassedimentar	26.133,95	37,67%
	Serra Geral	8.886,47	12,81%
<i>UEG6 Total</i>		69.372,47	-
UEG7	Aluvionar	21,49	0,10%
	Cristalino	16.321,78	76,44%
	Metassedimentar	5.007,84	23,45%
<i>UEG7 Total</i>		21.351,11	-
Total Geral		582.189,80	-

Fonte: elaborado com base em CPRM (2007).

A vulnerabilidade de solos e aquíferos à contaminação por metais pesados para o estado de Minas Gerais foi mapeada por Lima (2007), utilizando o método DRASTIC. Os resultados obtidos por ele em relação aos aquíferos (Figura 3.127) demonstram que o Sistema Aquífero Urucua-Aerado apresentou os maiores índices de vulnerabilidade à contaminação por metais pesados, sobretudo nas regiões sob sedimentos inconsolidados como material do aquífero e neossolos quartzarênicos e latossolos de textura média como tipo de solo. O Sistema Aquífero Bauru, formado por arenito e onde há solos de textura média, também apresentou em grande parte vulnerabilidade alta à contaminação por metais pesados.

Figura 3.127 – Vulnerabilidade dos aquíferos do estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados baseado no índice DRASTIC modificado e mapa de vulnerabilidade de solos à contaminação por metais pesados.



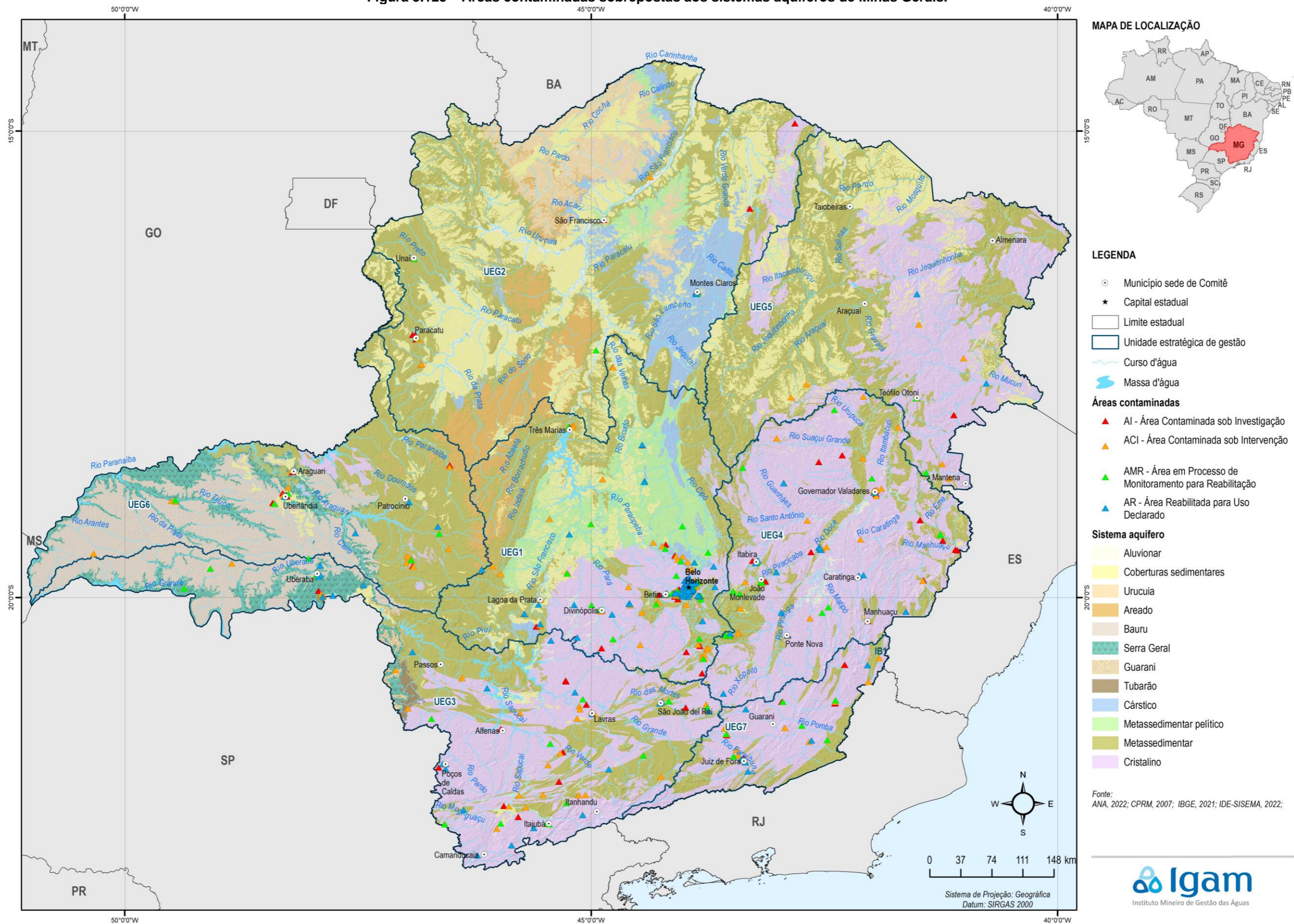
Fonte: Lima, 2007.

Rodrigues *et al.* (2016) atualizou o mapeamento de vulnerabilidade de aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados. Os resultados obtidos revelam a predominância de áreas com vulnerabilidade moderadamente alta (28,86%), seguido de áreas com vulnerabilidade moderada (26,67%), vulnerabilidade baixa (22,66%), vulnerabilidade muito baixa (14,33%) e vulnerabilidade alta (9,33%). As áreas com maiores vulnerabilidades são correspondentes àquelas com influência hidromórfica, sobretudo próximo de cursos

d'água superficiais. Regionalmente, o norte e noroeste do estado foram as regiões com maior vulnerabilidade, sobretudo em áreas onde aquíferos cársticos estão presentes, ou sob influência de solos arenosos e/ou de textura média. As áreas classificadas como de menor vulnerabilidade foram aquelas cujos aquíferos são profundos e com material pedológico e/ou geológico capaz de atuar como retentores dos contaminantes em questão, estando concentradas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mas com ocorrências pontuais em outras áreas do estado.

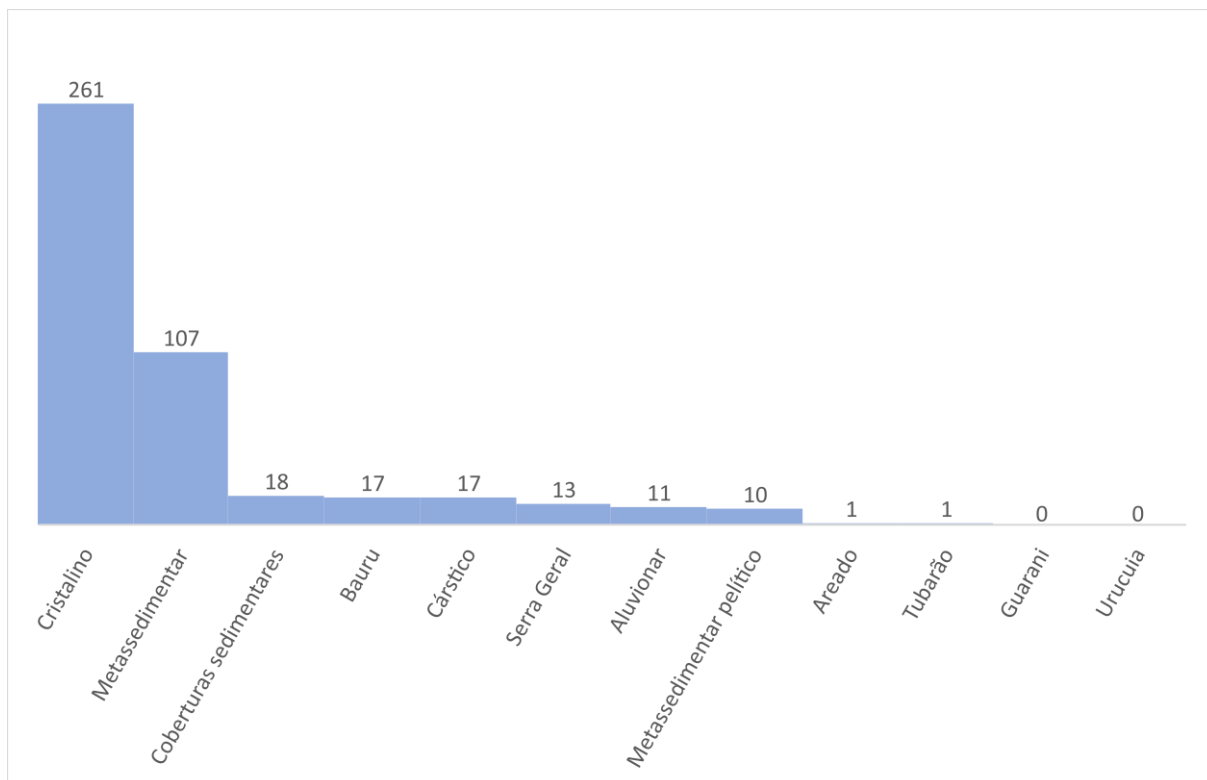
A FEAM disponibilizou as áreas contaminadas e áreas reabilitadas no estado (IDE-Sisema, 2023), onde pode-se observar (Figura 3.128) em geral uma distribuição heterogênea entre as UEGs e dentro delas. Ao total são 670 áreas contaminadas ou reabilitadas, com 214 reabilitadas para uso, 199 sob intervenção, 151 em monitoramento e 106 sob investigação. No norte do estado ocorrem poucas áreas contaminadas no mapeamento da FEAM e o sul e sudeste concentram grande parte desses locais, havendo uma concentração significativa próxima a Belo Horizonte, possivelmente devido à mineração e indústria. Próximo à capital se destaca a categoria de Área Reabilitada para Uso Declarado.

Figura 3.128 – Áreas contaminadas sobrepostas aos sistemas aquíferos de Minas Gerais.



Em relação aos sistemas aquíferos, conforme apresentado na Figura 3.129, o território do sistema Cristalino concentra 64% das áreas contaminadas do estado apesar da sua área ocupar apenas 30%. Predominam nesse sistema, porém, as Áreas Reabilitadas para Uso Declarado (166). Em segundo lugar, o sistema metassedimentar apresenta um número significativamente menor de áreas contaminadas do que o anterior, principalmente considerando que em área esse é um pouco maior que o sistema cristalino, nesse sistema aquífero a maior porção das áreas são Área Contaminada sob Intervenção. Outros seis sistemas aquíferos apresentam entre 14 e 22 áreas contaminadas e os quatro finais possuem uma ou nenhuma área contaminada nos seus territórios, esses últimos possuem uma pequena extensão no território mineiro.

Figura 3.129 – Áreas contaminadas sobre cada sistema aquífero.

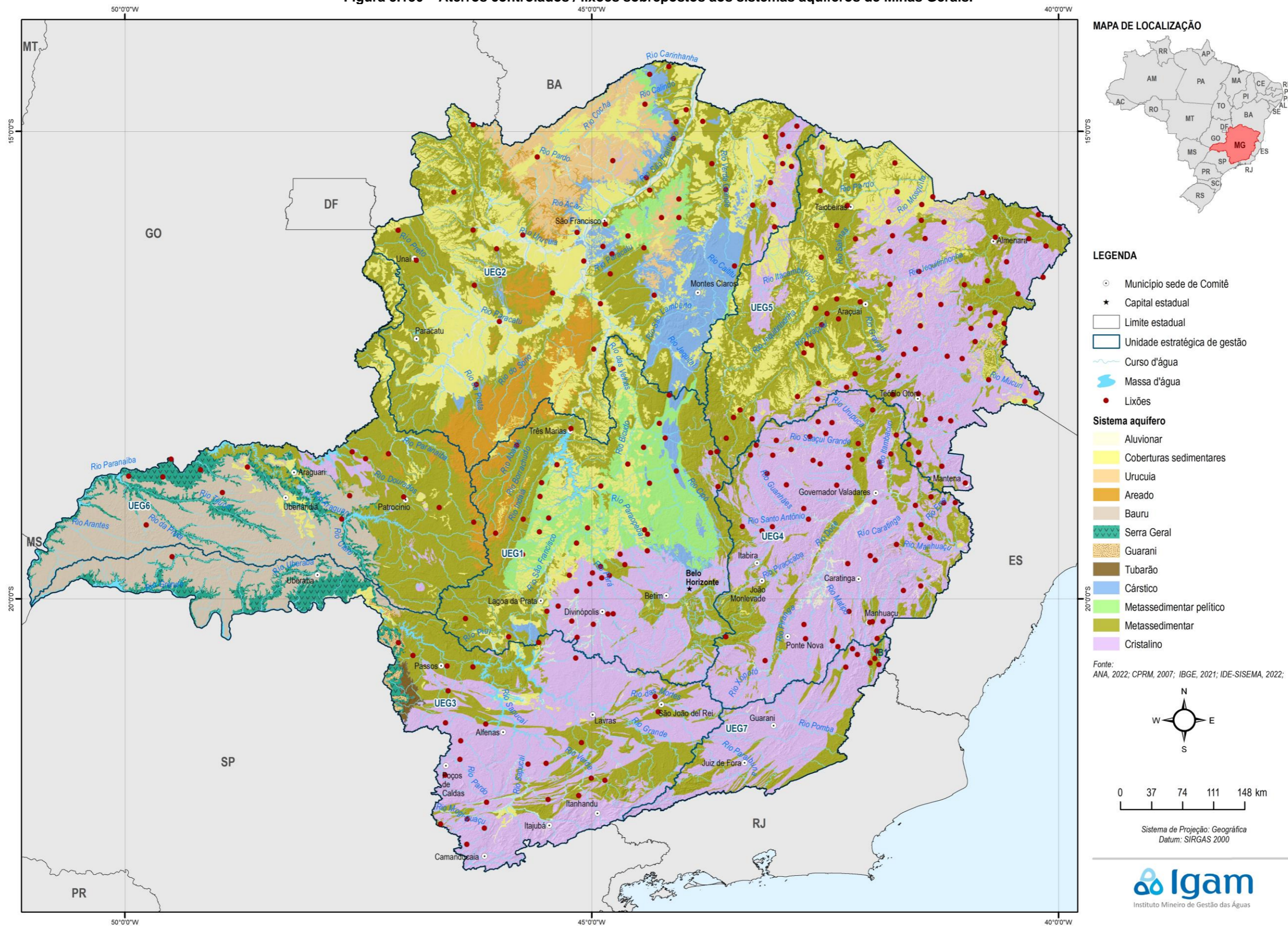


Fonte: elaborado com base em IDE-Sisema, 2022.

O sistema aquífero Cristalino, por sua natureza fissural não apresenta as maiores vulnerabilidades à contaminação, porém, essa vulnerabilidade depende de outros fatores que variam no estado, como o solo observado em cada local. Dessa forma, a recuperação e o monitoramento das áreas contaminadas são extremamente importantes para evitar que os contaminantes atinjam as águas subterrâneas.

Outra possível fonte de contaminação dos aquíferos analisada é a presença de aterros controlados/lixões. Devido à natureza desses locais estar relacionada aos resíduos domésticos, em grande parte, a sua distribuição é mais homogênea no estado, em comparação às áreas contaminadas, como pode ser observado na Figura 3.130. Esses pontos são disponibilizados pela SEMAD (IDE-Sisema, 2023) e, também, têm predominância no sistema aquífero cristalino, porém com uma diferença menor para o número encontrado no sistema metassedimentar. O sistema Coberturas Sedimentares, terceiro em área no estado, também é o terceiro em número de lixões.

Figura 3.130 – Aterros controlados / lixões sobrepostos aos sistemas aquíferos de Minas Gerais.



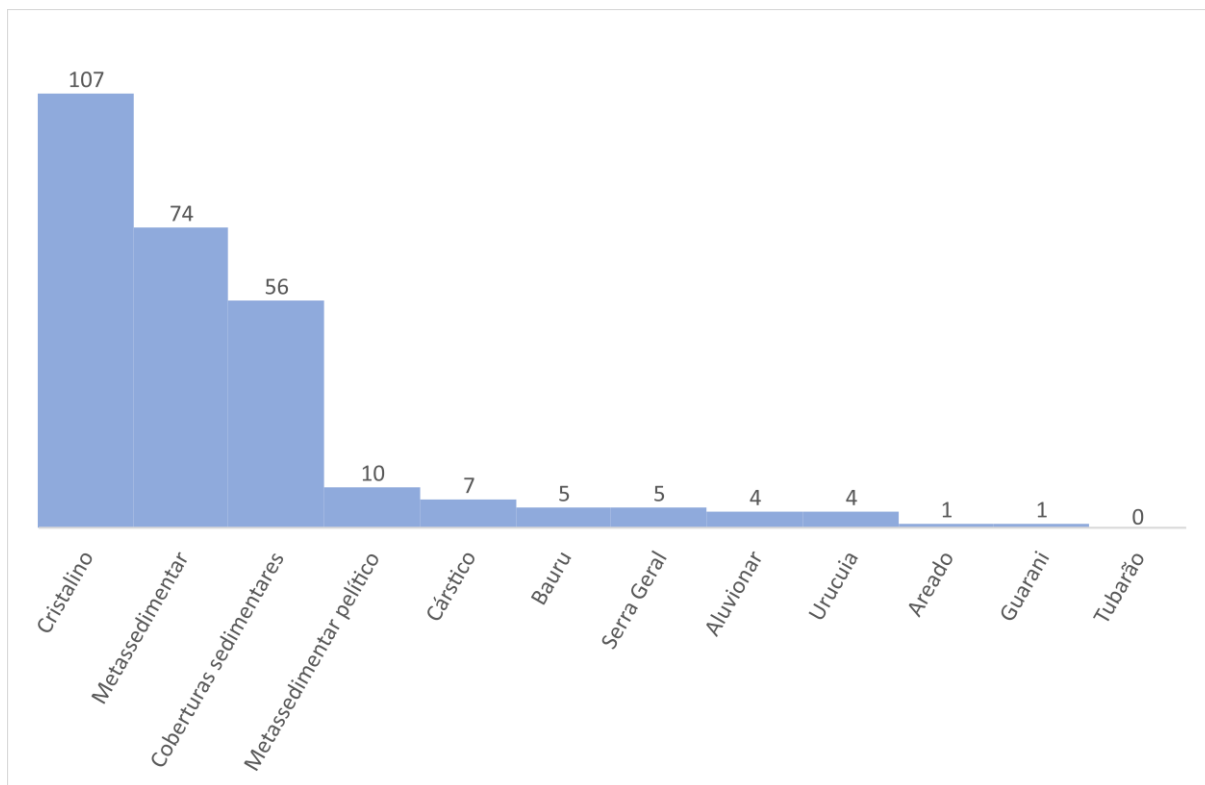
Fonte: elaboração própria
 Elaborado por:
 Consórcio Profill Engecorps

N° da revisão
 01

RF002
 PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.131 – Aterros controlados/lixões sobre cada sistema aquífero.



Fonte: elaborado com base em IDE-Sisema, 2022.

O sistema aquífero cristalino, portanto, é o que apresenta maior exposição a áreas contaminadas, apesar de a sua vulnerabilidade não ser tão grande. O sistema metassedimentar, além de possuir a maior extensão aflorante em Minas Gerais, também está presente em áreas de mineração, como o quadrilátero ferrífero, que representam risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, tanto o aquífero metassedimentar, quanto o de coberturas sedimentares, por apresentarem maior porosidade e vulnerabilidade à contaminação, também devem receber atenção, apesar de não concentrarem o maior número de áreas contaminadas e lixões.

3.6.1 Sistema Aquífero Cristalino

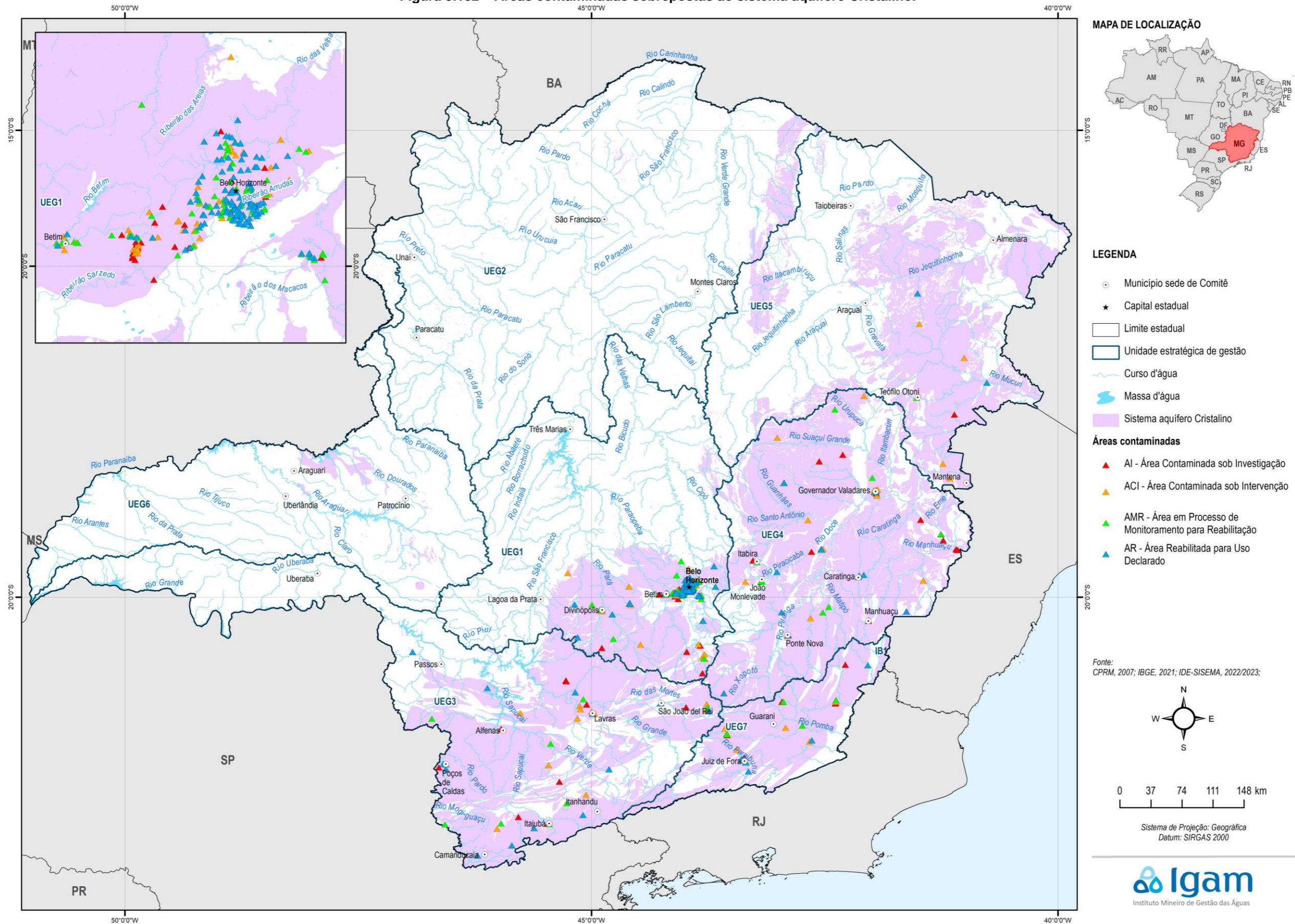
No **sistema aquífero Cristalino** são 59 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 103 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 99 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 166 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 10 áreas que possuem como fonte de contaminação os acidentes, 48 em que a fonte é o descarte, 1 em que a fonte é o lançamento de efluentes e 368 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Na Figura 3.132, que apresenta a distribuição das áreas contaminadas no sistema aquífero Cristalino, pode ser visualizada a concentração de áreas contaminadas na região do entorno de Belo Horizonte, que é apresentado em detalhe no mapa. Apesar da concentração de áreas, a maioria são de Áreas Reabilitadas para Uso Declarado. Há ainda uma concentração de Áreas Contaminadas sob Intervenção e Áreas Contaminadas sob Investigação entre Belo Horizonte e Betim.

A Figura 3.133 apresenta a distribuição dos aterros controlados e lixões no sistema aquífero Cristalino. Pode-se observar que os maiores quantitativos dessas áreas estão na porção Leste do território mineiro, com destaque para as UEGs 4 e 5. Merecem destaque, ainda, áreas da porção central do estado na região de Divinópolis e Lagoa da Prata; e áreas do Sul do estado, região de Poços de Caldas.

As áreas destacadas em ambos os mapas são as que requerem maior atenção quanto a possível contaminação das águas subterrâneas.

Figura 3.132 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Cristalino.



Fonte: elaboração própria

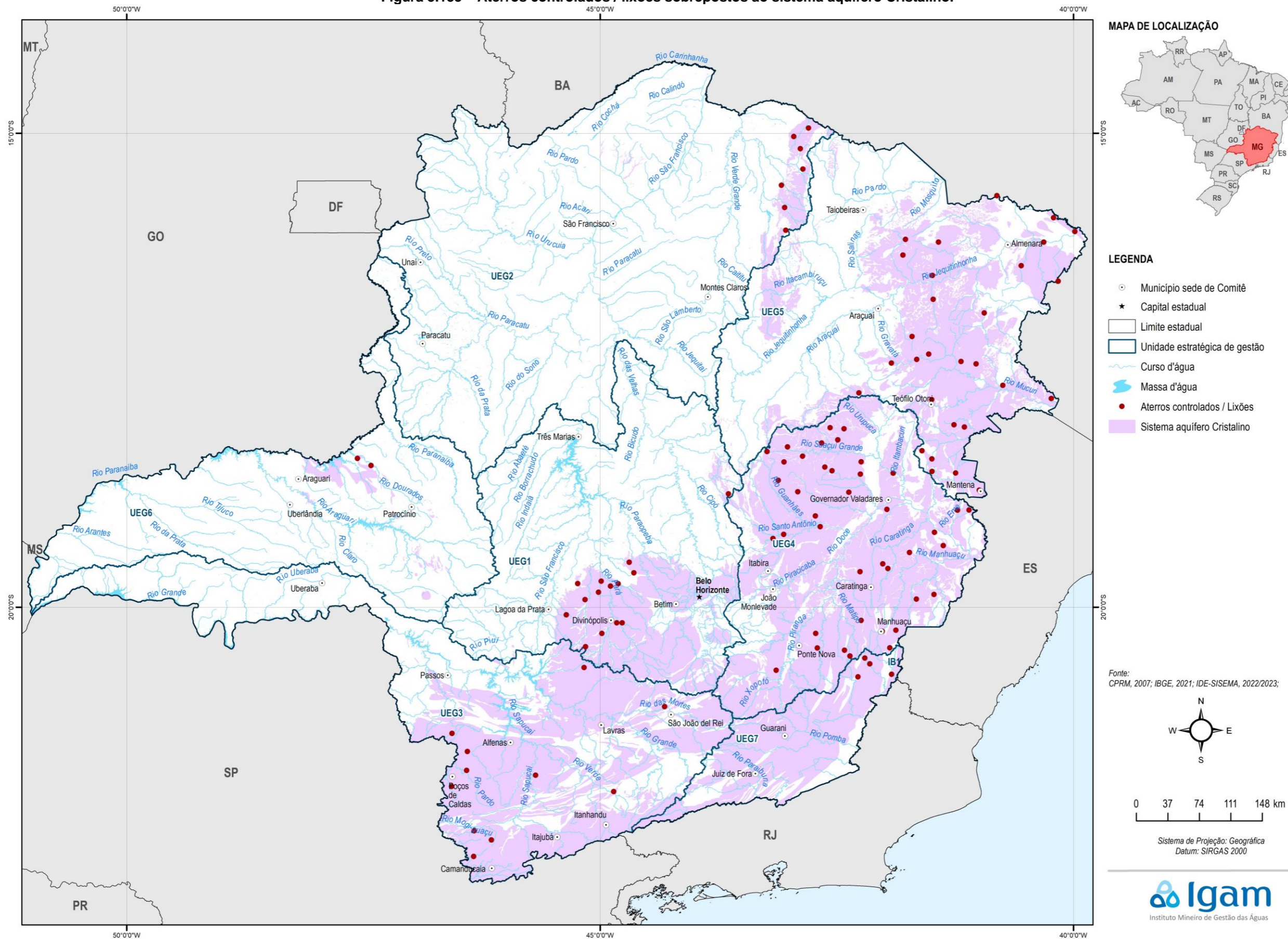
Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.133 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Cristalino.



3.6.2 Sistema Aquífero Metassedimentar

No **sistema aquífero Metassedimentar** são 23 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 56 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 28 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 23 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 4 áreas que possuem como fonte de contaminação os acidentes, 13 em que a fonte é o descarte, 1 em que a fonte são emissões atmosféricas, 1 em que a fonte é o lançamento de efluentes e 91 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Como pode ser observado na Figura 3.134, o sistema aquífero Metassedimentar possui, como o sistema Cristalino, ampla distribuição pelo território mineiro. Também possui a maior concentração de áreas contaminadas na região próxima à Belo Horizonte, com a maioria dessas áreas classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Destacam-se, também, concentrações de áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação e sob Intervenção nas proximidades de Paracatu na UEG2 e ao sul de Patrocínio na UEG6.

Quanto aos aterros controlados e lixões, que têm suas localizações apresentadas na Figura 3.135, a distribuição é bastante homogênea e pode-se observar uma concentração maior desses pontos apenas nas áreas da UEG5 nas regiões de Taioberas, Almenara, Araçuaí e Teófilo Otoni.

As áreas destacadas em ambos os mapas são as que requerem maior atenção quanto a possível contaminação das águas subterrâneas.

Figura 3.134 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Metassedimentar.

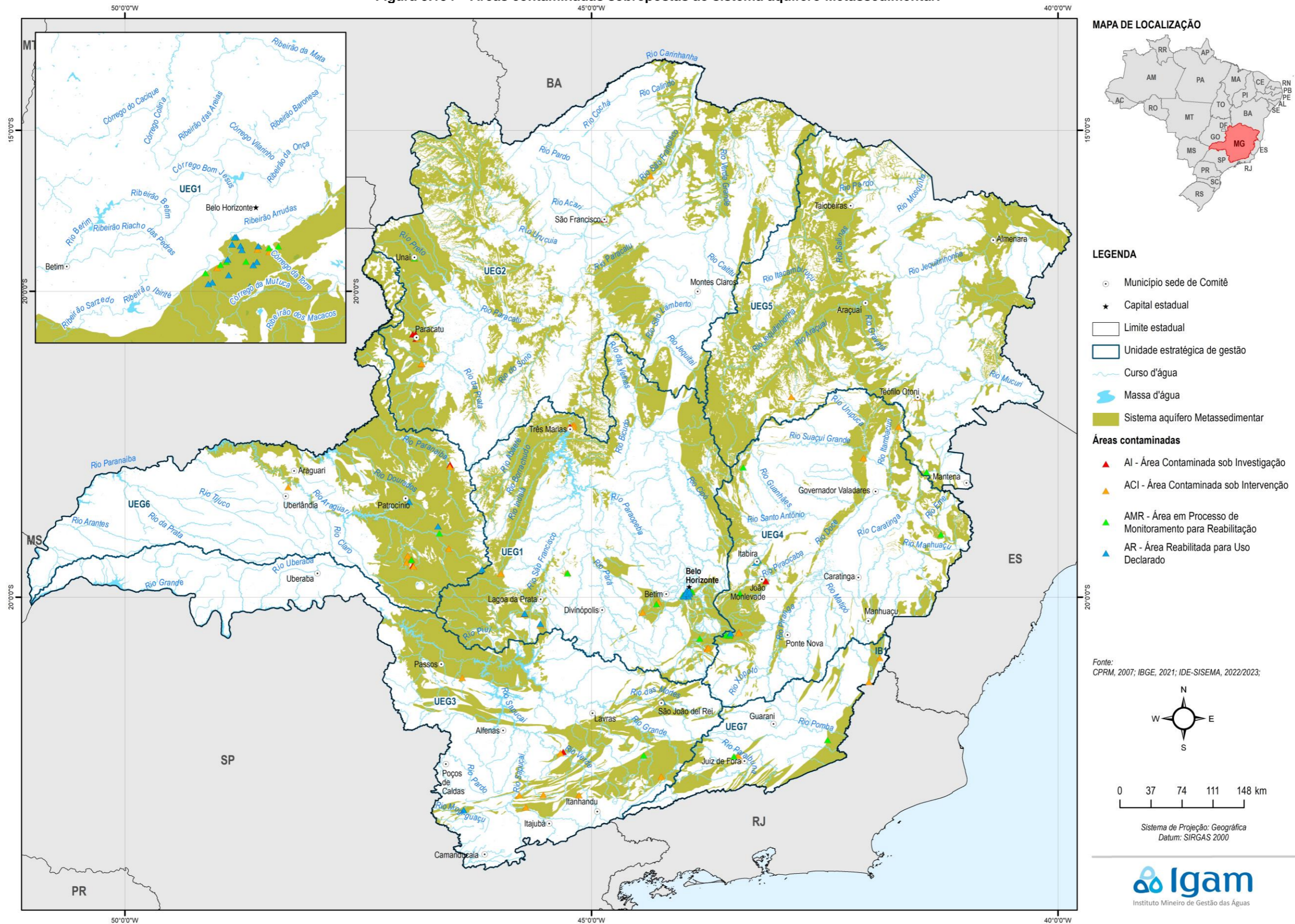
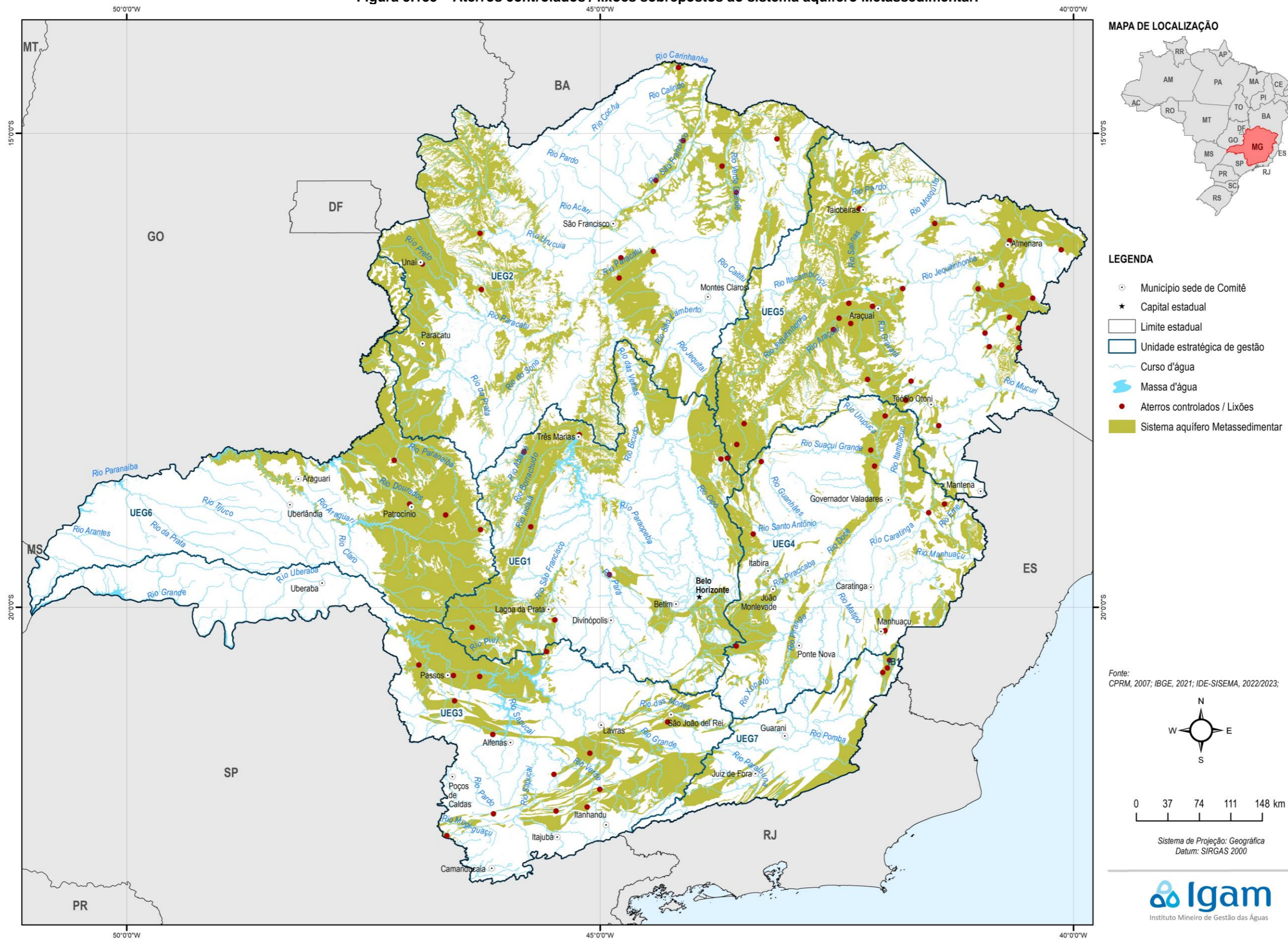


Figura 3.135 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Metassedimentar.



3.6.3 Sistema Aquífero Coberturas Sedimentares

No **sistema aquífero Coberturas sedimentares** são 7 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 7 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 4 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 4 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 5 áreas que possuem como fonte de contaminação o descarte, 1 em que a fonte é o lançamento de efluentes e 16 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quando aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Coberturas Sedimentares possui um total de 56 áreas localizadas.

A Figura 3.136 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.137 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.136 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Coberturas Sedimentares.

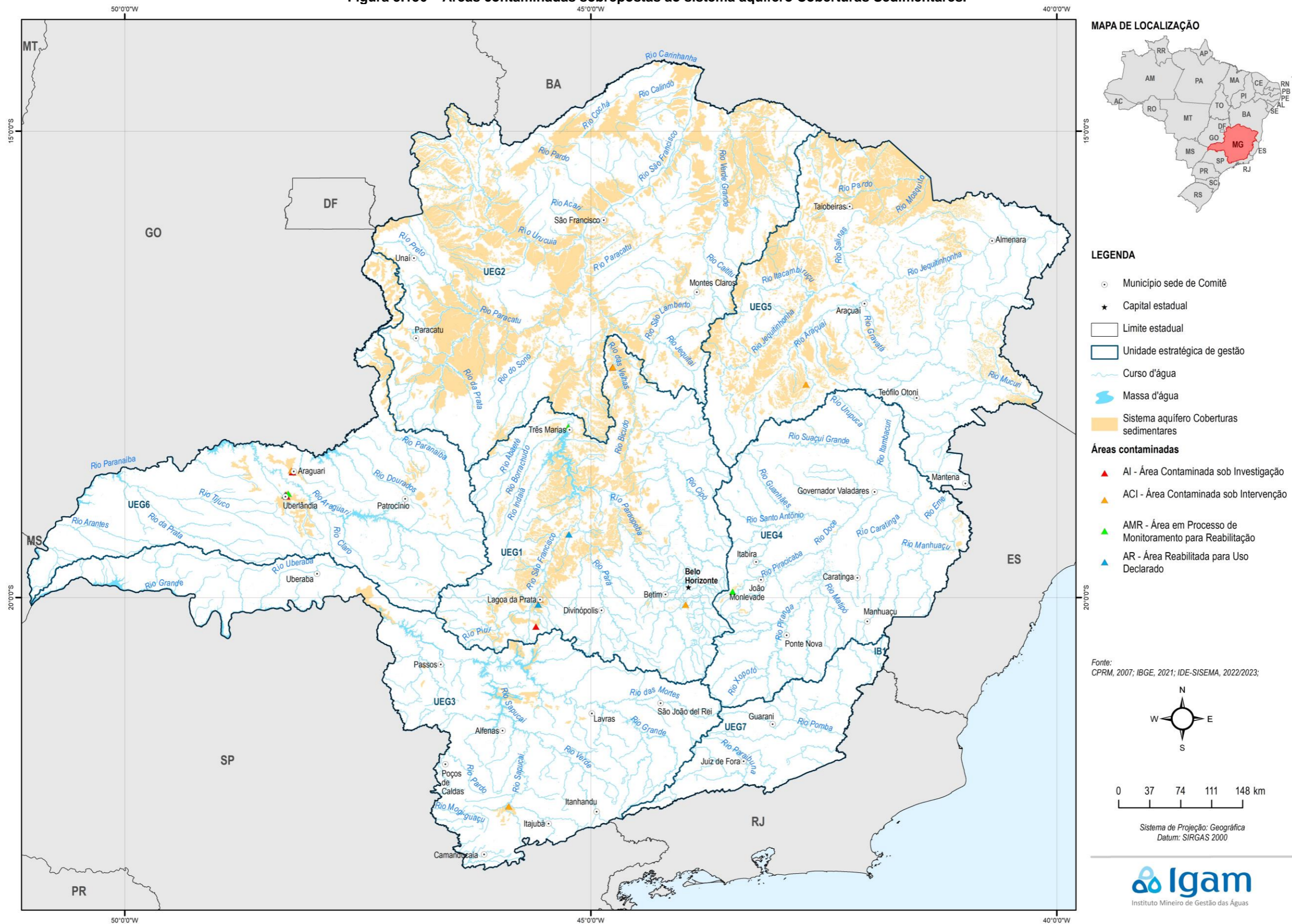
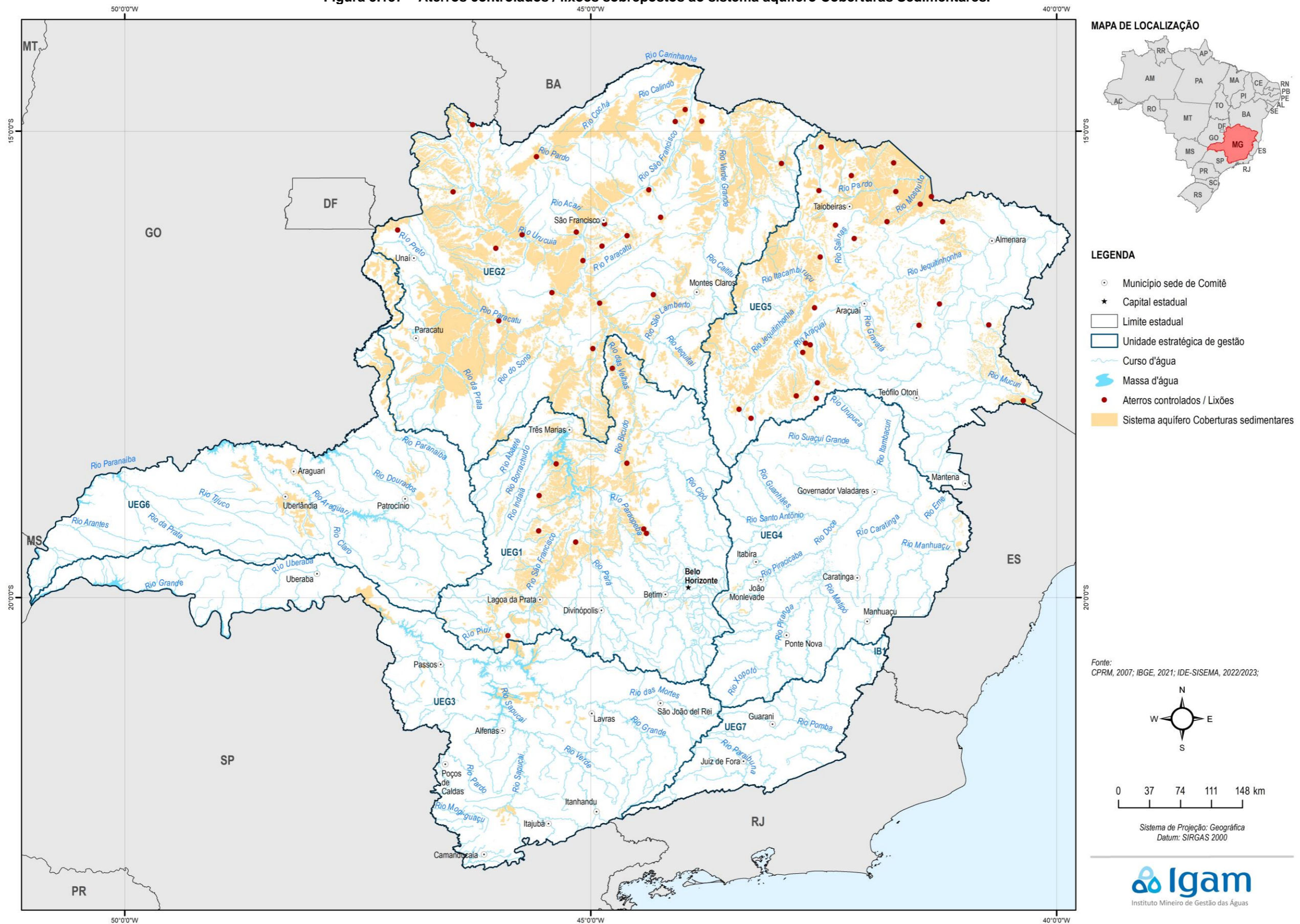


Figura 3.137 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Coberturas Sedimentares.



3.6.4 Sistema Aquífero Bauru

No **sistema aquífero Bauru** são 5 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 5 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 7 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 5 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 2 áreas que possuem como fonte de contaminação o descarte e 20 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quando aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Bauru possui um total de 5 áreas localizadas.

A Figura 3.138 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.139 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.138 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Bauru.

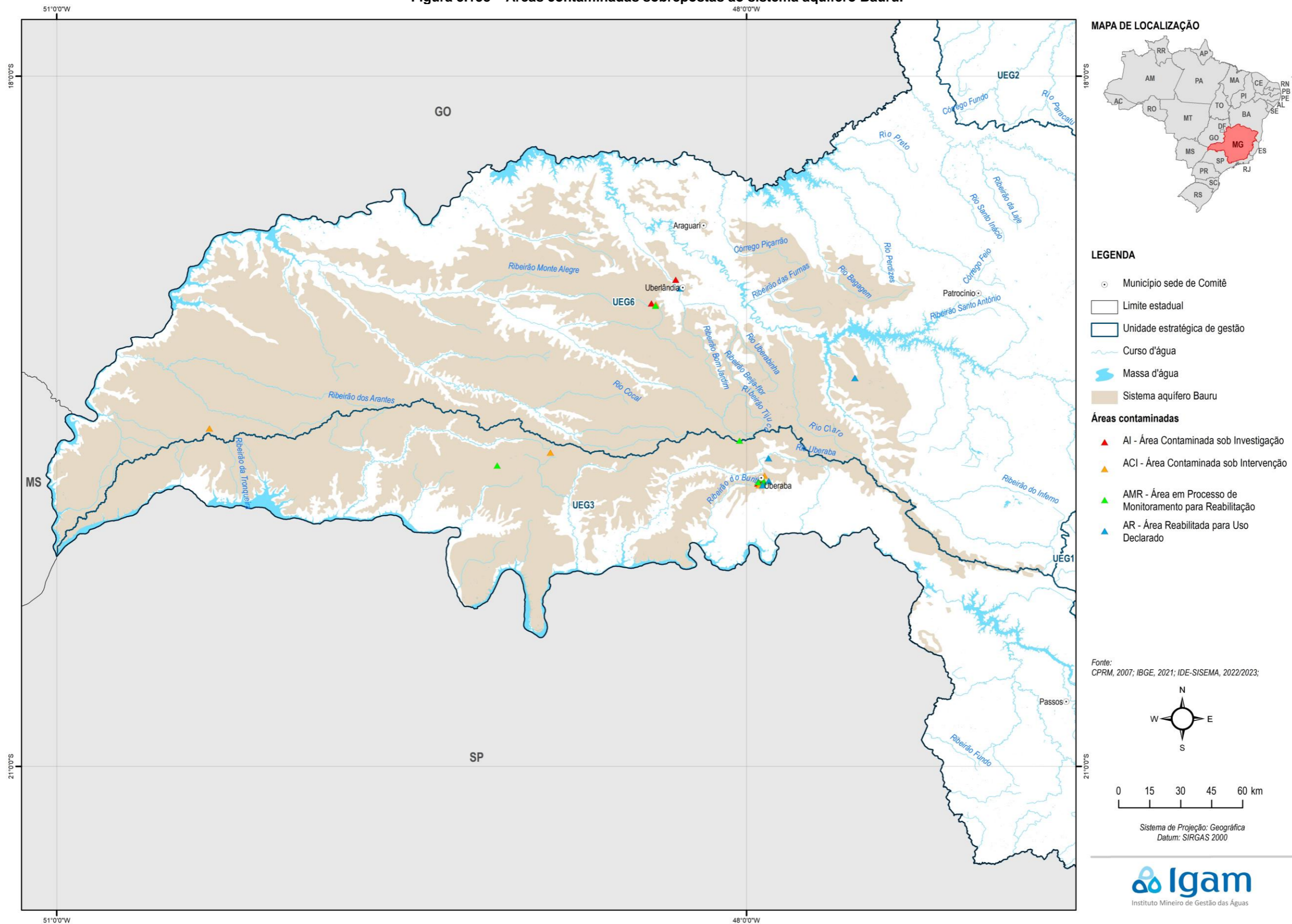
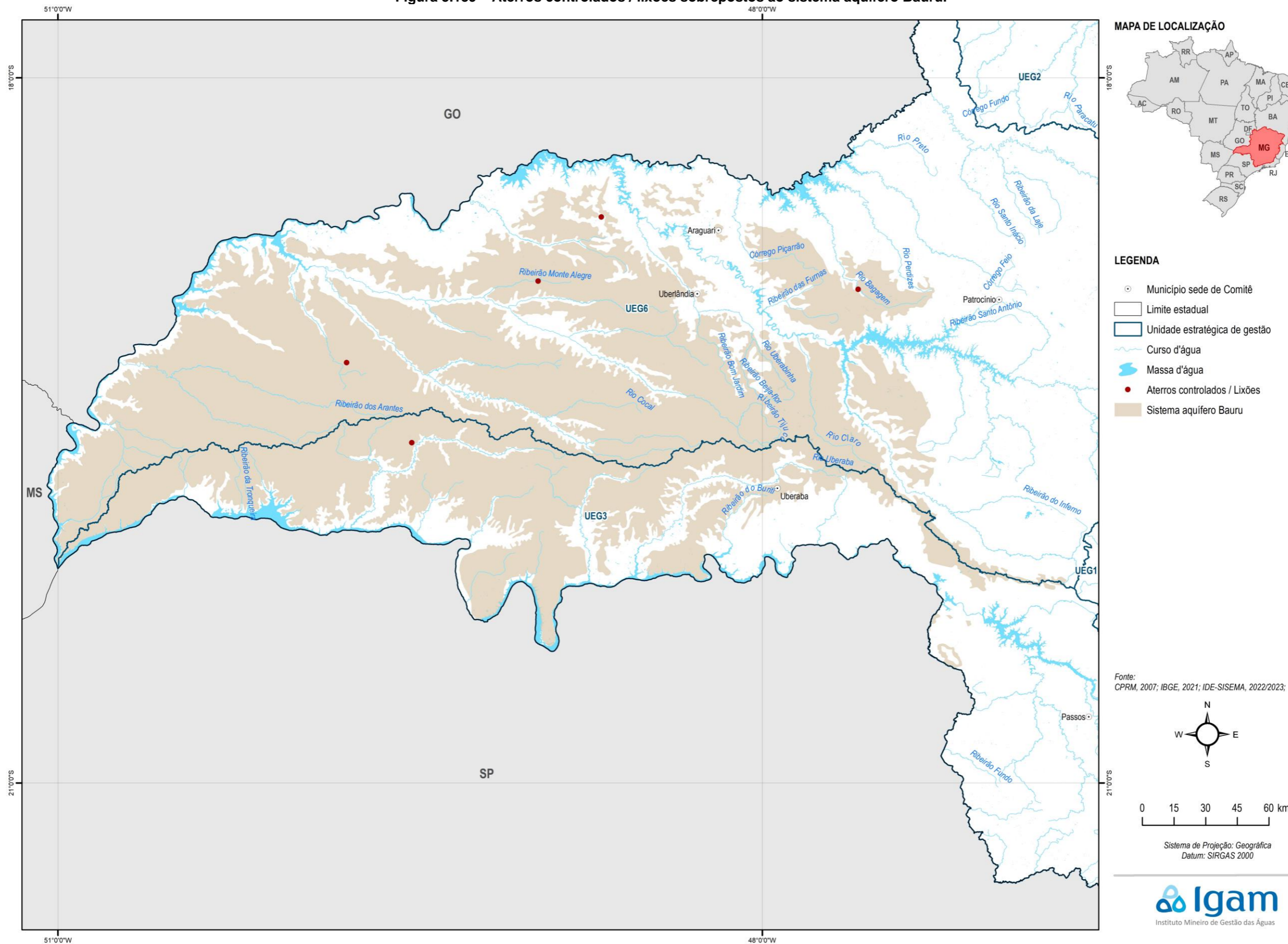


Figura 3.139 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Bauru.



3.6.5 Sistema Aquífero Cárstico

No **sistema aquífero Cárstico** são 6 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 7 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 4 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 4 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 2 áreas que possuem como fonte de contaminação o descarte e 19 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Cárstico possui um total de 7 áreas localizadas.

A Figura 3.140 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.141 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.140 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Cárstico.

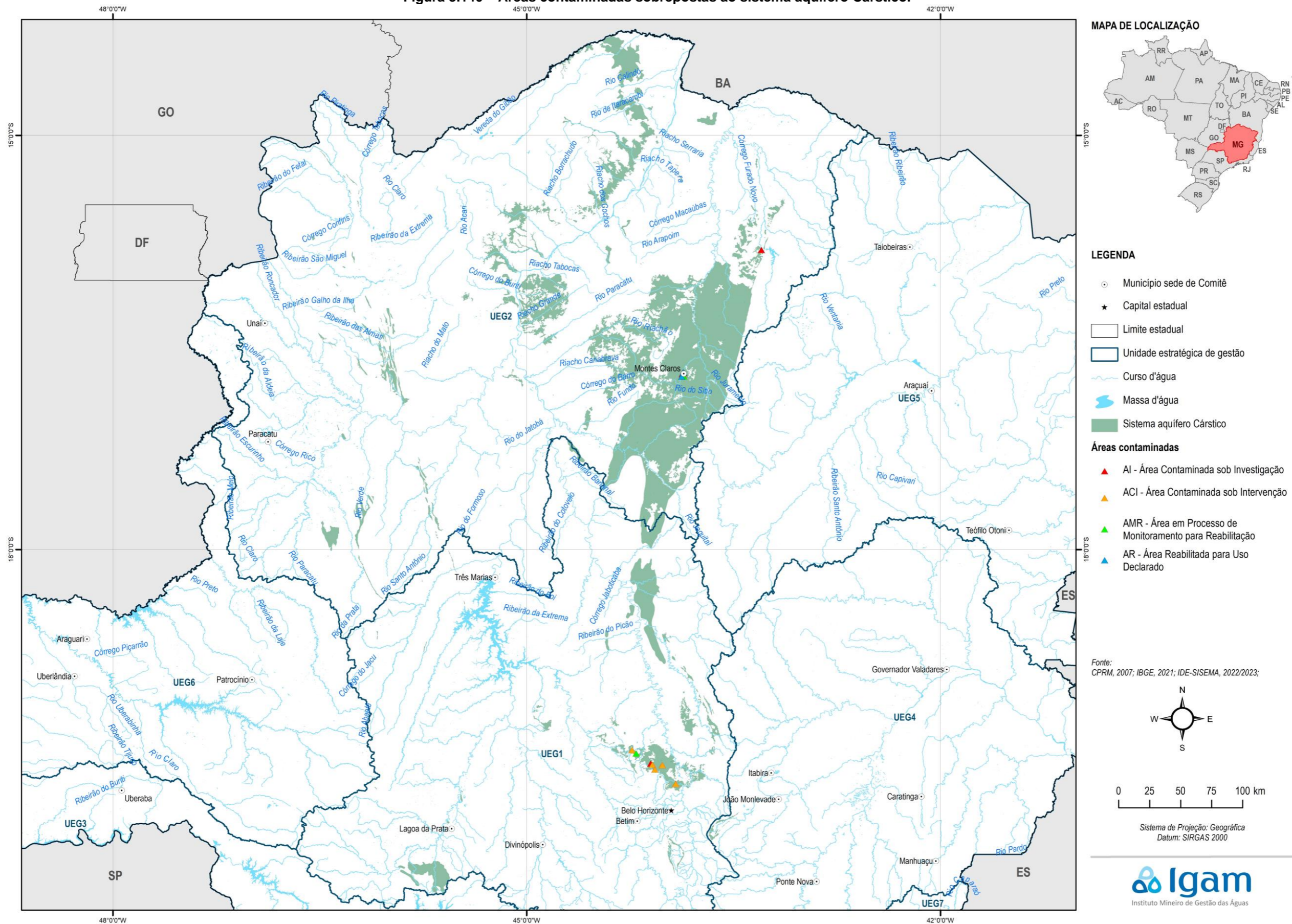
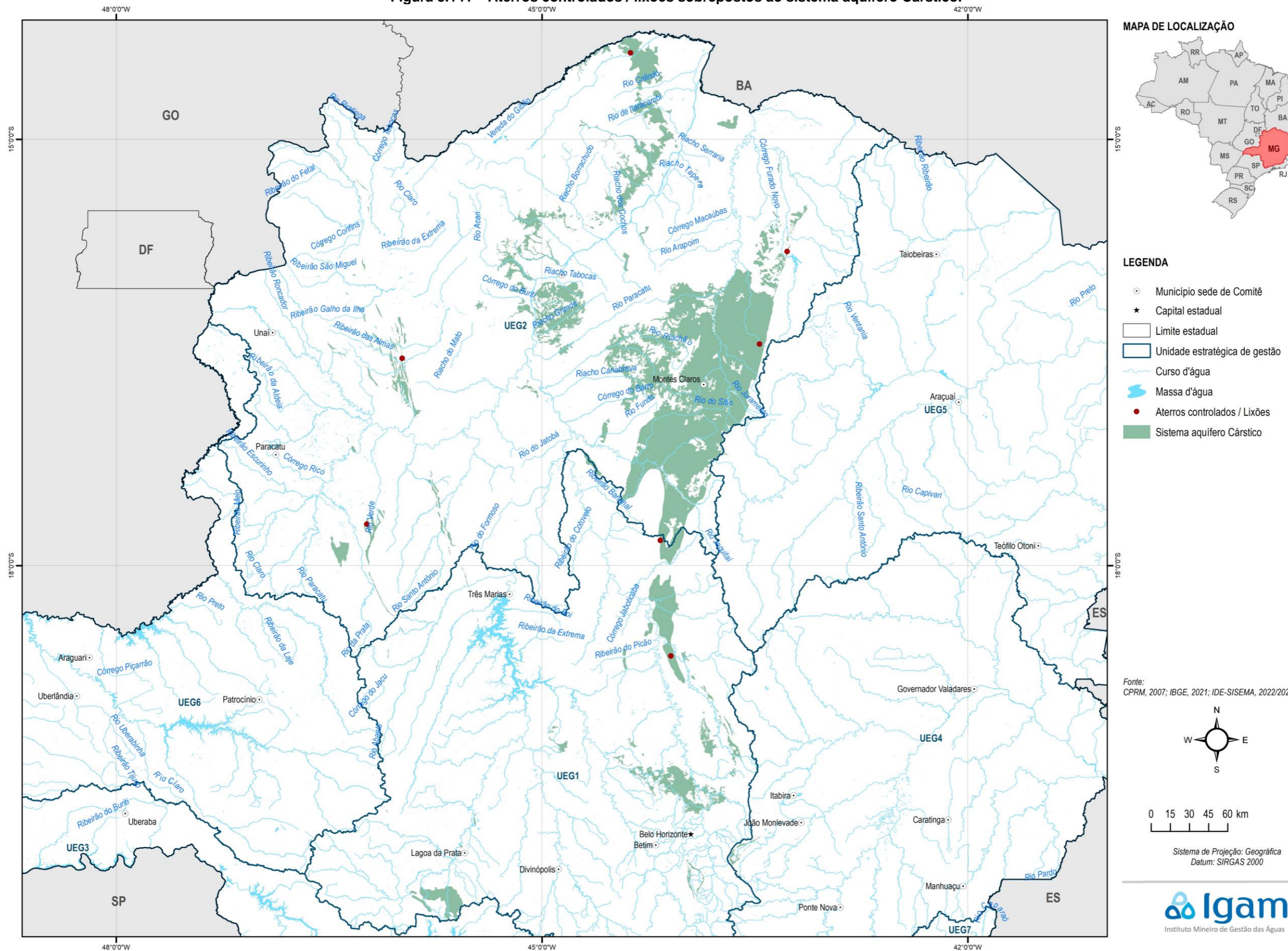


Figura 3.141 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Cárstico.



3.6.6 Sistema Aquífero Serra Geral

No **sistema aquífero Serra Geral** está localizada uma área classificada como Área Contaminada sob Investigação, 10 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 2 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 2 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 4 áreas que possuem como fonte de contaminação o descarte e 11 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Serra Geral possui um total de 5 áreas localizadas.

A Figura 3.142 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.143 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.142 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Serra Geral.

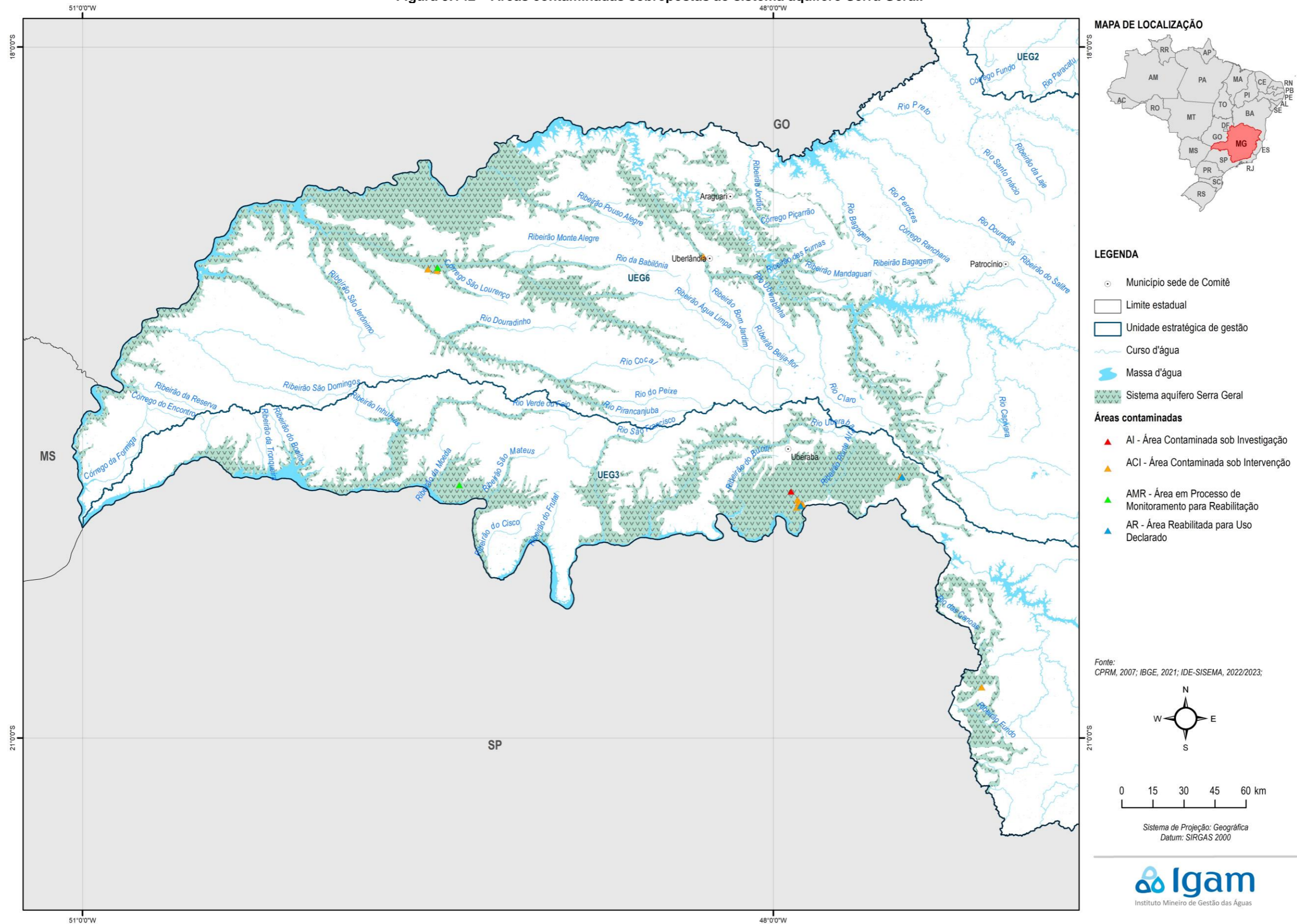
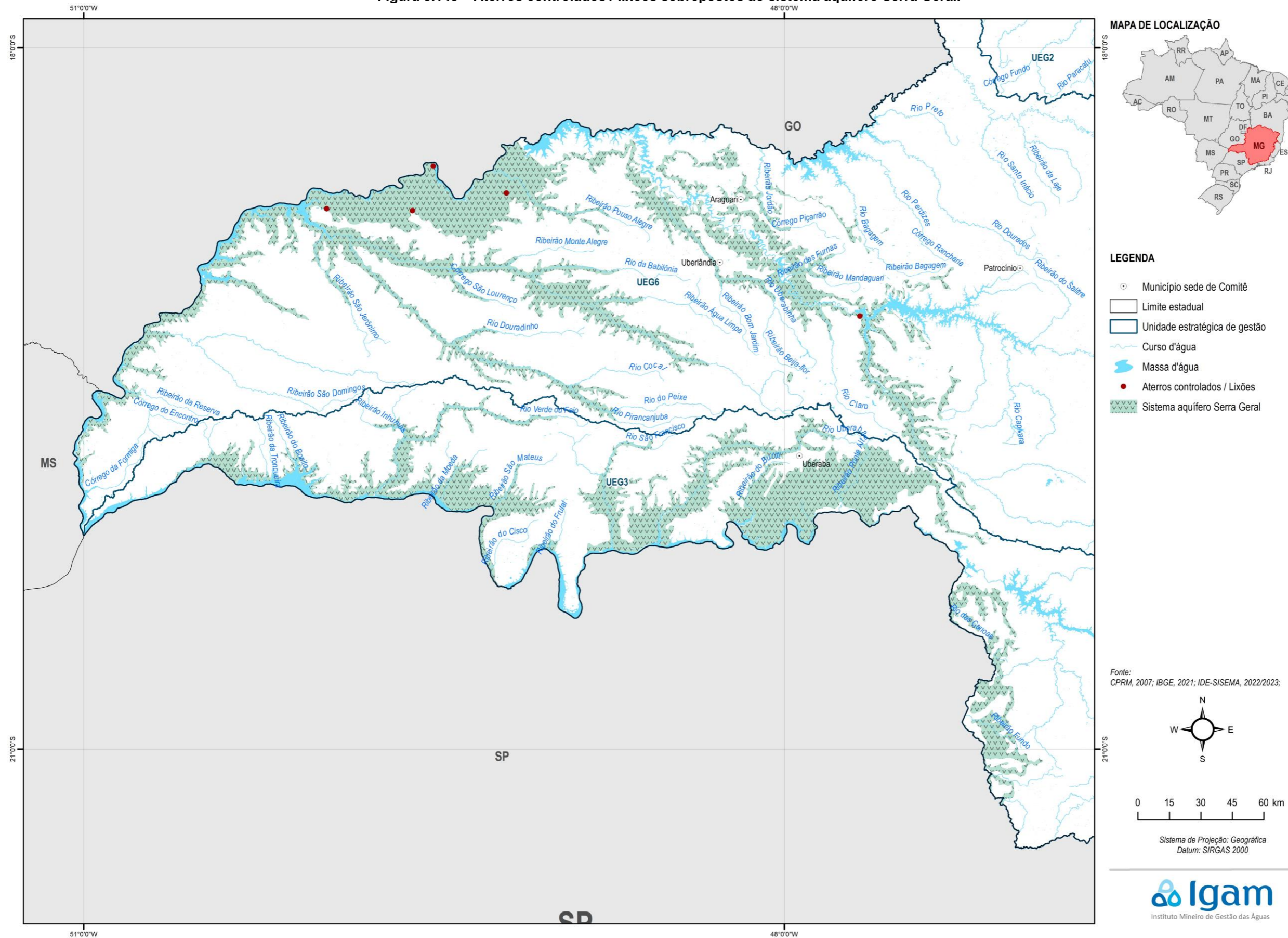


Figura 3.143 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Serra Geral.



3.6.7 Sistema Aquífero Aluvionar

No **sistema aquífero Aluvionar** são 3 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 4 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 4 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 6 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, uma área possui como fonte de contaminação o descarte e 16 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Aluvionar possui um total de 4 áreas localizadas.

A Figura 3.144 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.145 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.144 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Aluvionar.

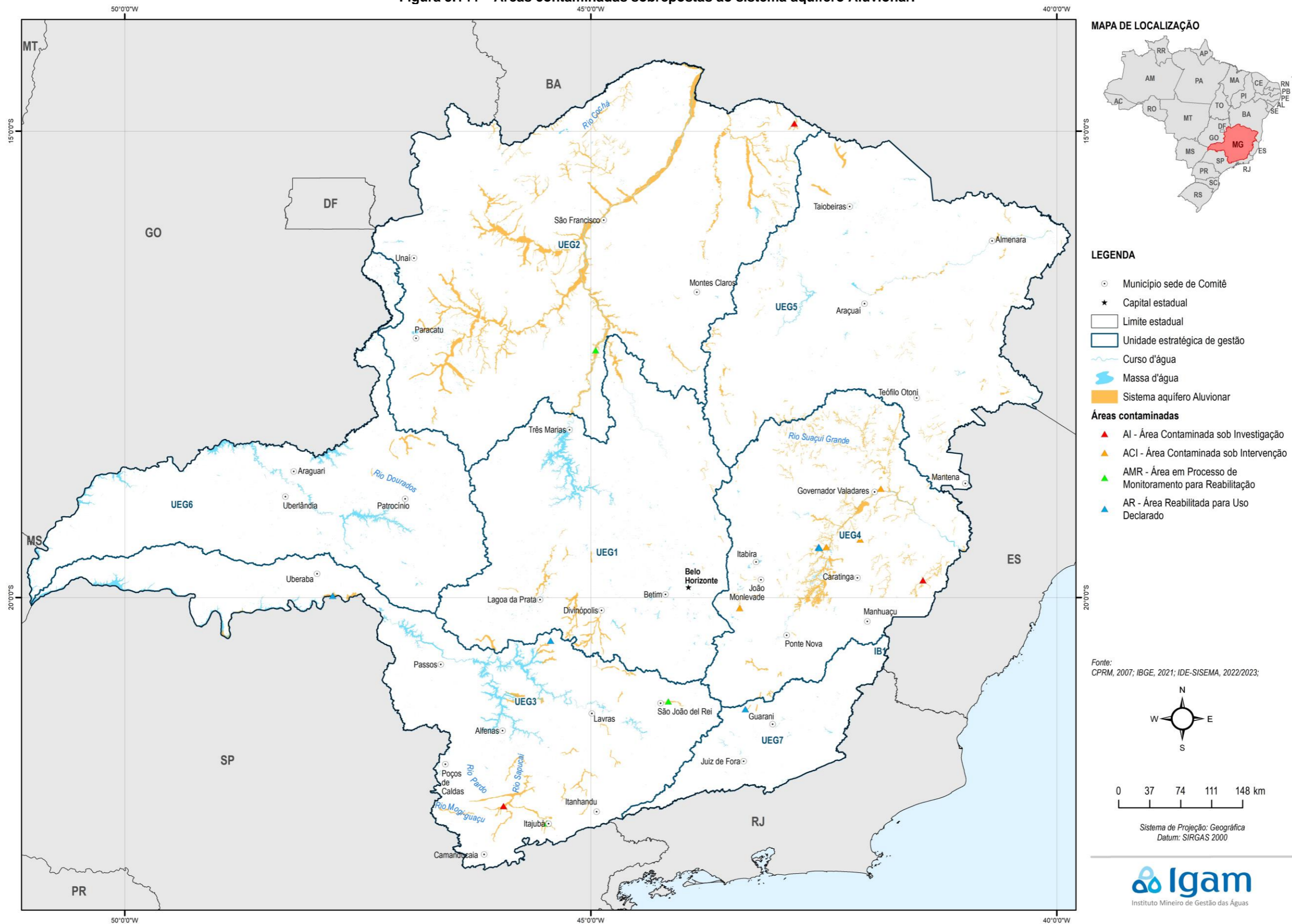
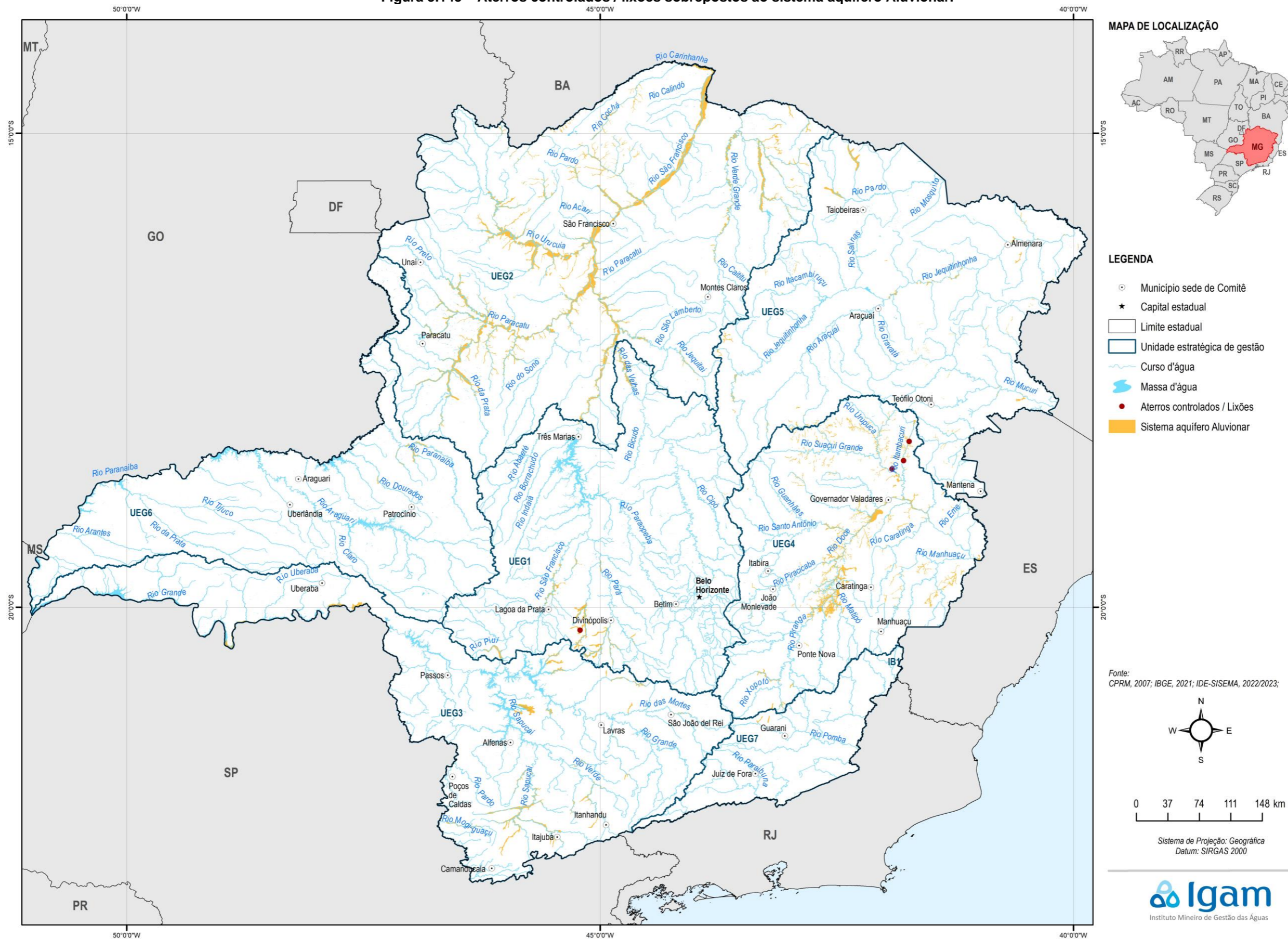


Figura 3.145 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Aluvionar.



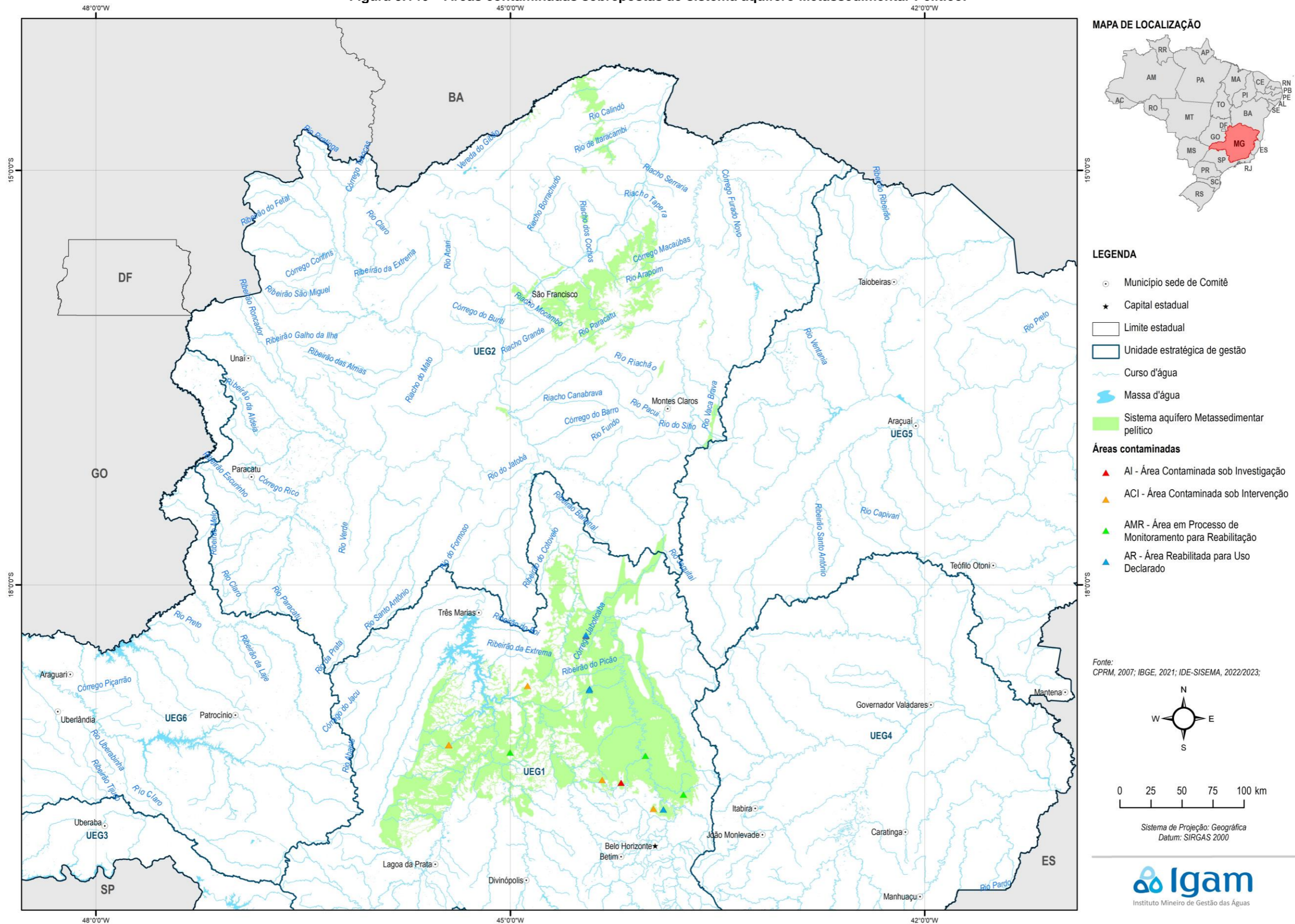
3.6.8 Sistema Aquífero Metassedimentar Pelítico

No **sistema aquífero Metassedimentar pelítico** são 2 áreas classificadas como Área Contaminada sob Investigação, 5 classificadas como Área Contaminada sob Intervenção, 3 classificadas como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e 4 classificadas como Área Reabilitada para Uso Declarado. Dessas, são 2 áreas que possuem como fonte de contaminação o descarte e 12 em que a fonte é vazamento ou infiltração.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Metassedimentar Pelítico possui um total de 10 áreas localizadas.

A Figura 3.146 apresenta a distribuição das áreas contaminadas e a Figura 3.147 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.146 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Metassedimentar Pelítico.



Fonte: elaboração própria

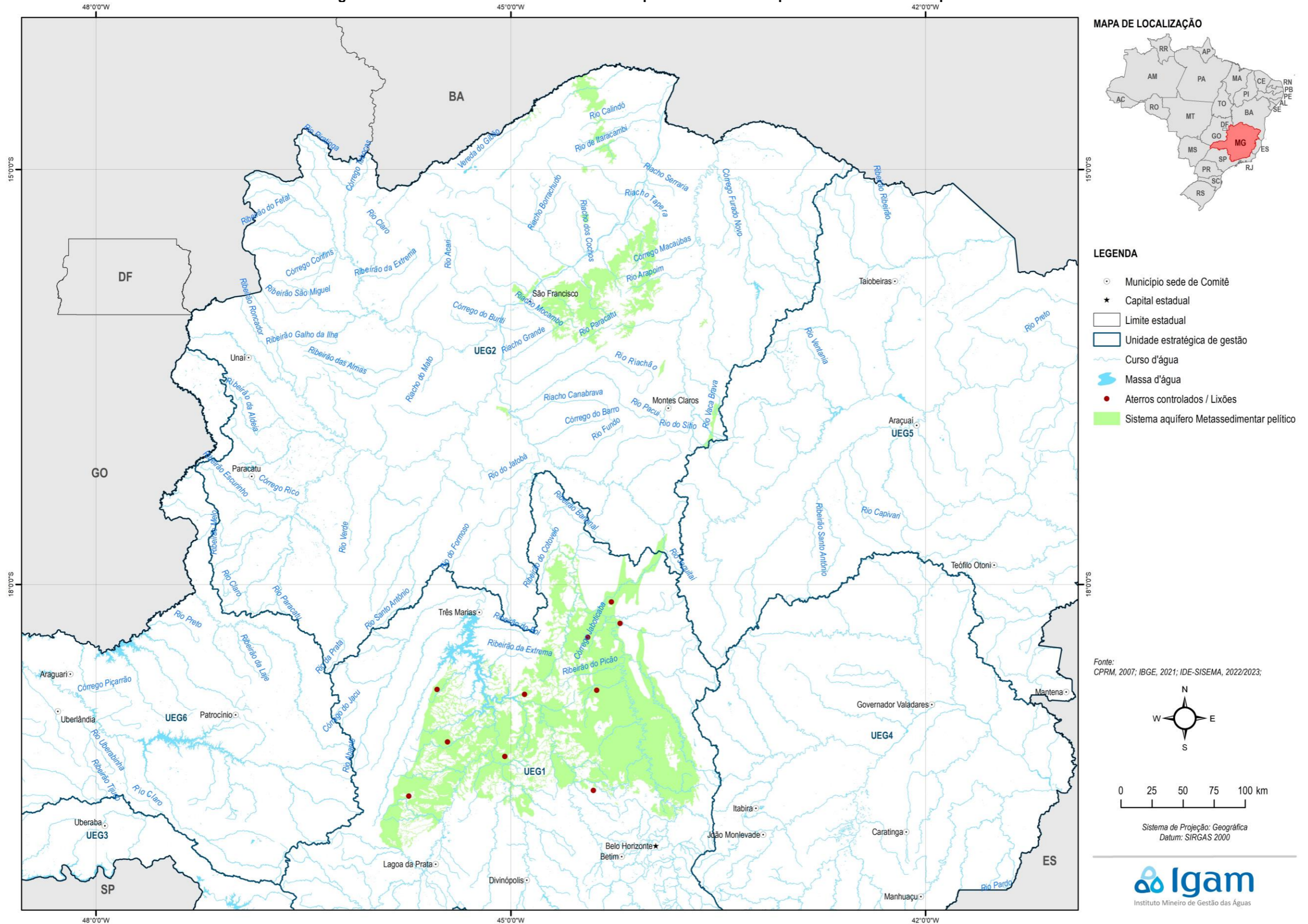
Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 3.147 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Metassedimentar pelítico.



3.6.9 Sistema Aquífero Areado

No **sistema aquífero Areado** está localizada apenas uma área contaminada. Essa é classificada como Área Contaminada sob Intervenção e possui como fonte de contaminação: vazamentos ou infiltração.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Areado possui apenas uma área localizadas.

A Figura 3.148 apresenta a localização da área contaminada e a Figura 3.149 apresenta a localização da área de lixão ou aterro controlado neste sistema aquífero.

Figura 3.148 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Areado.

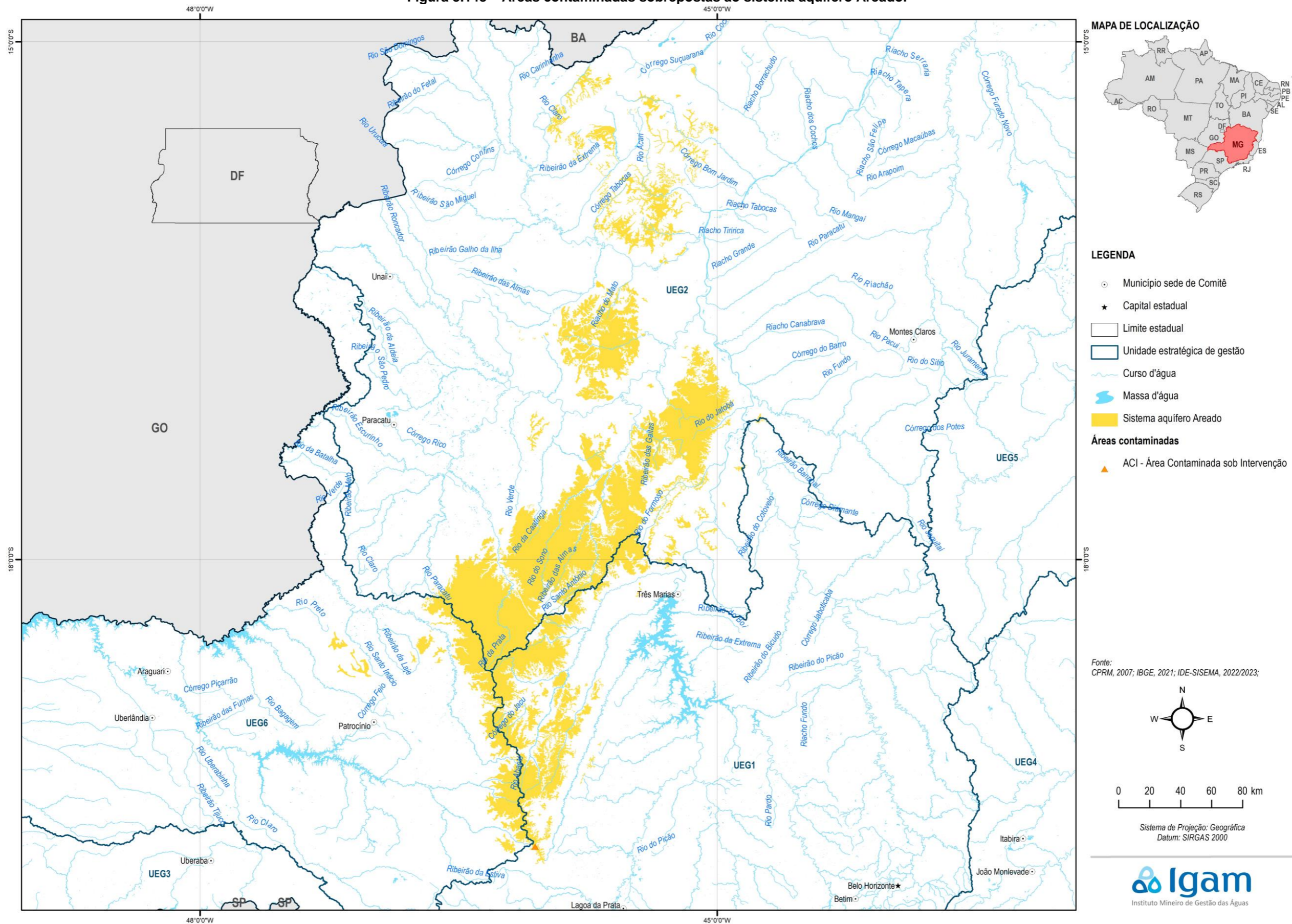
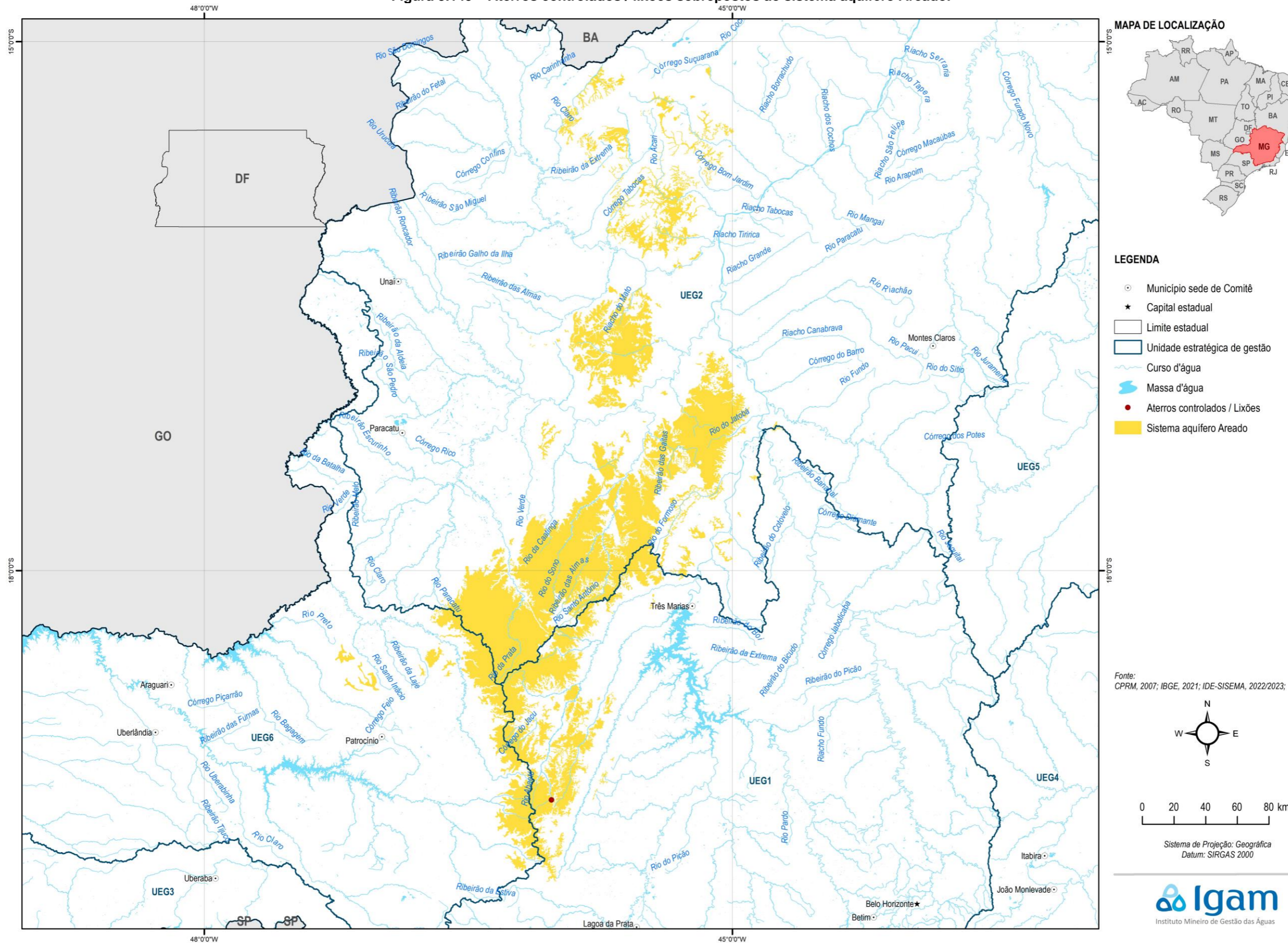


Figura 3.149 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Areado.



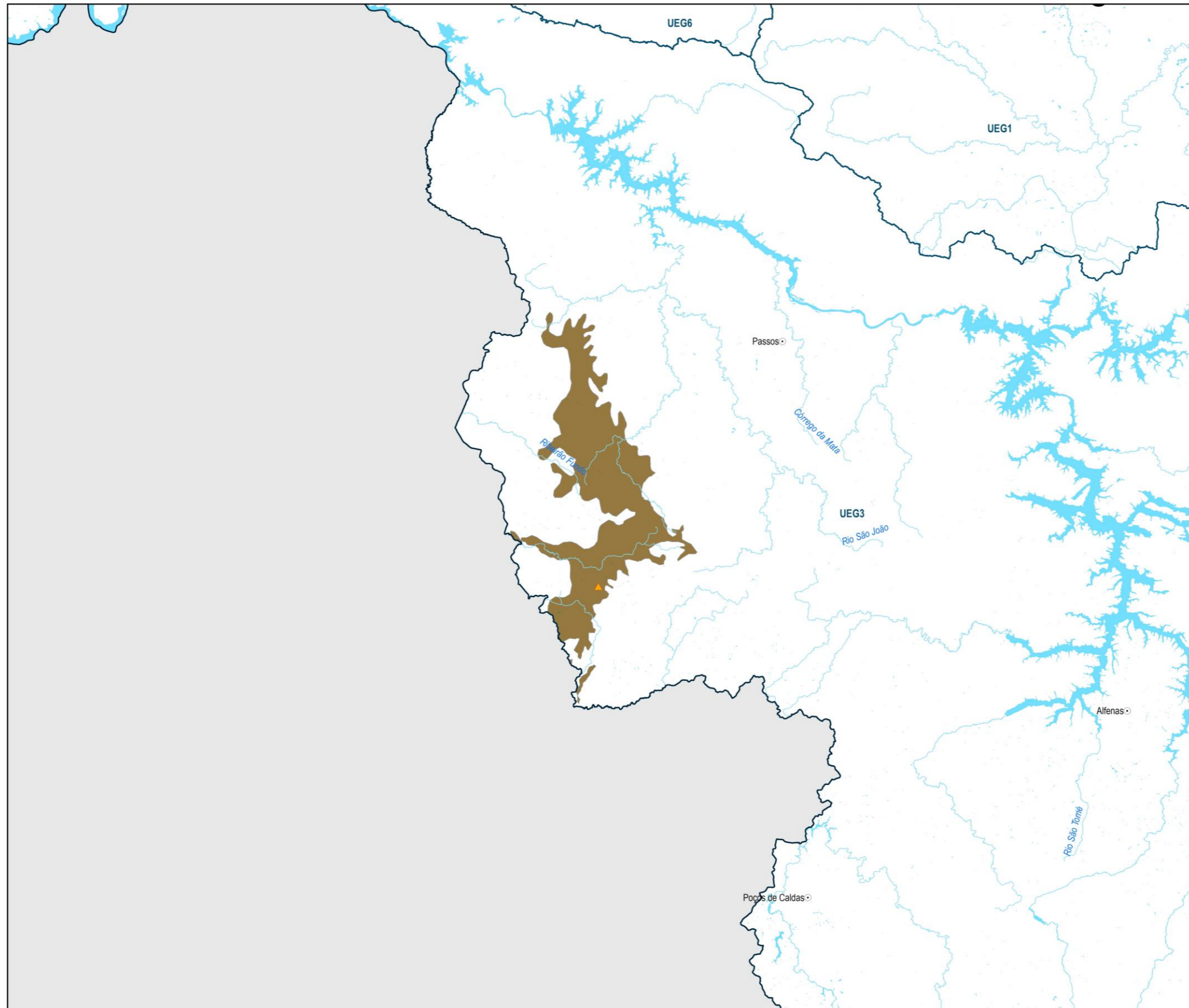
3.6.10 Sistema Aquífero Tubarão

No **sistema aquífero Tubarão** está localizada apenas uma área contaminada. Essa é classificada como Área Contaminada sob Intervenção e possui como fonte de contaminação: descarte.

Quanto aos lixões e aterros controlados, o sistema aquífero Tubarão não possui nenhuma área localizada.

A Figura 3.150 apresenta a localização da área contaminada.

Figura 3.150 – Áreas contaminadas sobrepostas ao sistema aquífero Tubarão.



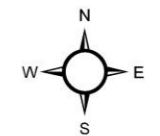
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Município sede de Comitê
- ★ Capital estadual
- Limite estadual
- Unidade estratégica de gestão
- Curso d'água
- Massa d'água
- Sistema aquífero Tubarão
- ▲ Áreas contaminadas
- ▲ ACI - Área Contaminada sob Intervenção

Fonte: CPRM, 2007; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023;



0 7,5 15 22,5 30 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



3.6.11 Sistema Aquífero Guarani

O sistema aquífero Guarani não possui áreas contaminadas localizadas, mas possui uma área de lixão ou aterro controlado.

A Figura 3.151 apresenta a localização dessa área neste sistema aquífero.

Figura 3.151 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Guarani.

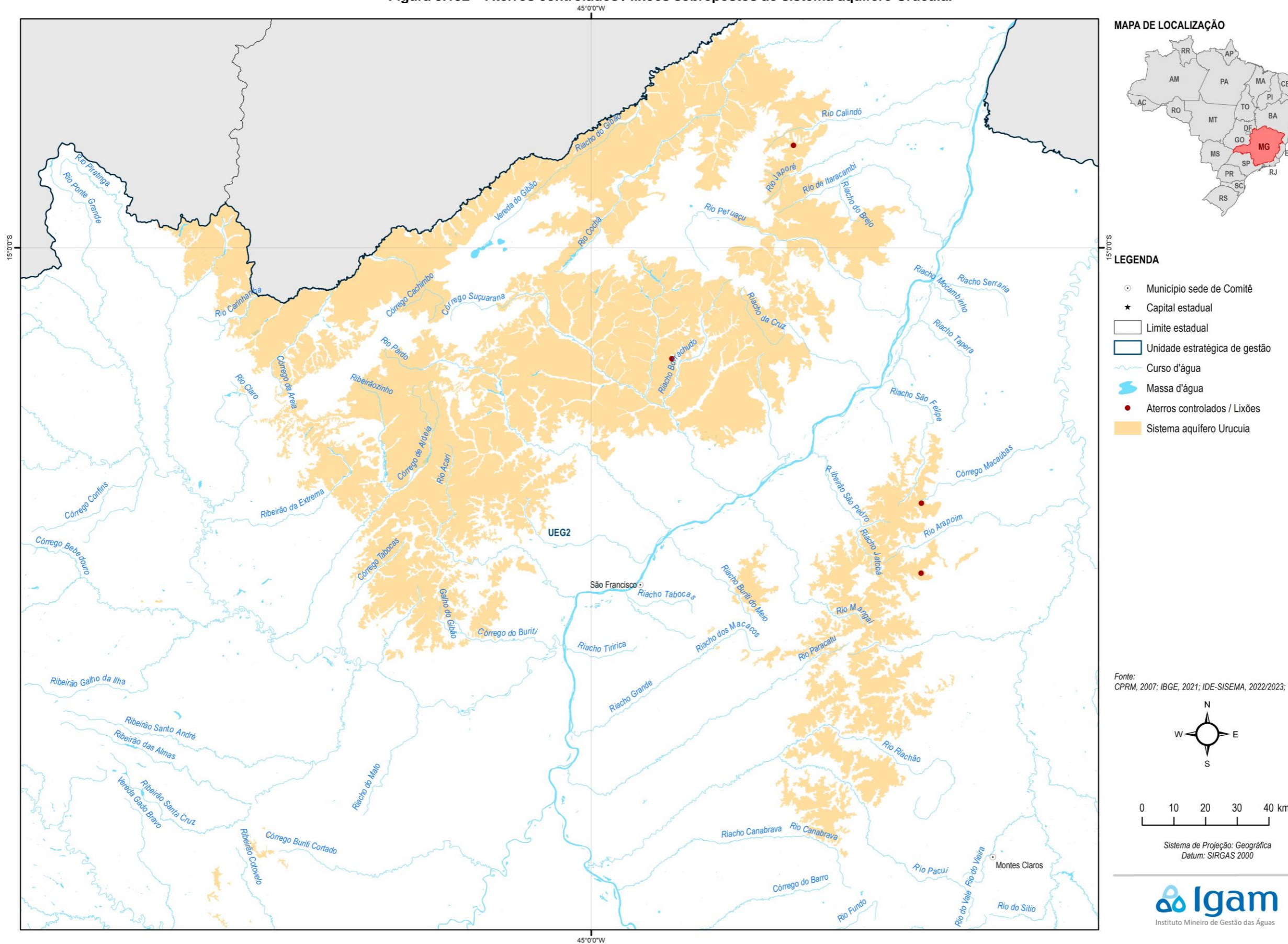


3.6.12 Sistema Aquífero Urucuia

O sistema aquífero Urucuia não possui áreas contaminadas localizadas, mas possui quatro áreas de lixões e aterros controlados.

A Figura 3.152 apresenta a distribuição dos lixões e aterros controlados neste sistema aquífero.

Figura 3.152 – Aterros controlados / lixões sobrepostos ao sistema aquífero Urucuia.



3.7 Considerações finais

O presente relatório abordou as interações entre o uso e a cobertura do solo, as atividades produtivas, outros fatores antrópicos e naturais e a qualidade da água, com o propósito de estabelecer correlações entre esses elementos. Esse objetivo foi alcançado por meio da análise das relações entre os fatores de pressão e os dados de monitoramento de qualidade da água. Adicionalmente, como já observado, foram realizados cálculos de correlação estatística, que não resultaram em fundamentos suficientes para serem considerados conclusivos, pois os coeficientes encontrados foram muito baixos e, por isso, desconsiderados.

É importante observar que a questão abordada por este estudo não dispõe de uma metodologia consolidada para sua resposta, dada a multiplicidade de fatores a serem considerados para determinar os impactos na qualidade da água de um corpo hídrico. Por essa razão, a metodologia empregada concentrou-se nas análises viáveis, baseando-se em experiências anteriores que pudessem guiar o processo de confrontação dos dados. Os resultados apresentados no capítulo 5 refletem essa avaliação causal, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da situação atual nas bacias de Minas Gerais.

Os resultados obtidos revelam uma discrepância consistente na qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso, ao longo dos gradientes de uso e ocupação do solo. Durante o período chuvoso, houve uma deterioração nos indicadores analisados (IQA, IET e CT), indicando uma tendência de degradação dos mananciais. Essa degradação foi associada ao aumento na concentração de diversos parâmetros, especialmente fósforo total, coliformes termotolerantes e turbidez, relacionada a fontes pontuais e difusas.

A variação espacial demonstrou um enriquecimento das águas superficiais de montante para jusante ao longo do gradiente de uso do solo. Durante o período seco, as fontes pontuais permanentes, como o saneamento e as atividades industriais, foram identificadas como principais fontes de poluição, especialmente nas regiões urbanas densamente povoadas.

Os elementos responsáveis pela contaminação por tóxicos foram identificados, com compostos fenólicos, nitrogênio amoniacal, metais pesados (cobre, chumbo e arsênio) destacados. Observou-se uma tendência de recuperação gradual da qualidade da água nos corpos receptores de esgotos domésticos e industriais durante a estiagem.

Durante o período chuvoso, as fontes difusas, como a lavagem do solo urbano, pastagens, áreas agrícolas e de mineração, prevaleceram na rede de drenagem, aumentando a carga de poluentes. No entanto, é necessário cautela ao estabelecer relações causais devido à complexidade das cargas difusas. A influência de fatores naturais, como pH e presença de fósforo, também foi observada, evidenciando padrões específicos nas bacias hidrográficas.

As Usinas Hidrelétricas (UHEs) demonstraram influência sobre a carga de sólidos e fósforo total, com redução nas concentrações a jusante. No entanto, a estratificação térmica e química pode ter impacto negativo no Oxigênio Dissolvido, especialmente durante o período chuvoso.

Destaca-se uma concentração de pontos de alta criticidade na cabeceira das bacias do rio das Velhas e rio Paraopeba, devido ao escoamento de esgotos domésticos e industriais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Essa alta criticidade persiste ao longo do

rio das Velhas. Em outras bacias, os pontos de alta criticidade estão localizados principalmente a jusante de áreas urbanas, conforme observado na análise estatística.

As bacias com maior proporção de trechos de alta criticidade são aquelas localizadas no centro-sul do estado, como afluentes do Alto Rio São Francisco, afluentes do rio Grande e afluentes do rio Paraíba do Sul. No entanto, em direção ao norte, há uma melhora na qualidade da água, com a predominância de pontos de monitoramento ou trechos classificados como média ou baixa criticidade.

Quanto às águas subterrâneas, o sistema Cristalino abrange 64% das áreas contaminadas de Minas Gerais, embora ocupe apenas 30% da área total do estado. A maior parte dessas áreas são reabilitadas para uso declarado. O sistema metassedimentar possui menos áreas contaminadas, apesar de sua extensão ser um pouco maior que a do sistema Cristalino. Outros seis sistemas têm entre 14 e 22 áreas contaminadas, enquanto os últimos quatro têm uma ou nenhuma área contaminada, sendo que estes últimos têm uma pequena extensão no território mineiro. Outra possível fonte de contaminação são os lixões que, também, têm predominância no sistema aquífero cristalino, porém com uma diferença menor para o número encontrado no sistema metassedimentar. O sistema Coberturas Sedimentares, terceiro em área no estado, também é o terceiro em número de lixões.

O sistema Cristalino, apesar de exposto a áreas contaminadas, não é tão vulnerável. Por outro lado, o sistema metassedimentar, com extensa presença em Minas Gerais, incluindo áreas de mineração, apresenta risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Portanto, ambos os sistemas, juntamente com os sistemas de cobertura sedimentar, devem ser monitorados, apesar de não concentrarem a maioria das áreas contaminadas e lixões.

Por fim, observa-se que devido às limitações das informações disponíveis, os resultados obtidos não possibilitam extrapolações além do que foi apresentado nos capítulos anteriores. Mesmo utilizando informações de uso e cobertura do solo em escala maior que o indicado no Termo de Referência, não foram obtidas relações unívocas entre fatores de pressão e resultados de monitoramento e isso ocorre pela complexidade dos usos existentes no território das bacias hidrográficas.

Por conseguinte, a opção por uma análise descritiva, focalizada na compreensão da influência dos fatores de pressão, detalhada por bacia de drenagem permitiu obter uma visão abrangente que atende às exigências do PMSH, ao estabelecer a relação entre os fatores de pressão identificados e os dados de qualidade, fornecendo subsídios necessários para que as próximas etapas de elaboração do estudo considerem os resultados obtidos para os temas abordados neste relatório para dar suporte ao processo de mapeamento de áreas prioritárias para ações de segurança hídrica, destacando-se o conteúdo do capítulo 6, que apresenta o mapeamento dos trechos críticos.

3.8 Referências Bibliográficas

ANA – ANGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO e IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Massas d'água. 2021. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/537a07b7-4a29-422d-bdde-43ae8af87b61>. Acesso em: mar. 2023.

ANM – Agência Nacional de Mineração. Polígonos de direito minerário. 2023. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/home/item.html?id=90ecbc1f0e374d459c0afe7e3ae466c1>. Acesso em jun. 2023

BOSAK, P. A. et al (2017). Intoxicação de bovinos por ácido cianogênico e nitrito/nitrato em pastagens de manejo intensivo. PUBVET. v.11, n.10, p.1008-1014.

CETESB (2017), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ficha de Informação Toxicológica - Arsênio.

COPRAPE (2020), Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. São Paulo: Conteúdo: Resumo executivo.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce. 2016. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia,-Meio-Ambiente-e-Saude/Produtos---Geoquimica-Ambiental-4764.html>. Acesso em: dez. 2023.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Paranaíba. 2018a. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21728>. Acesso em: dez. 2023

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Atlas Geoquímico da Bacia do Rio São Francisco. 2018b. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia,-Meio-Ambiente-e-Saude/Produtos---Geoquimica-Ambiental-4764.html>. Acesso em: dez. 2023.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil. 2007. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10323>. Acesso em set 2022

FADIGAS, Francisco de Souza; AMARAL-SOBRINHO, Nelson Moura Brasil do; MAZUR, Nelson; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; FREIXO, Alessandra Alexandre. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. *Bragantia*, [S.L.], v. 61, n. 2, p. 151-159, ago. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052002000200008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/jhrTyPvvhpTLq4TsRrH7xHg/?lang=pt#>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. United Nations. Manual for integrated Field data collection. Roma: Un, 2012. 175 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ap152e/ap152e.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. 2023. Cadastro de Minas Paralisadas e Abandonadas. Disponível em: <http://www.feam.br/recuperacao-de-areas-de-mineracao/cadastro-de-minas-paralisadas-e-abandonadas>. Acesso em: jun. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013: Manual Técnico de Uso da Terra. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 171 p. (Manuais técnicos em Geociências, n. 7). Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: fev. 2023.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais - Sistema Estadual de Meio Ambiente. 2023. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em jun. 2023.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (2023a). Avaliação da qualidade das águas e sedimentos do Rio Paraopeba: acompanhamento da qualidade das águas do Rio Paraopeba após 4 anos do rompimento da barragem da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA – Brumadinho/MG / Instituto Mineiro de Gestão das Águas . --- Belo Horizonte: Igam.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (2023b). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 7 anos de rompimento da barragem de Fundão 2016-2022 / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo Horizonte: Igam.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Dados históricos do monitoramento de qualidade da água. Material recebido por link de drive online. 2022.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Índice de Estado Trófico – IET. 2023b. Disponível em: <https://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/322-indice-de-estado-trofico-iet>. Acesso em: jun. 2023.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Índice de Qualidade Das Águas – IQA. 2023a. Disponível em: <https://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/319-indice-de-qualidade-das-aguas-iqa>. Acesso em: jun. 2023.

IGAM – INTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Produto 2 – Estudo e levantamento diagnósticos. RF003 (Subproduto 2D). Revisão 01. 2022. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1JVVNc5c62xvdyQxiCMA9Akd4CBPJz9fH?usp=share_link. Acesso em: fev. 2023.

LIMA, Carlos Eduardo Pacheco. Production of soils and aquifers vulnerability maps to heavy metals contamination for the State of Minas Gerais, Brazil. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5550/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: out. 2023.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 17 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 21 nov. 2020. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52900>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa CERH-MG nº 71, de 22 de dezembro de 2021. Altera a Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 17 de novembro de 2020. Belo Horizonte, MG, 13 maio 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=55142>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte, MG, 08 dez. 2017. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 7 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. 2022b. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em: dez. 2022.

PROJETO MAPBIOMAS. Dados do Módulo de Infraestrutura. 2023c. Disponível em: https://mapbiomas.org/dados-de-infraestrutura?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: dez. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. Estatísticas de acuracidade. 2023b. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia/colecao-8/>. Acesso em: dez. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. Mapbiomas Cobertura 10m. 2023d. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-cobertura-10m/>. Acesso em: jan. 2024.

PROJETO MAPBIOMAS. MapBiomas General “Handbook”. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Collection 7. Version 1.0. 2022a.

PROJETO MAPBIOMAS. Produtos. 2023a. Disponível em: <https://mapbiomas.org/produtos>. Acesso em: dez. 2023.

PSH-RMBH. Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Relatório do Subproduto2D - Levantamento dos fatores de pressão que exercem influência na qualidade das águas. 2023. Disponível em: [https://drive.google.com/drive/folders/1qypGM5PWZUmapZ64hronJ5Hnvd0Qa8A6?usp=sha](https://drive.google.com/drive/folders/1qypGM5PWZUmapZ64hronJ5Hnvd0Qa8A6?usp=sharing) ring. Acesso em nov. 2023.

RODRIGUES, S. C. V. A.; LIMA, C. E. P.; FONTES, M. P. F. Atualização do mapeamento de vulnerabilidade de aquíferos do estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados. Resumo disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147052/1/Anais-da-V-e-VI-Jornada-Cientifica-da-Embrapa-Hortalias-p16.pdf>. Acesso em: ago. 2023.

SANTOS, Carla Maria Lopes da Silva Afonso. Estatística Descritiva – Manual de Autoaprendizagem. 3ª Edição – Lisboa, Setembro de 2018.

TANNÚS, M.B., PIMENTEL, P.F., CASTRO E SILVA M.E.M., MOREIRA, C.V.R., OLIVEIRA, E.C.. 2001. Projeto Paracatu: Concepção e Resultados Preliminares. CETEC/MG In: Jornada Internacional de Impacto Ambiental do Mercúrio Utilizado pela Atividade de Mineração Artesanal na Iberoamérica. Lima. Peru.

TORREZANI, L. Avaliação da contaminação antrópica por metais no sedimento de fundo da Bacia do Igarapé do Educandos (Manaus/Amazonas). Dissertação Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2016.

USA. NRR - Natural Resource Report. Thematic Accuracy Assessment Procedures. Fort Collins, Colorado, 2010. p. 26-28.

USA. USGS - United States Geological Survey. Landsat Missions. 2023. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions>. Acesso em: 20 mar. 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA-UFMG.1996

APÊNDICES



APÊNDICE I – DADOS DA REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADAS NO ESTUDO



APÊNDICE II – INFORMAÇÕES SOBRE PARÂMETROS EM DESCONFORMIDADE

APÊNDICE III – CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO NAS OTTOBACIAS NÍVEL 6



APÊNDICE IV – USO E COBERTURA DO SOLO EM FORMATO VETORIAL

APÊNDICE V – CLASSIFICAÇÃO DETALHADA DE SOLOS POR UEG



APÊNDICE VI – SOLOS POR OTTOBACIAS NÍVEL 6

APÊNDICE VII – MATERIAIS MINERADOS POR OTTOBACIA NÍVEL 6

APÊNDICE VIII - EMPREENDIMENTOS INDUSTRIAIS POR OTTOBACIA NÍVEL 6



4 SUBPRODUTO 2E, 2F E 2G

4.1 Objetivos

A análise das temáticas de eventos extremos e de segurança de barragens atende ao objetivo macro de gerar subsídios a priorização de investimentos e subsídios a proposição de ações. É importante destacar que dentro da estrutura de elaboração do PMSH, os subprodutos 2E, 2F e 2G estão inseridos no contexto de estudo e levantamentos, ou seja, tem de fundo um ideário voltado à sistematização de informações e análises focadas em subsidiar a elaboração do Banco de Projetos, objeto do Produto 4.

Assim sendo, pode-se dizer que todos esses subprodutos têm como objetivo principal gerar uma base de dados consolidada e organizada nas unidades de planejamento do PMSH. Insere-se nessa consolidação a hierarquização de diversos temas para atender aos requisitos de priorização de implementação das ações, também objeto do Produto 4 – Banco de Projetos.

Por isso, os objetivos de cada subproduto são os seguintes:

- Subproduto 2E:
 - Sistematizar as informações sobre registro de eventos extremos em Minas Gerais e espacializar essas informações nas unidades de planejamento;
 - Projetar a ocorrência de eventos extremos em Minas Gerais com base nos dados pretéritos e à luz do que se conhece sobre as implicações das mudanças climáticas;
 - Avaliar o risco e a vulnerabilidade das unidades de planejamento quanto a ocorrência de eventos extremos.
- Subproduto 2F:
 - Estimar o custo da ocorrência de eventos extremos em Minas Gerais;
 - Avaliar o custo futuro da ocorrência de eventos extremos em Minas Gerais.
- Subproduto 2G:
 - Sistematizar as informações existentes nas bases de dados sobre reservatórios *off-stream* e barragens de rejeito, resíduos perigosos e água em um banco de informações;
 - Avaliar o risco/vulnerabilidade a eventos de rompimento dessas estruturas e identificar as que poderão oferecer risco à segurança hídrica.

4.2 Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à eventos extremos

Eventos climáticos extremos têm se apresentado como uma das principais manifestações das mudanças climáticas. Dependendo da magnitude, esses eventos podem impactar seriamente os sistemas humanos ocasionando desastres irreparáveis com perdas humanas, materiais e econômicas significativas, assim como danos ao ambiente e à saúde das populações (IPCC, 2014; FEAM, 2015).

4.2.1 Diagnóstico da ocorrência, frequência e impactos de eventos extremos

No Brasil, as informações sobre desastres ocorridos em decorrência de eventos extremos estão disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). O S2ID é uma plataforma web desenvolvida pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) em conjunto com o Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED/UFSC) e que tem como principal objetivo apoiar os órgãos de proteção e defesa civil proporcionando maior celeridade e transparência à gestão de risco e desastres no Brasil (BRASIL, 2023).

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) (BRASIL, 2023b), os desastres podem ser decorrentes de causas naturais (códigos iniciados em 1) e tecnológicas (códigos iniciados em 2). Dentre as causas naturais, a codificação é dividida nas seguintes categorias (dois primeiros números dos códigos): geológicos (11), hidrológicos (12), meteorológicos (13), climatológicos (14) e biológicos (15). Os desastres considerados pelo Cobrade são listados no Quadro 4-1.

Quadro 4-1 – Tipologia de desastres catalogados no Cobrade.

Código	Desastre
Geológico	
11110	Tremor de terra
11120	Tsunami
11200	Emanação vulcânica
11311	Quedas, Tombamentos e rolamentos - Blocos
11312	Quedas, Tombamentos e rolamentos – Lascas
11313	Quedas, Tombamentos e rolamentos – Matacões
11314	Quedas, Tombamentos e rolamentos – Lajes
11321	Deslizamentos
11331	Corridas de Massa - Solo/Lama
11332	Corridas de Massa - Rocha/detrito
11340	Subsidências e colapsos
11410	Erosão Costeira/Marinha
11420	Erosão de Margem Fluvial
11431	Erosão Continental – Laminar
11432	Erosão Continental – Ravinas
11433	Erosão Continental – Boçorocas
Hidrológico	
12100	Inundações
12200	Enxurradas
12300	Alagamentos
Meteorológico	
13111	Ciclones - Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)
13112	Ciclones - Marés de Tempestade (Ressacas)
13120	Frentes Frias/Zonas de Convergência
13211	Tempestade Local/Convectiva – Tornados
13212	Tempestade Local/Convectiva - Tempestade de Raios
13213	Tempestade Local/Convectiva – Granizo
13214	Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas
13215	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval
13310	Onda de Calor
13321	Onda de Frio – Friagem
13322	Onda de Frio – Geadas
Climatológico	

Código	Desastre
14110	Estiagem
14120	Seca
14131	Incêndio Florestal - Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente
14132	Incêndio Florestal - Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar
14140	Baixa Umidade do Ar
Biológico	
15110	Doenças infecciosas virais
15120	Doenças infecciosas bacterianas
15130	Doenças infecciosas parasíticas
15140	Doenças infecciosas fúngicas
15210	Infestações de animais
15221	Infestações de algas - Marés vermelhas
15222	Infestações de algas - Ciano bactérias em reservatórios
15230	Outras Infestações
Desastres relacionados a substâncias radioativas	
21110	Queda de satélite (radionuclídeos)
21210	Fontes radioativas em processos de produção
21310	Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente
Desastres relacionados a produtos perigosos	
22110	Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio
22210	Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável
22220	Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial e marinho
22310	Liberação produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares.
22410	Transporte de produtos perigosos rodoviário
22420	Transporte de produtos perigosos ferroviário
22430	Transporte de produtos perigosos aéreo
22440	Transporte de produtos perigosos dutoviário
22450	Transporte de produtos perigosos marítimo
22460	Transporte de produtos perigosos aquaviário
Desastres relacionados a incêndios urbanos	
23110	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos
23120	Incêndios em aglomerados residenciais
Desastres relacionados a obras civis	
24100	Colapso de edificações
24200	Rompimento/colapso de barragens
Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	
25100	Transporte passageiros e cargas não perigosas rodoviário
25200	Transporte passageiros e cargas não perigosas ferroviário
25300	Transporte passageiros e cargas não perigosas aéreo
25400	Transporte de passageiros e cargas não perigosas marítimo
25500	Transporte passageiros e cargas não perigosas aquaviário

Fonte: BRASIL (2023b).

A série histórica do S2ID contém as informações principais sobre os Reconhecimentos Federais de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública realizados desde o ano de 2003. Contudo, informações mais detalhadas, como por exemplo, danos e prejuízos associados aos desastres, só estão disponíveis a partir de 2013. Dessa forma, para o diagnóstico dos desastres foram utilizados os dados da série entre 2013 e 2022, abrangendo um período de 10 anos com informações completas para cada registro.

Considera-se que estão relacionados a eventos extremos apenas os desastres que decorrem de causas naturais, assim, os desastres biológicos ou relacionados mais diretamente a

atividades humanas (código Cobrade iniciado com o dígito 2) não estão incluídos nesse diagnóstico.

Os registros de desastres no S2ID entre 2013 e 2022 somam um total de 8.660. Contudo, analisando-se apenas os desastres de causas naturais, são 4.969 registros. O grande número de eventos de outras causas está relacionado principalmente à pandemia de COVID-19 nos últimos anos. Ressalta-se também que, devido a forma do registro realizado nesse sistema, cada município pode cadastrar uma ocorrência em cada desastre, assim um mesmo evento extremo pode apresentar diversos registros, caso tenha afetado uma região com mais de um município. Essa questão será contornada apresentando-se os registros temporal e espacialmente nos resultados a seguir.

No Quadro 4-2 é apresentado o número de ocorrências de cada tipologia de evento de causas naturais e o status que considera se esse foi apenas um registro ou se foi reconhecido pela defesa civil. Quanto às tipologias, percebe-se que várias apresentam poucos eventos cadastrados, 18 delas têm até 20 registros ao longo do período analisado, de dez anos. Concentram mais de 80% de registros totais os eventos de: seca (1.676), estiagem (1.209) e tempestade local/convectiva - chuvas intensas (1.184). Em seguida, há quatro tipologias que apresentam entre 100 e 200 cadastros, são elas: inundações (165), alagamentos (145), enxurradas (133) e deslizamentos (116), somados aos anteriores, esses desastres correspondem a mais de 93% dos registros no estado de 2013 a 2022.

O status dos registros realizados pelos municípios coloca grande parte como desastres reconhecidos pela defesa civil, uma minoria de eventos não reconhecidos (menos de 10%) e uma quantidade significativa, 26%, de registros não verificados. Os registros de desastres de causas naturais registrados no território de Minas Gerais de 2013 a 2022 são apresentados no Quadro 4-2.

Quadro 4-2 – Registros de desastres de causas naturais no estado de Minas Gerais entre 2013 e 2022.

COBRADE	Status			Total
	Não reconhecido	Reconhecido	Registro	
11110 - Tremor de terra	-	-	2	2
11311 - Quedas, Tombamentos e rolamentos - Blocos	-	-	1	1
11312 - Quedas, Tombamentos e rolamentos - Lascas	-	-	2	2
11313 - Quedas, Tombamentos e rolamentos - Matacões	1	1	3	5
11314 - Quedas, Tombamentos e rolamentos - Lajes	-	-	1	1
11321 - Deslizamentos	15	19	82	116
11331 - Corridas de Massa - Solo/Lama	1	6	13	20
11332 - Corridas de Massa - Rocha/detrito	-	-	2	2
11340 - Subsídências e colapsos	-	1	5	6
11420 - Erosão de Margem Fluvial	1	1	7	9
11433 - Erosão Continental - Boçorocas	2	1	2	5
12100 - Inundações	33	77	55	165
12200 - Enxurradas	32	31	70	133
12300 - Alagamentos	28	33	84	145
13120 - Frentes Frias/Zonas de Convergência	1	1	2	4
13211 - Tempestade Local/Convectiva - Tornados	-	1	-	1
13212 - Tempestade Local/Convectiva - Tempestade de Raios	-	-	6	6

COBRADE	Status			Total
	Não reconhecido	Reconhecido	Registro	
13213 - Tempestade Local/Convectiva - Granizo	9	33	37	79
13214 - Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	108	815	261	1.184
13215 - Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	8	17	55	80
13310 - Onda de Calor	1	-	-	1
13321 - Onda de Frio - Friagem	-	-	11	11
13322 - Onda de Frio - Geadas	2	1	16	19
14110 - Estiagem	162	917	130	1.209
14120 - Seca	78	1246	352	1.676
14131 - Incêndio Florestal - Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais	1	-	17	18
14132 - Incêndio Florestal - Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	1	-	64	65
14140 - Baixa Umidade do Ar	-	-	4	4
Total	484	3.201	1.284	4.969

Fonte: S2ID (BRASIL, 2023c).

A distribuição anual dos eventos registrados no S2ID, considerando apenas as sete tipologias mais recorrentes no estado, é apresentada no Quadro 4-3. Em relação à quantidade total de desastres por ano, destaca-se os três últimos anos da série, sendo que os eventos de chuvas intensas e secas foram os que mais contribuíram para os números elevados de registros.

Os registros de estiagens apresentam uma redução ao longo dos dez anos analisados, enquanto as secas apresentam aumento. A estiagem é a redução ou ausência de pluviosidade por um longo período, já a seca ocorre por tempo longo o suficiente para que ocorra um grave desequilíbrio hidrológico, podendo ser considerada um agravamento da estiagem. Assim, é possível que nos últimos anos a baixa pluviosidade no estado de Minas Gerais, ou apenas em algumas regiões, tenha se agravado, ocasionando mais eventos de secas.

Os demais eventos recorrentes no estado, deslizamentos, inundações, enxurradas, alagamentos e chuvas intensas, estão relacionados a altas precipitações. Somando-se apenas esses tipos de desastres, os maiores números de registros são observados a partir de 2020, sendo que as chuvas intensas só apresentaram mais 100 registros anuais nesses três últimos anos do período. Apenas em 2022, foram realizados 510 cadastros de desastres por chuvas intensas por parte dos municípios de Minas Gerais, nesse ano o estado sofreu com eventos de chuvas em dois momentos, no início do ano, com diversos registros até março e ao final do ano, com novos registros a partir de outubro. Além das chuvas intensas, os desastres de deslizamentos, inundações, enxurradas e alagamentos só apresentaram mais de 20 registros em alguns anos como 2013, 2016 e a partir de 2020.

Quadro 4-3 – Número de registros anuais dos desastres das causas mais recorrentes no estado de Minas Gerais.

Desastre	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Deslizamentos	24	5	1	11	4	9	2	8	20	32
Inundações	23	1	6	24	6	16	6	22	22	39
Enxurradas	31	5	5	21	15	10	1	9	15	21
Alagamentos	15	7	8	15	8	11	3	20	20	38
Tempestade Local/Convectiva – Chuvas Intensas	61	7	9	41	39	37	23	279	178	510
Estiagem	180	183	231	199	148	144	69	24	22	9

Seca	61	72	73	75	218	65	297	218	328	269
Total anual	395	280	333	386	438	292	401	580	605	918

Fonte: elaborado com base em S2ID (BRASIL, 2023c).

Além do S2ID, o Estado de Minas Gerais possui alguns instrumentos que permitem consultar os históricos de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais. Regulamentados pelas Deliberações Normativas CERH/MG nº 49/2015 e nº 50/2015, os casos de escassez hídrica são registrados em portarias emitidas pelo IGAM, a partir do ano de 2015, e disponibilizados no portal de legislação ambiental da SEMAD (MINAS GERAIS, 2023). Segundo essas Deliberações Normativas, primeiramente ocorre o estado de atenção, quando, em um ponto de medição, as vazões médias diárias de sete dias consecutivos são iguais ou inferiores a 200% da $Q_{7,10}$. Quando essa vazão passa a ser igual ou inferior à $Q_{7,10}$, inicia-se uma situação crítica de escassez hídrica, dentro desse critério a situação pode se manter em estado de alerta ou, ainda, ser agravada passando a um estado de restrição de uso. O estado de restrição de uso é definido na DN CERH/MG nº 50/2015 como:

Art. 10.

II. Estado de Restrição de Uso: quando a média das vazões diárias de 7 (sete) dias consecutivos observadas no(s) posto(s) de monitoramento fluviométrico de referência estiver(em) inferior a 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$ nas bacias hidrográficas do Estado ou inferior a 70% da $Q_{7,10}$ para as bacias hidrográficas dos Rios Jequitaí, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba e Velhas ou quando o resultado dos estudos de simulação de balanço hídrico citados no item II do art. 6º apresentarem riscos acima de 70% de não atendimento aos usos estabelecidos no reservatório e a jusante, até o final do período seco.

Sendo o item II do art. 6º. citado, o seguinte (DN CERH/MG nº 49/2015):

Art. 6º.

II. Em porções hidrográficas com regularização, quando o estado de armazenamento dos reservatórios apresentar, mediante estudos de simulação de balanço hídrico, risco de não atendimento aos usos outorgados no reservatório e a jusante deste até o final do período seco.

Em consulta às portarias do IGAM (MINAS GERAIS, 2023) foram identificadas 60 portarias com declaração de situação crítica de escassez hídrica no estado a partir de 2015 e 13 portarias com prorrogação de prazo para essas declarações. Quanto à distribuição temporal das portarias, o ano de 2017 foi o que concentrou a maior parte (23), seguido pelos anos de 2019 e 2015, com 10 e 9 portarias respectivamente. As portarias não diferenciam eventos de

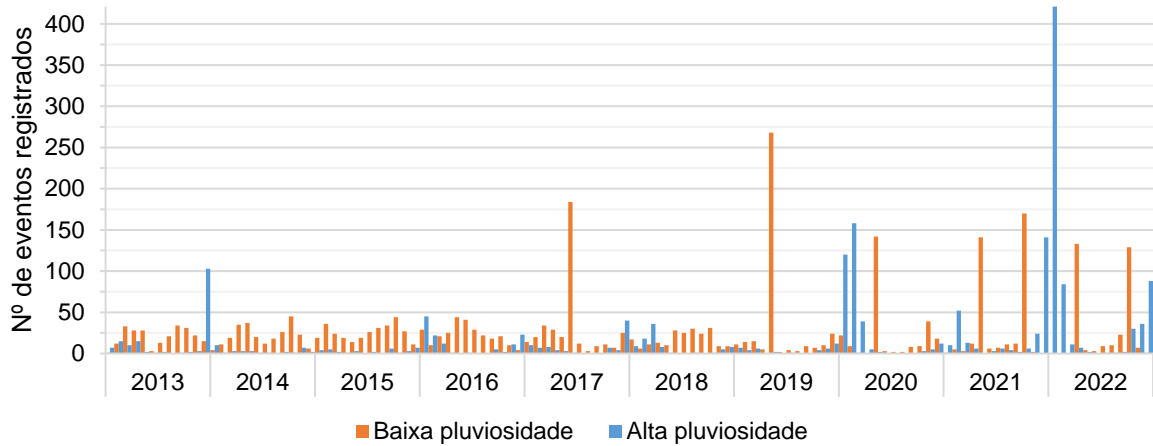
secas e estiagem, assim, comparando-se com o conjunto desses dois desastres no S2ID, os anos de 2017 e 2019 coincidem com os de maiores registros. O ano de 2021, porém, apresenta o terceiro maior número de cadastros de secas e estiagens no S2ID e há apenas 5 portarias do IGAM nesse ano referentes a declarações de escassez hídrica. O ano de 2015, que possui 9 portarias do IGAM é o quarto com mais registros de estiagens e secas no S2ID.

Em relação a distribuição espacial das portarias de declaração de escassez hídrica emitidas, a UEG 1 se destaca, concentrando 27 declarações, sendo 11 delas na SF3, região que engloba a RMBH e área de intensa mineração, demonstrando a necessidade de regulação do uso em épocas de vazão baixa. A SF2 e a SF5 possuem 7 declarações de escassez cada uma, sendo que na SF5 foi publicada uma portaria por ano entre 2019 e 2022, nas demais CHs a maior parte das portarias se concentraram entre 2017 e 2019 e no ano de 2015.

A UEG 2 concentrou algumas declarações de situação crítica de escassez hídrica (9), principalmente na SF10, com 5 declarações. A UEG 4 foi a segunda com maior número de portarias emitidas, 11 no total e nove delas na CH DO4. Por fim, a JQ2 recebeu 7 declarações de escassez hídrica e as demais CHs não apresentaram muitas, com 2 ou menos portarias em cada uma. Observa-se que essas declarações ocorrem em regiões conhecidas por eventos de seca, no norte, nordeste e em parte do centro do estado. Podem indicar também locais com usos variados, visto que a emissão das portarias de declaração de situação de escassez hídrica pode evoluir para o estado de restrição de uso.

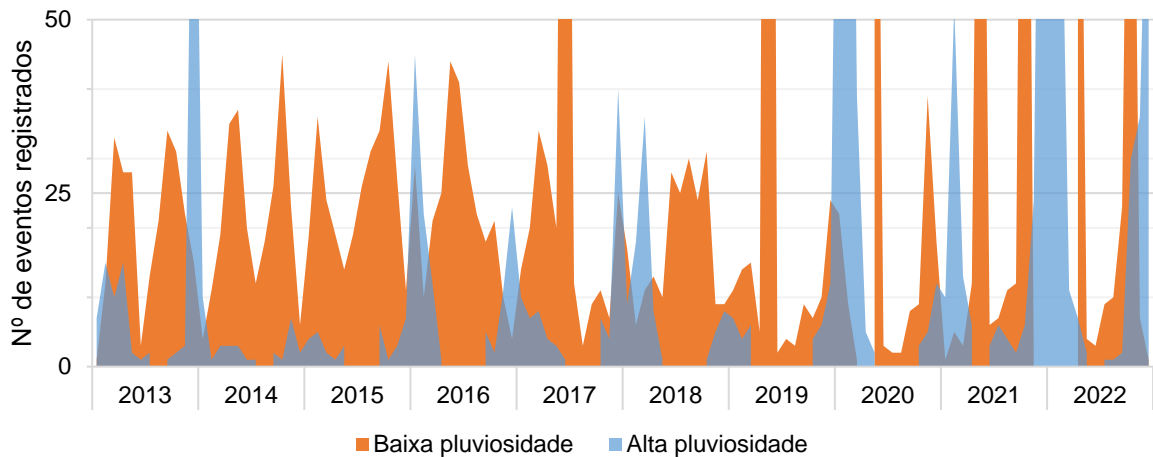
Comparando-se os eventos mais recorrentes relacionados a altas ou baixas pluviosidades, são apresentadas da Figura 4.1 à Figura 4.3 a distribuição temporal de cada uma dessas tipologias. Os desastres relativos a altas pluviosidades são observados principalmente nos meses de verão, entre dezembro e fevereiro, com pico em janeiro, principalmente nos anos de 2022 e 2020. Quanto aos eventos de secas e estiagens, os meses com maior ocorrência são maio e outubro, em 2019 ocorreu o maior pico de registros, seguido por 2017, já em 2021 e 2022 houve dois picos anuais acima de 100 registros. Os meses com maior quantidade de eventos são observados na Figura 4.1, enquanto a Figura 4.2 possibilita uma avaliação da sazonalidade do tipo de evento, que é explicitada na Figura 4.3, onde se pode observar o máximo de eventos relacionados à baixa pluviosidade em maio, seguido de outubro, e à alta pluviosidade em janeiro, seguido de dezembro.

Figura 4.1 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.



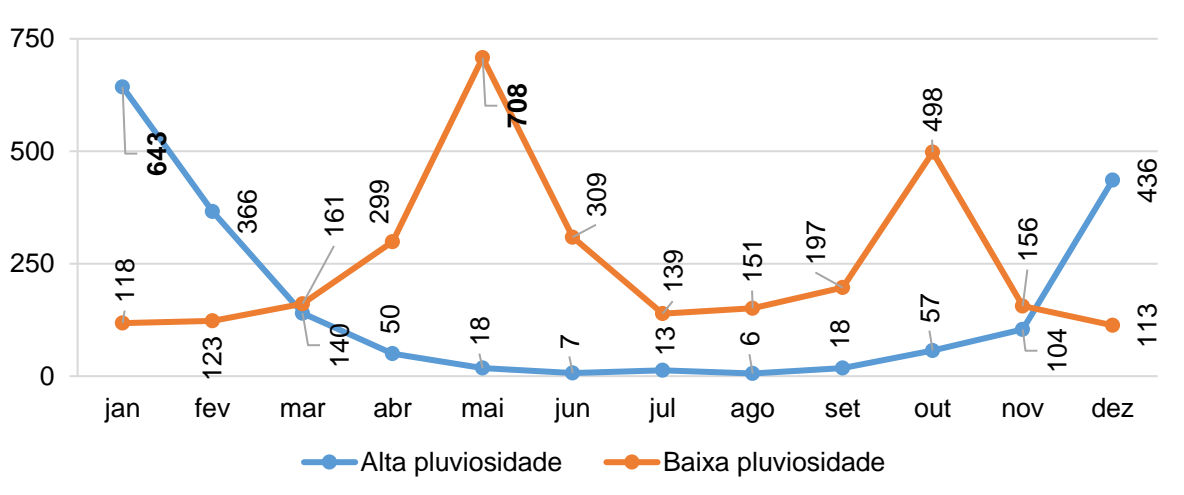
Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Figura 4.2 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022 (foco na faixa de 0 a 50 eventos).



Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

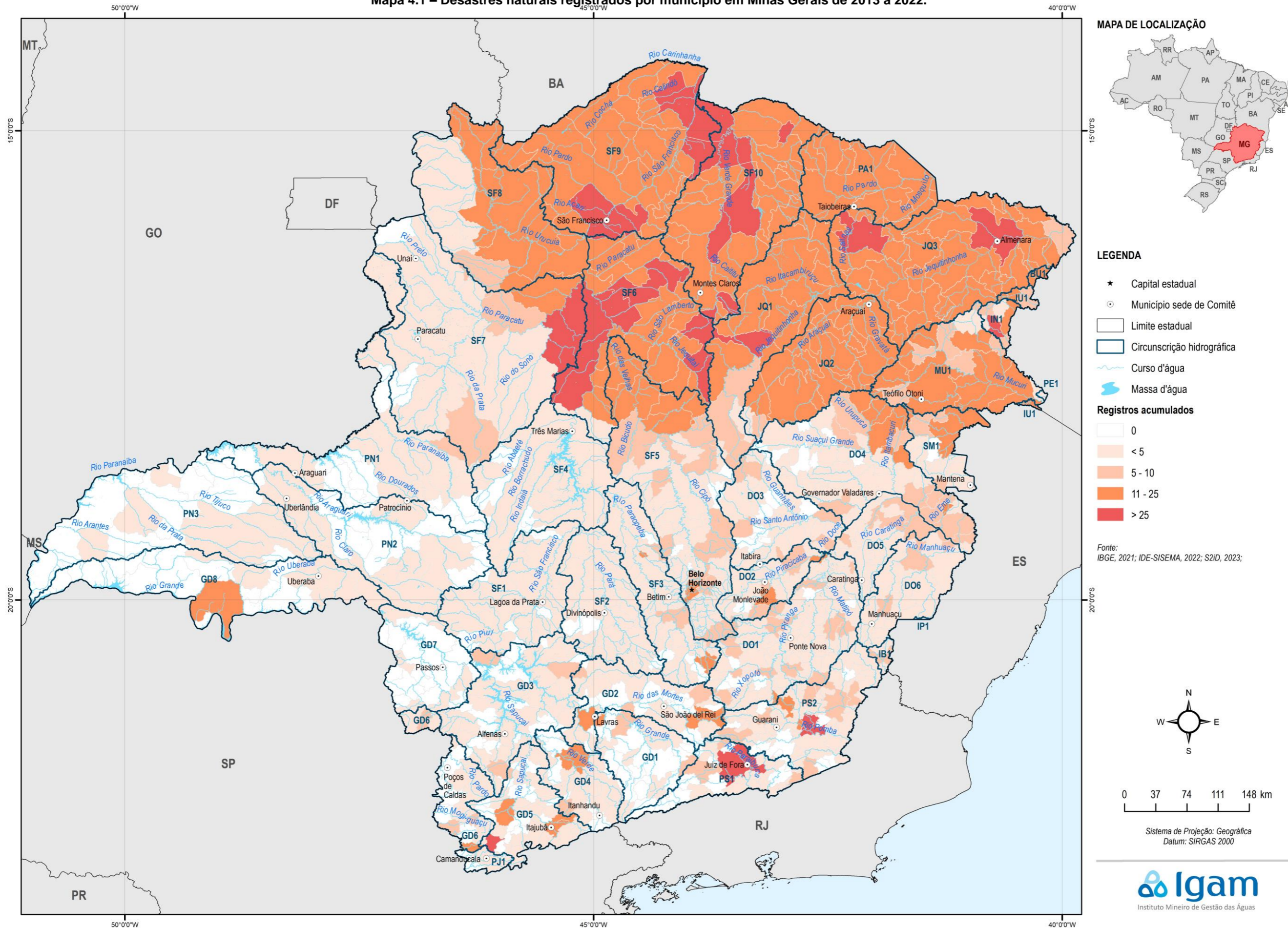
Figura 4.3 – Mês de ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.



Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Ao longo de todo o período analisado, considerando-se todas as tipologias de desastres do Cobrade, há ao menos um registro feito por cada um dos 853 municípios do estado no S2ID, o que indica não haver lacuna significativa por falta de registros. Para a análise espacial da ocorrência de eventos extremos, considerando-se que os registros possuem informação apenas por município, os municípios com área em mais de uma Circunscrição Hidrográfica (CH) foram contabilizados naquela em que o seu território é maior. O Mapa 4.1 representa o número de desastres registrados por município no estado entre 2013 e 2022.

Mapa 4.1 – Desastres naturais registrados por município em Minas Gerais de 2013 à 2022.



O município de Juiz de Fora apresentou um número de registros relativamente maior que todos os outros, sendo 53 em 10 anos, a maioria ocorreu nos anos de 2021 e 2022, relacionados a chuvas intensas. Apesar disso a Unidade Estratégica de Gestão em que o município se encontra (UEG7) é uma das que possui menor número de registros de eventos extremos por causas naturais, o que pode estar relacionado também à pequena área de abrangência da UEG. A unidade de gestão com menos eventos registrados é a UEG6, que abrange grande parte do triângulo mineiro e a região do Alto Paranaíba, são apenas 28 registros em 10 anos. Unindo-se a essas duas UEGs a de afluentes do Rio Grande, pode-se dizer que a porção sul e sudoeste do estado mineiro apresenta a menor concentração de desastres, com maior parte das ocorrências sendo eventos de chuvas intensas, seguido por deslizamentos, inundações, alagamentos e enxurradas. Observa-se então que a maior parte dos desastres ocorridos nessas regiões estão relacionados à alta pluviosidade, sendo que a UEG3 e a UEG7 possuem também os maiores números de eventos de granizo no estado.

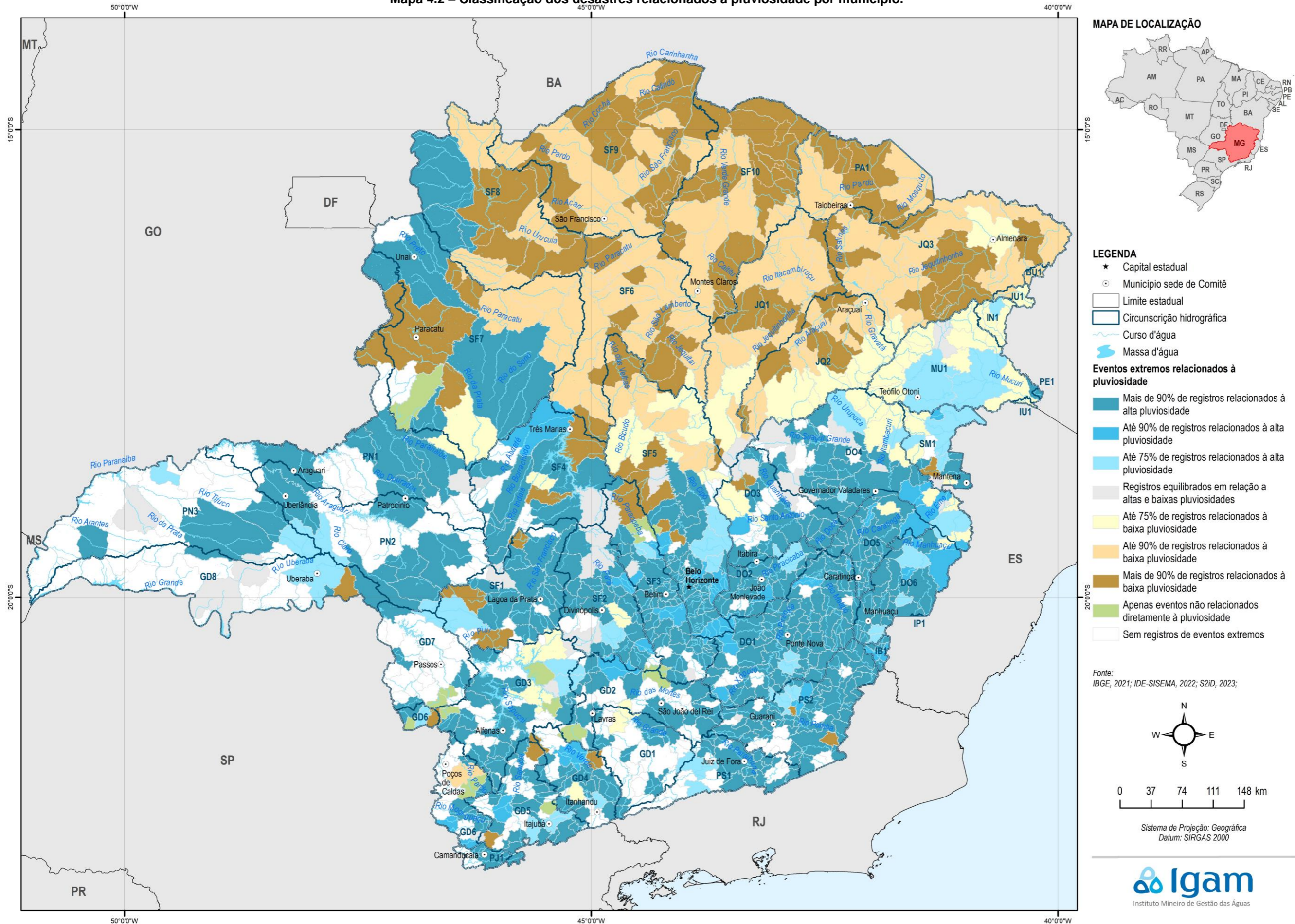
A UEG3 se destaca também por outros tipos de desastres naturais, sendo a única com registros relacionados a baixa umidade do ar (4), é a que possui o maior número de eventos de incêndios florestais. São 52 no total, com 47 em áreas não protegidas e 5 em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais. A UEG4 é a segunda com maior número de incêndios registrados, com apenas 10 no período.

A UEG4 e a UEG1 possuem um total de desastres intermediário em comparação às outras regiões, com 711 e 465 registros, respectivamente. Ambas se caracterizam de forma similar às unidades já discutidas, com a maior parte dos eventos relacionados à alta pluviosidade, mas também possuem quantidades significativas de desastres de secas e estiagens. Essas unidades de gestão são as de maior área total, o que pode estar relacionado a um número mais elevado de registros, porém mesmo assim não foram as que mais concentraram registros de desastres naturais.

A região norte do estado apresentou números muito maiores de desastres registrados, a UEG5 com 1.595 e a UEG2 com 1.491. Cada uma possui mais de 700 registros de secas e mais de 500 de estiagem, mostrando uma inversão do tipo de evento mais recorrente em comparação ao sul do estado, sendo mais impactadas por desastres relacionados a baixa pluviosidade. Apresentam um número menor, porém, ainda significativo de eventos de chuvas intensas, a maioria deles ocorridos entre 2021 e 2022, quando houve um volume atípico de precipitação no noroeste do estado, afetando principalmente a UEG5.

O Mapa 4.2 contém a classificação dos municípios em relação a proporção de eventos que cada um apresenta relacionados a baixas ou altas pluviosidades. Pode-se confirmar então que nas UEGs 1, 3, 4, 6 e 7 a maior parte dos municípios possui mais de 90% dos registros relacionados à alta pluviosidade. Na UEG2 há mais municípios com mais de 90% de registros relacionados à baixa pluviosidade e na UEG5, até 90% de registros relacionados à baixa pluviosidade.

Mapa 4.2 – Classificação dos desastres relacionados à pluviosidade por município.



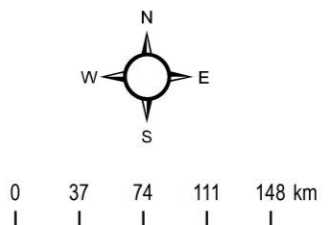
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Eventos extremos relacionados à pluviosidade**
- Mais de 90% de registros relacionados à alta pluviosidade
 - Até 90% de registros relacionados à alta pluviosidade
 - Até 75% de registros relacionados à alta pluviosidade
 - Registros equilibrados em relação a altas e baixas pluviosidades
 - Até 75% de registros relacionados à baixa pluviosidade
 - Até 90% de registros relacionados à baixa pluviosidade
 - Mais de 90% de registros relacionados à baixa pluviosidade
 - Apenas eventos não relacionados diretamente à pluviosidade
 - Sem registros de eventos extremos

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Em consulta aos portais da ANA, foram identificadas outras duas ferramentas importantes para a análise de eventos extremos: O Monitor de Secas, que observa a ocorrência de secas e classifica essas conforme a severidade; e o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações, que apresenta os trechos de cursos d'água com vulnerabilidade a inundação e classifica esses.

O Monitor de Secas da ANA é uma ferramenta de monitoramento regular e periódico da situação da seca, em que se pode acompanhar mensalmente o estabelecimento, a evolução ou involução de um evento de seca, classificando-a segundo seu grau de severidade, variando de S1 (seca menos intensa) até S4 (a mais intensa). S0 indica que são áreas com condições de umidade anormalmente baixa e estão secando e podem, possivelmente, virar áreas de secas. No Quadro 4-4 é apresentado a classificação da severidade da seca.

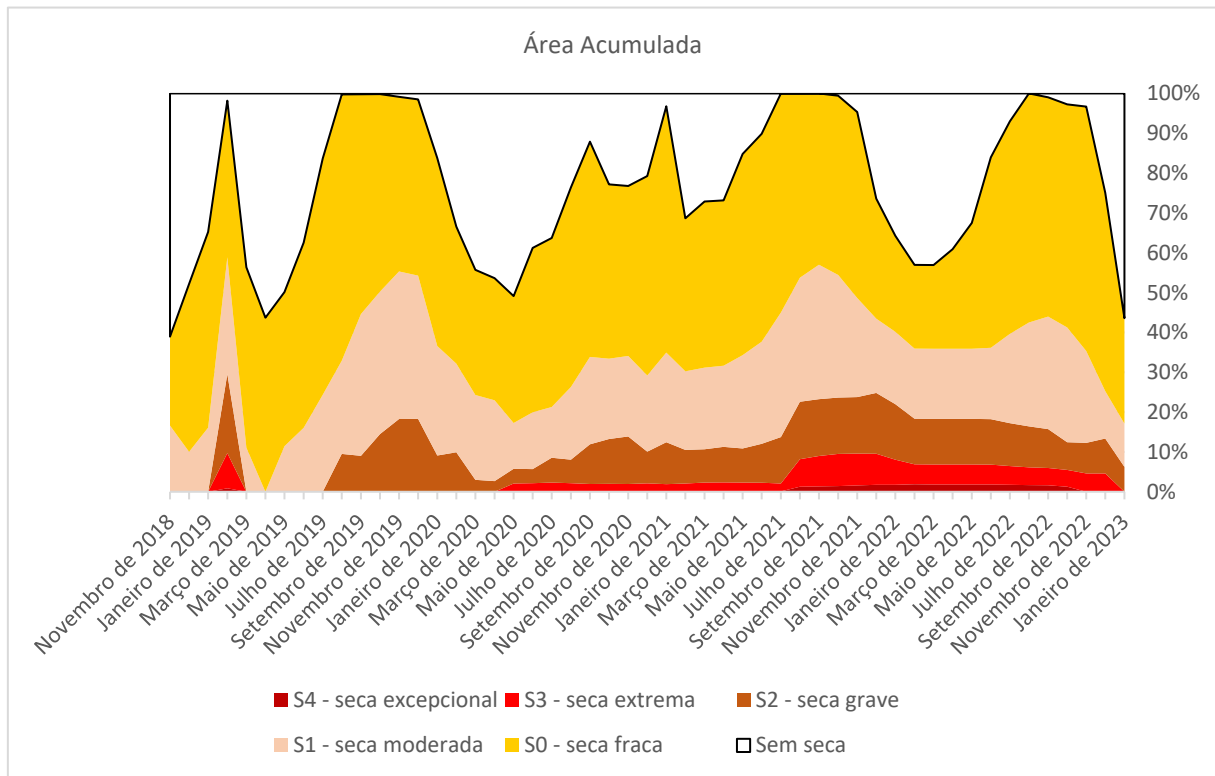
Quadro 4-4 – Classificação do Monitor de Secas da ANA.

Categoria	Descrição	Impactos Possíveis
S0	Seca fraca	Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
S1	Seca moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.
S2	Seca grave	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.
S3	Seca extrema	Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições.
S4	Seca excepcional	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: Monitor de Seca (ANA, 2019b).

O histórico dos dados seca do Monitor de Secas da ANA é recente, sendo que no Estado de Minas Gerais os dados iniciam em novembro de 2018. A Figura 4.4 apresenta o histórico dos dados tabulares de seca do Estado. Observa-se que nos meses de setembro de 2021 e agosto de 2022 a seca, em diferentes severidades, atingiu a área inteira do Estado, já nos meses de agosto a outubro de 2019 e julho e agosto de 2021 a seca, em diferentes severidades, abrangendo mais de 99% da área do Estado. A categoria de seca excepcional (S4) aconteceu no Estado nos meses de fevereiro de 2019 e de março de 2021 a outubro de 2022, chegando a abranger uma área do Estado superior a 3% nos meses setembro a dezembro de 2021. A categoria de seca extrema (S3) aconteceu no Estado nos meses de fevereiro de 2019 e de maio de 2020 a dezembro de 2022, chegando a quase 18% da área do Estado nos meses de setembro e outubro de 2021.

Figura 4.4 – Histórico dos dados tabulares de seca para o Estado de Minas Gerais.



Fonte: Elaboração própria, baseada em dados do Monitor de Secas (ANA, 2019b).

Em relação as regiões atingidas pela seca, conforme breve histórico do monitoramento, nos primeiros meses de registro estavam afetadas principalmente as áreas ao norte do estado, porém com grande abrangência, englobando também a parte central. No inverno de 2019 ocorreu o registro de Seca Fraca no triângulo mineiro e nos meses seguintes toda a área do estado foi afetada, com expansão da Seca Grave por todo o nordeste, noroeste até o leste do estado. Em 2020 a seca reduziu sua área de abrangência no estado, porém persistiu em pontos ao norte, gradualmente reduzindo a severidade e no triângulo mineiro, esse com aumento da severidade por todo o ano de 2020 e 2021. Em 2022 as regiões caracterizadas como S2, S3 e S4 estavam apenas no leste do estado, com as demais regiões variando entre ausência de seca, S0 ou S1. Apenas nos primeiros meses de 2023 pôde-se observar a redução da seca no triângulo mineiro.

O Atlas de Vulnerabilidade a Inundações da ANA é uma ferramenta que identifica a ocorrência e os impactos das inundações graduais nos principais rios das bacias hidrográficas brasileiras. Nos Mapas de Vulnerabilidade a Inundações, os trechos dos rios são classificados conforme uma matriz de vulnerabilidade a inundações, que foi elaborada a partir do cruzamento das informações de frequência e impacto dos eventos de inundação (Quadro 4-5).

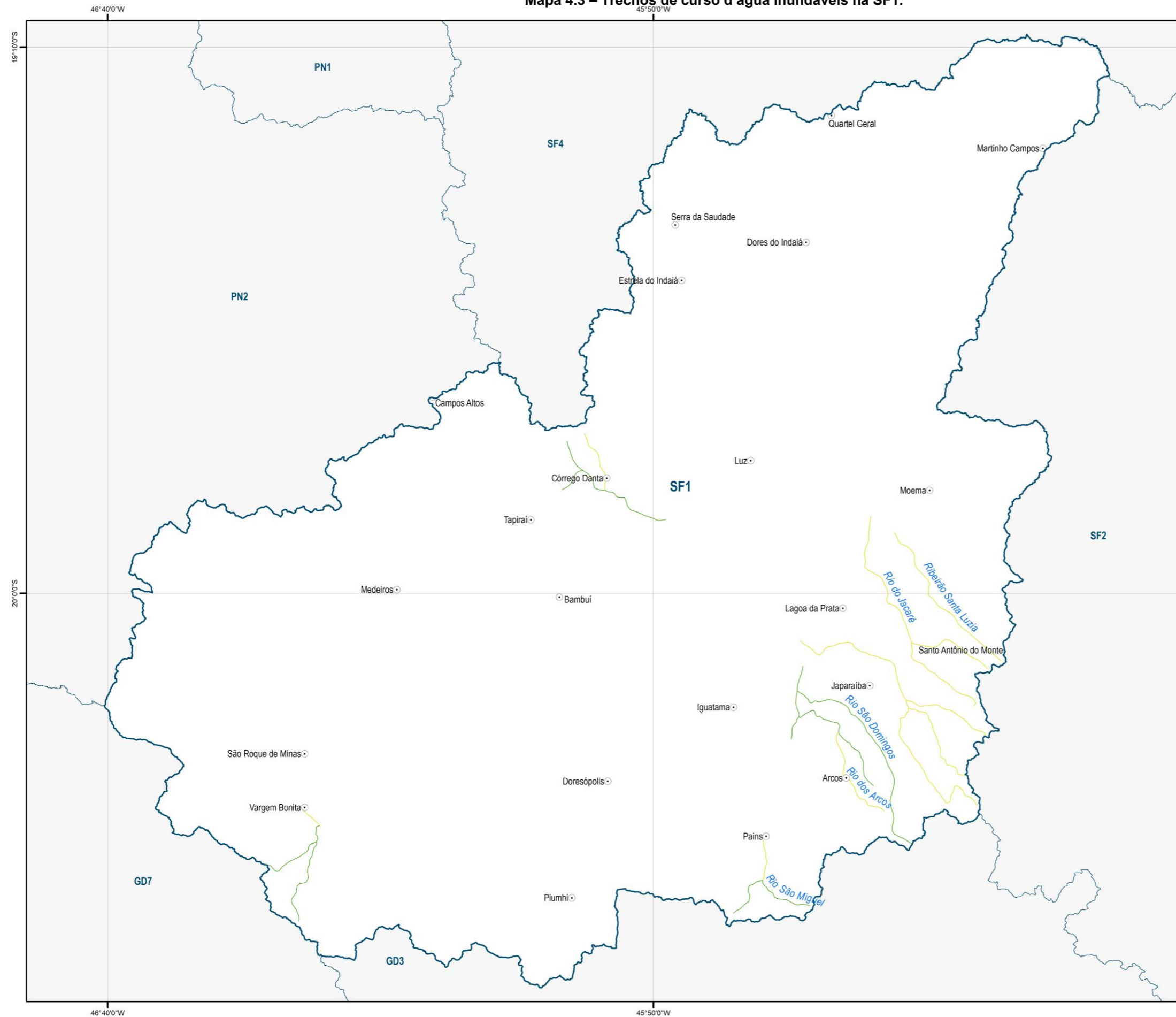
Quadro 4-5 – Matriz de Vulnerabilidade a Inundações.

Vulnerabilidade	Alta	Alto impacto e qualquer frequência de inundações
		Médio impacto e alta frequência de inundações
	Média	Médio impacto e frequências média e baixa de inundações
		Baixo impacto e alta frequência de inundações
Baixa	Baixo impacto e frequências média e baixa de inundações	

Fonte: Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014).

Em Minas Gerais foram identificados 2.312 trechos inundáveis em 536 cursos d'água em 466 dos 853 municípios mineiros. Do total, 612 (26%) foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais; 943 (41%), de média e 757 (33%), de baixa. O rio Doce possui 39 trechos altamente inundáveis, 17 de média e seis de baixa vulnerabilidade. Do Mapa 4.3 ao Mapa 4.37 são apresentados os trechos de curso d'água inundáveis no estado. Observa-se que a maioria dos trechos de rios inundáveis encontram-se no centro e no sul de Minas Gerais. As CHs SF3, SF5, DO1, DO5, DO6, IB1, PS1, PS2, GD5, GD6 e PJ1 apresentam uma grande quantidade de trechos inundáveis.

Mapa 4.3 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF1.



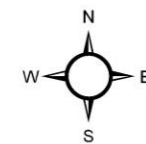
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média

Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

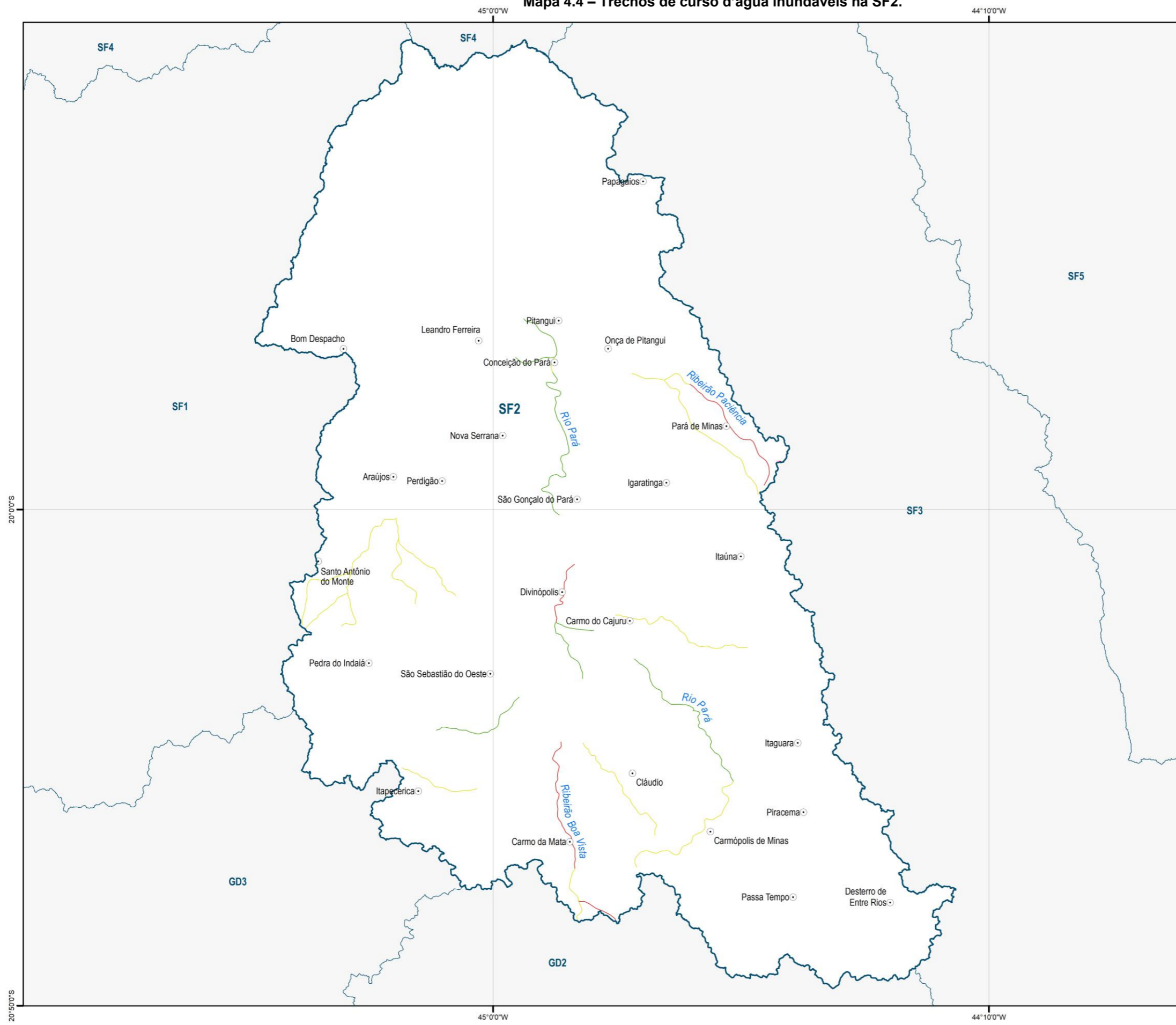


0 5,8 11,6 17,4 23,2 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.4 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF2.



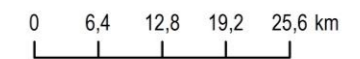
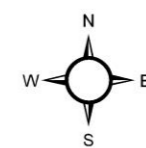
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

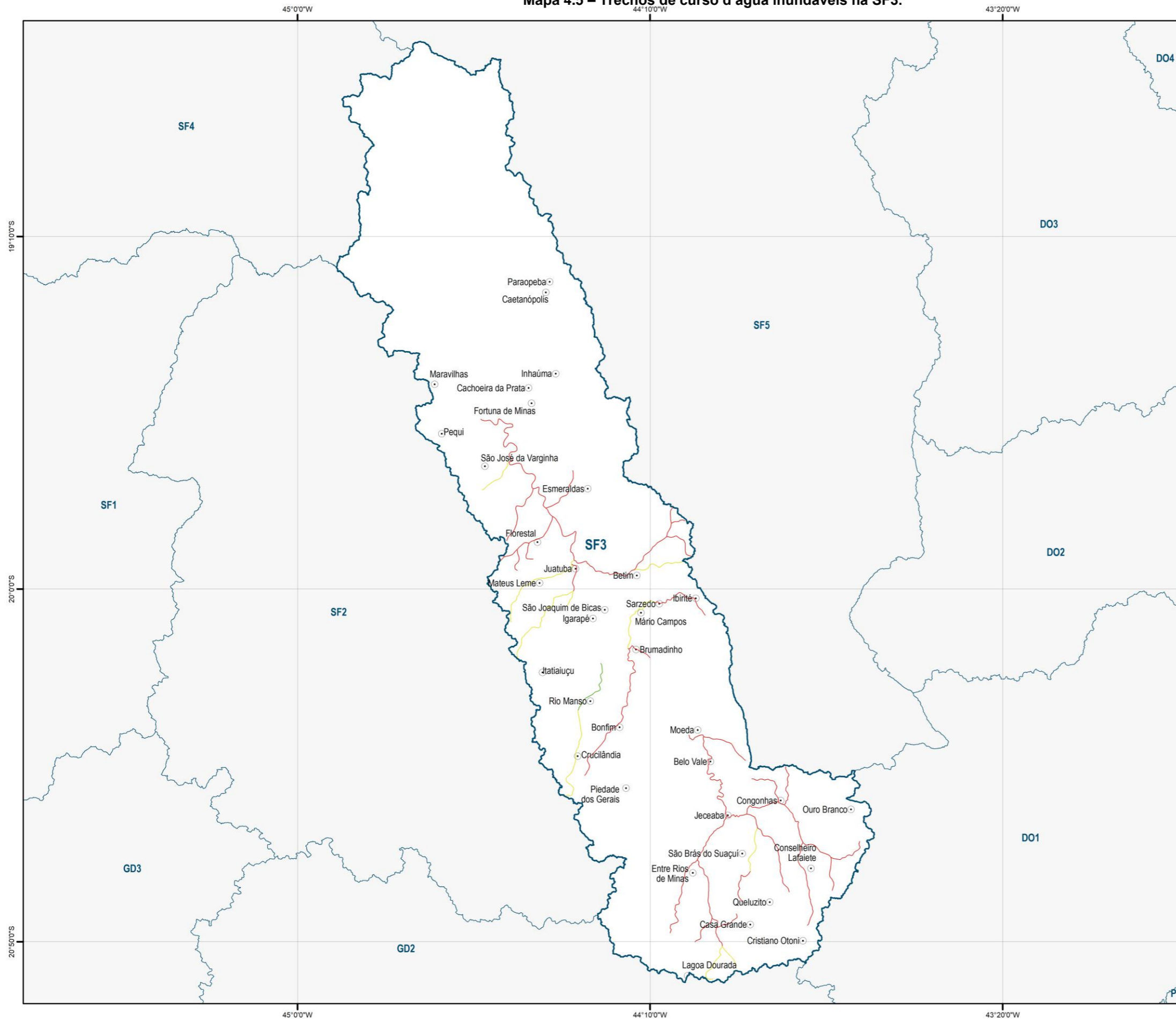
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.5 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF3.



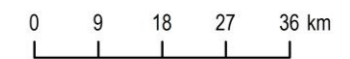
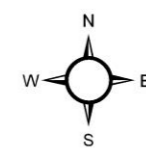
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

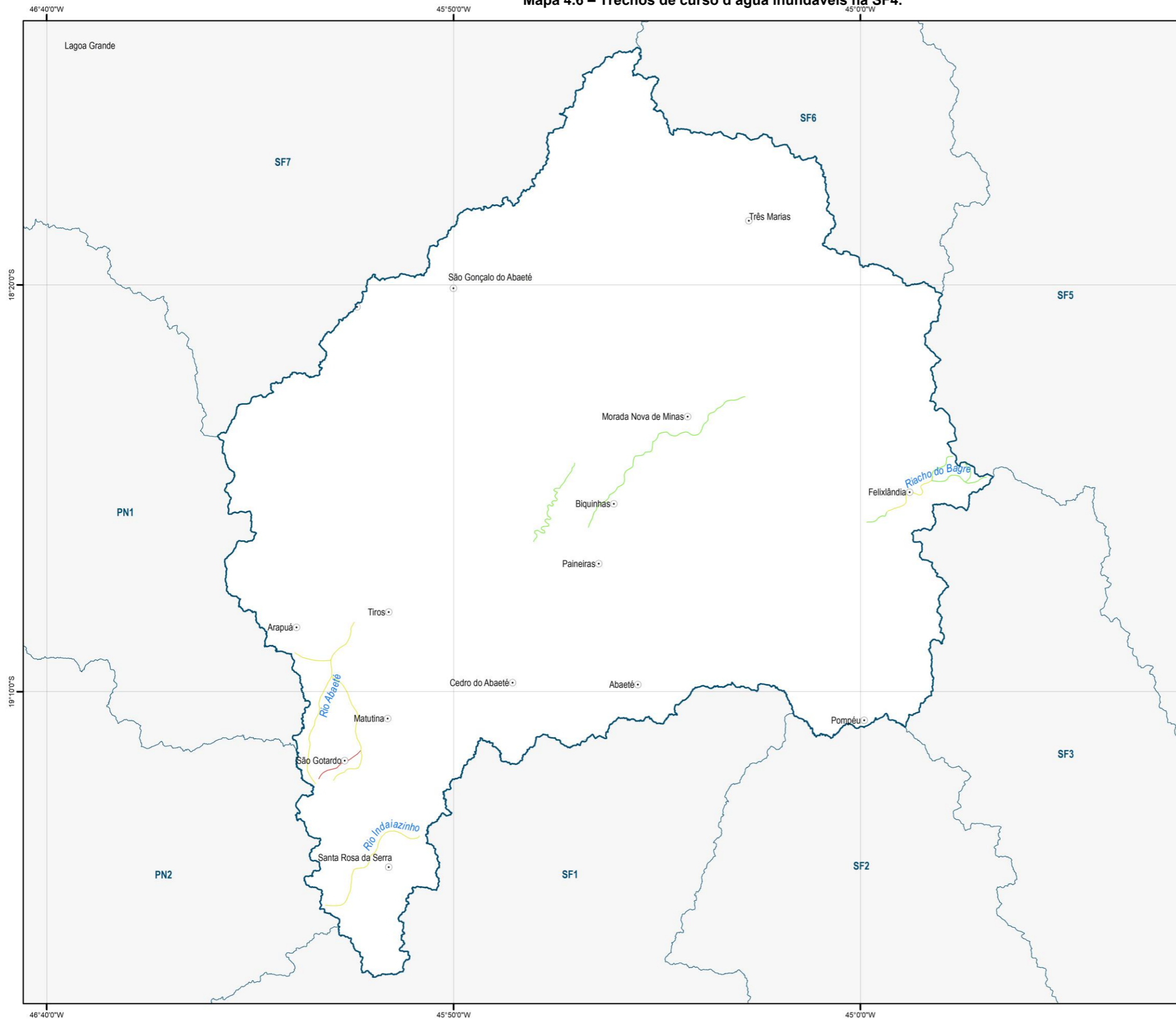
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.6 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF4.



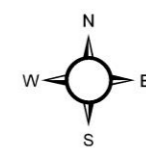
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

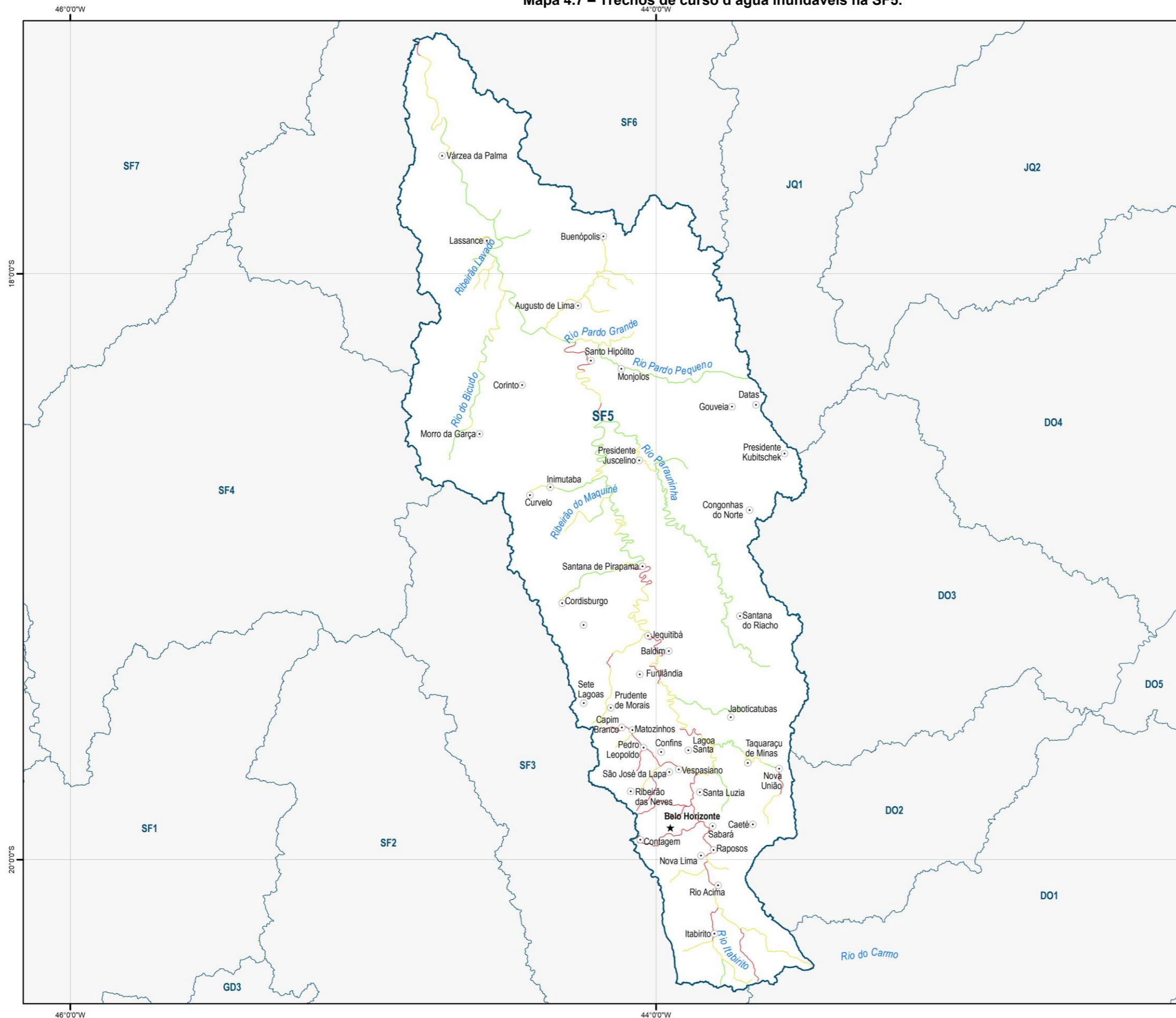


0 7,8 15,6 23,4 31,2 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.7 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF5.



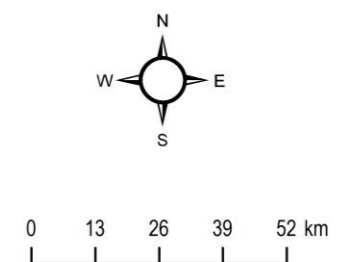
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

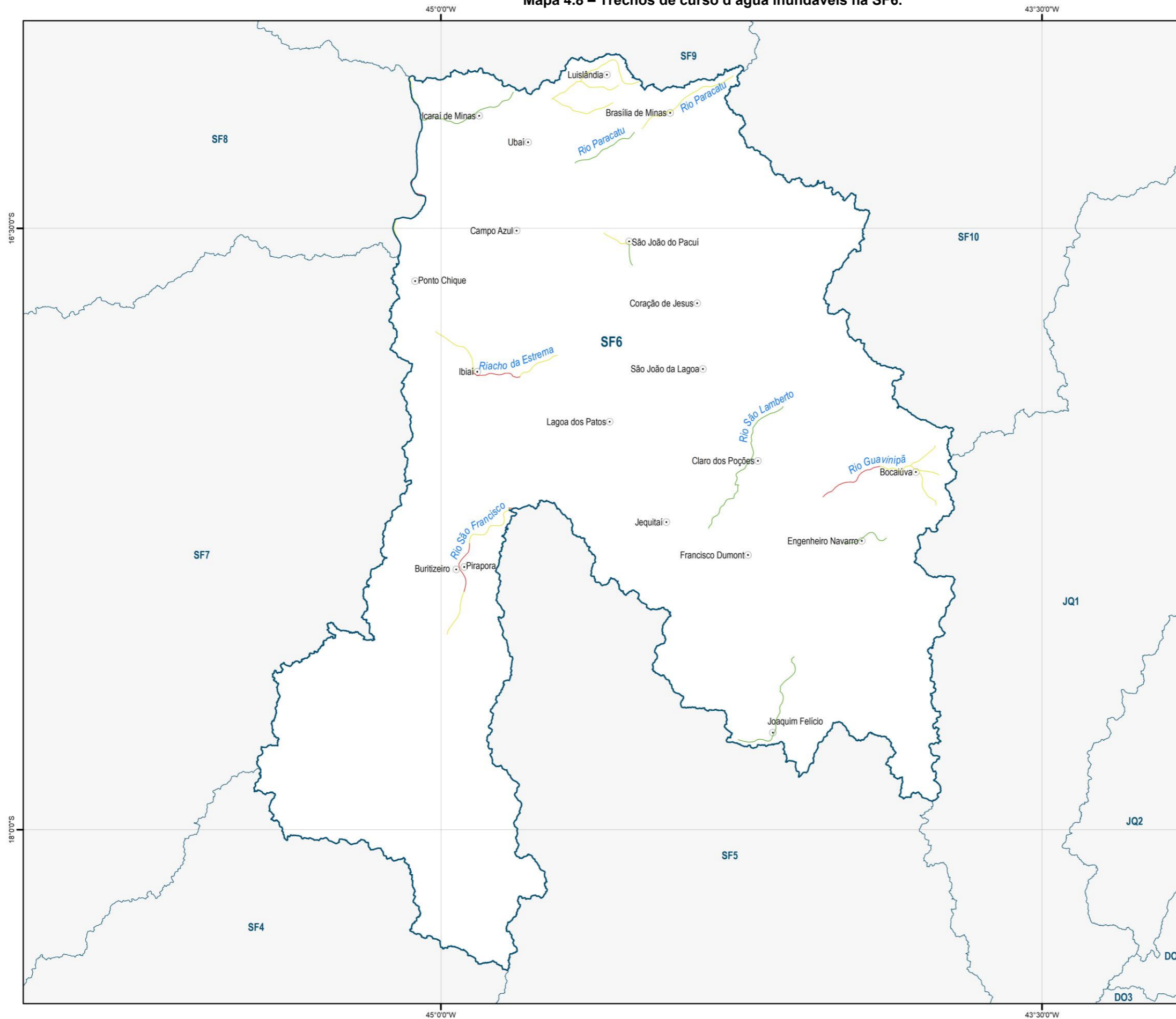
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.8 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF6.



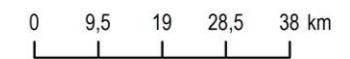
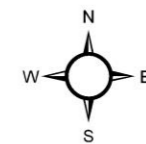
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

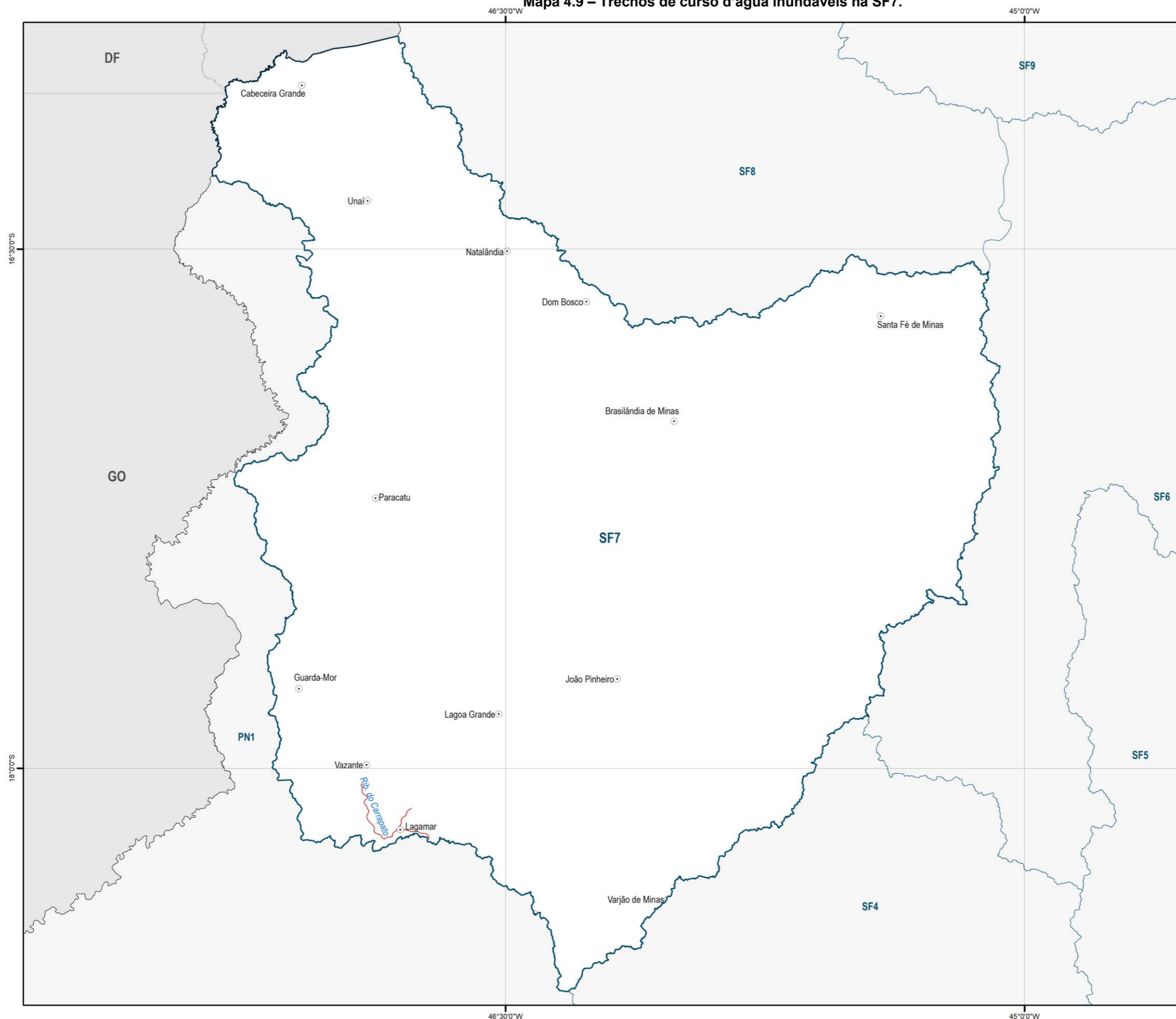
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.9 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF7.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

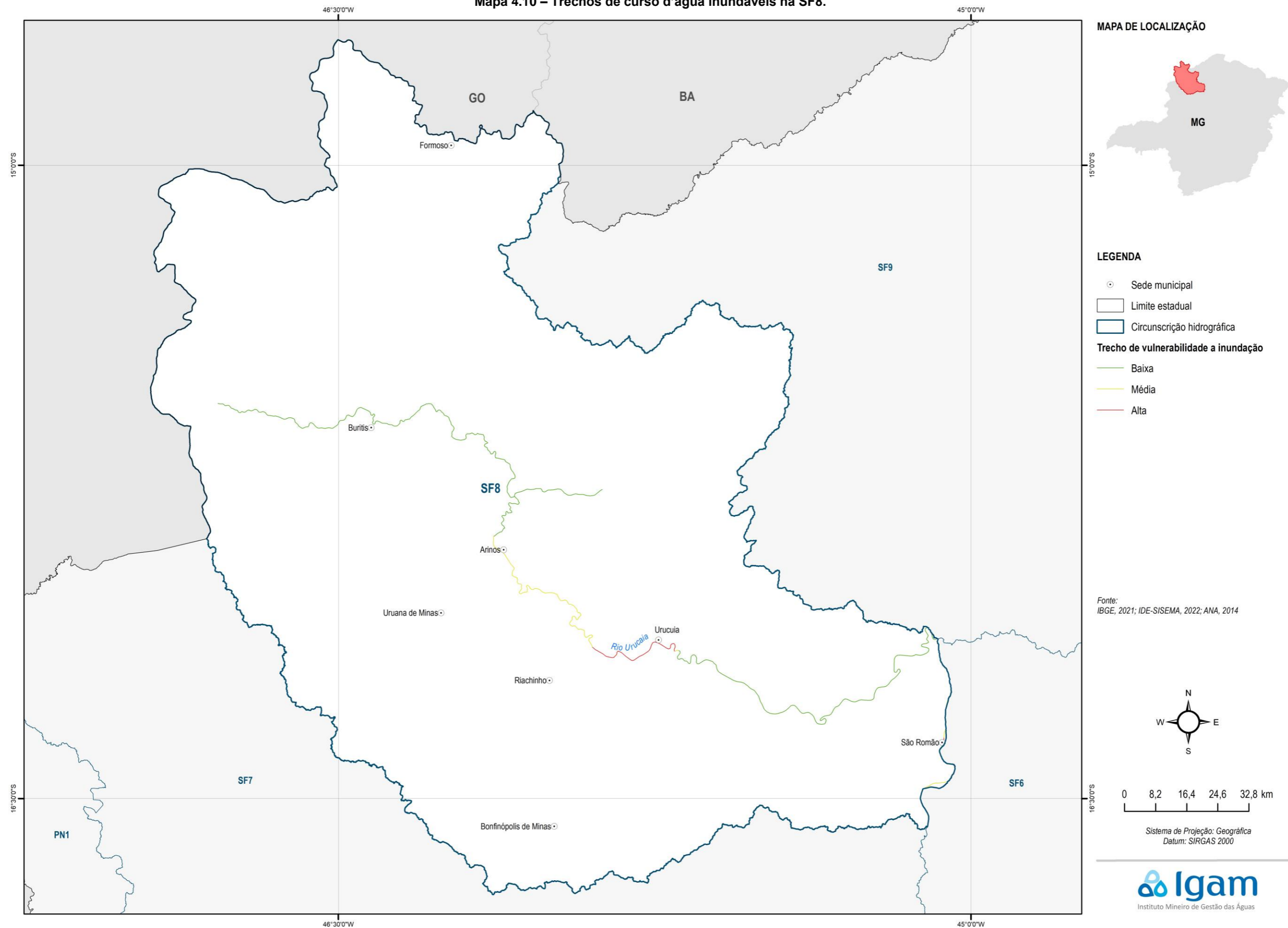
- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Alta

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IGAM, 2022; ANA, 2014

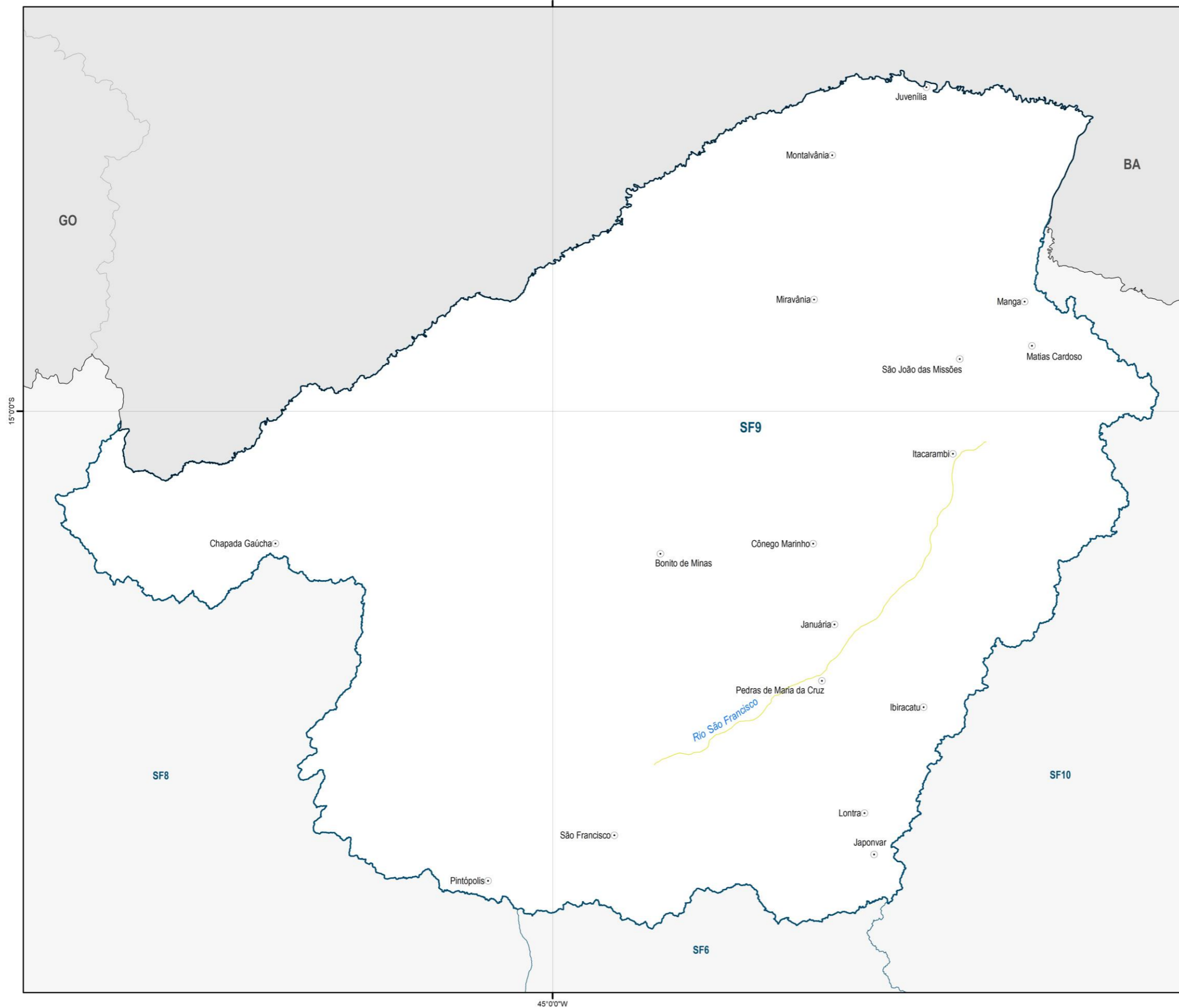
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.10 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF8.



Mapa 4.11 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF9.



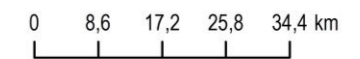
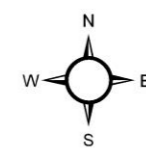
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média

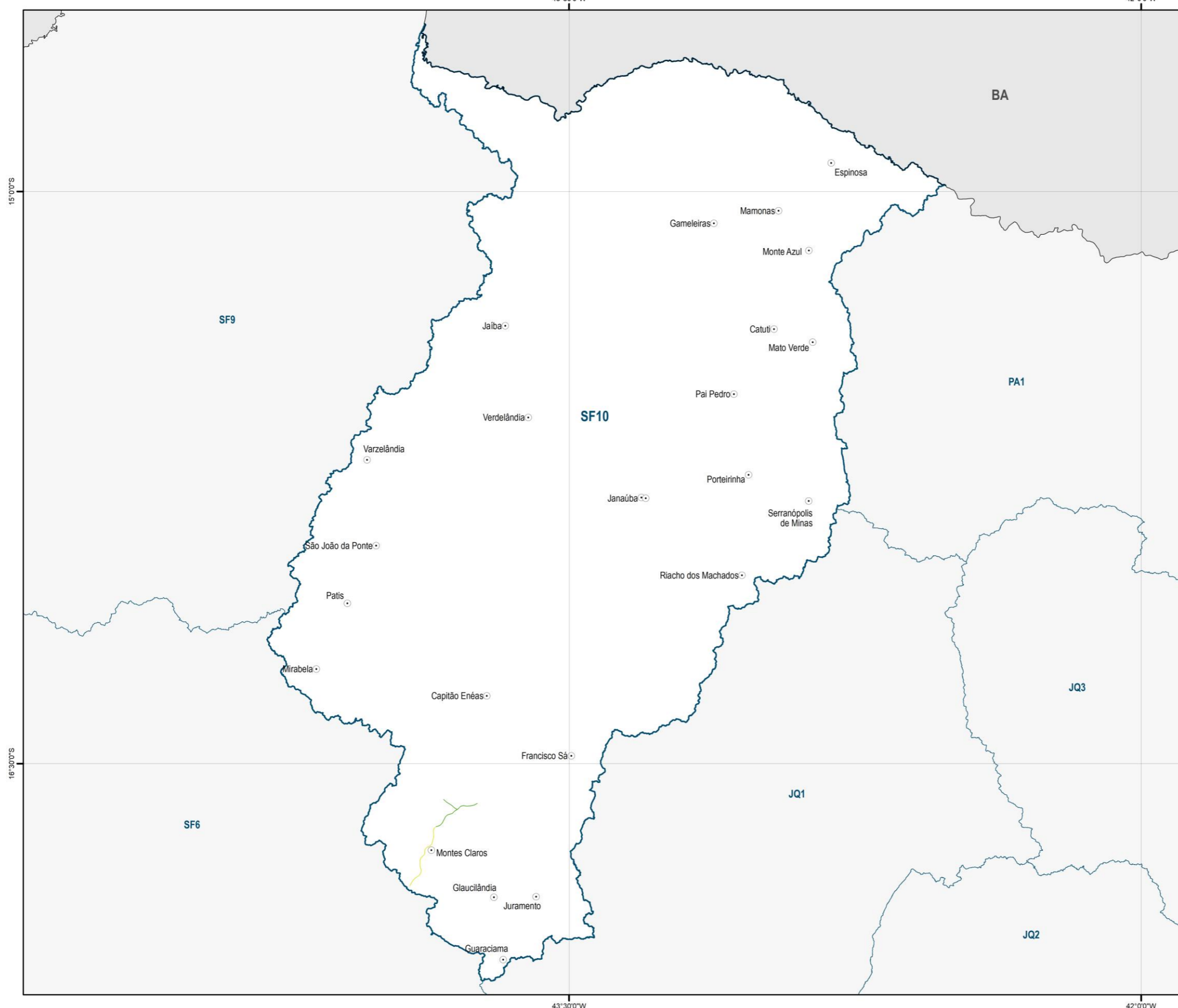
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.12 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF10.



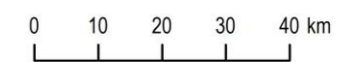
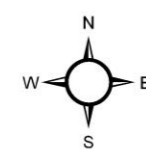
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

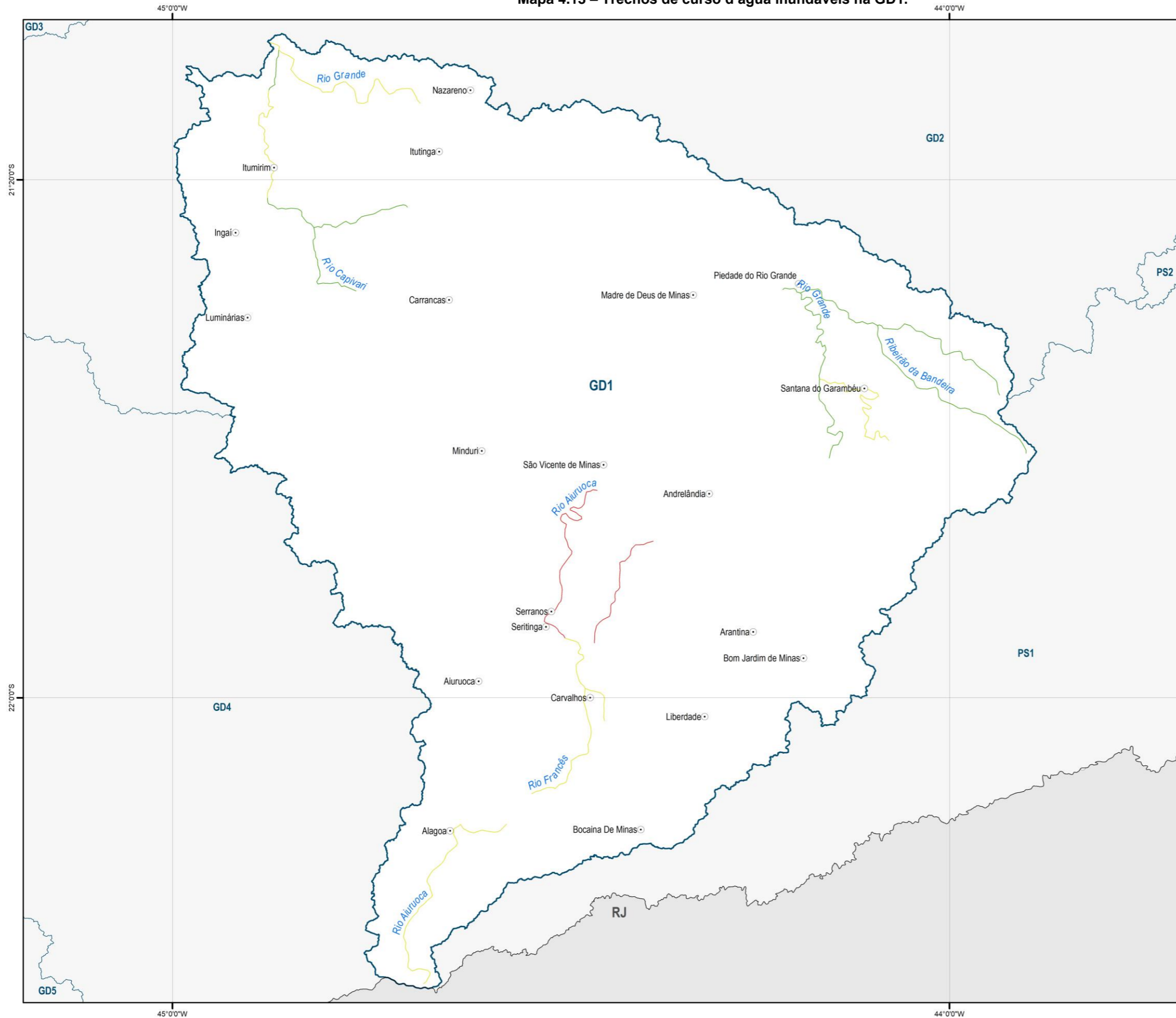
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.13 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD1.



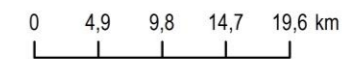
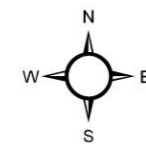
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d’água
- Massa d’água
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

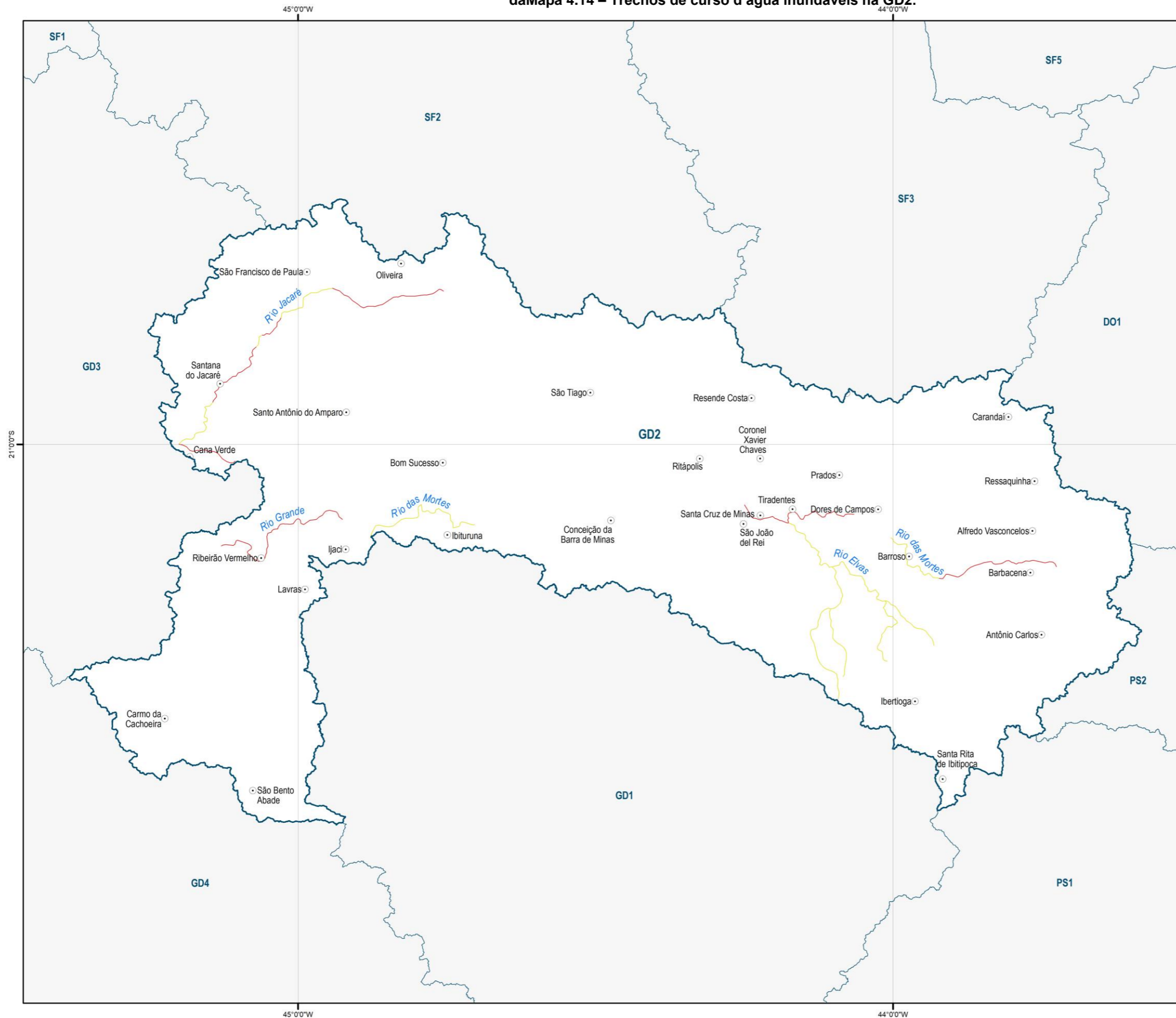
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



da Mapa 4.14 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD2.



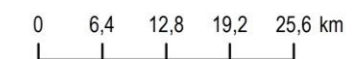
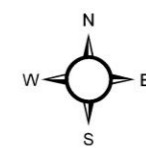
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d’água
- Massa d’água
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- <all other values>
- Média
- Alta

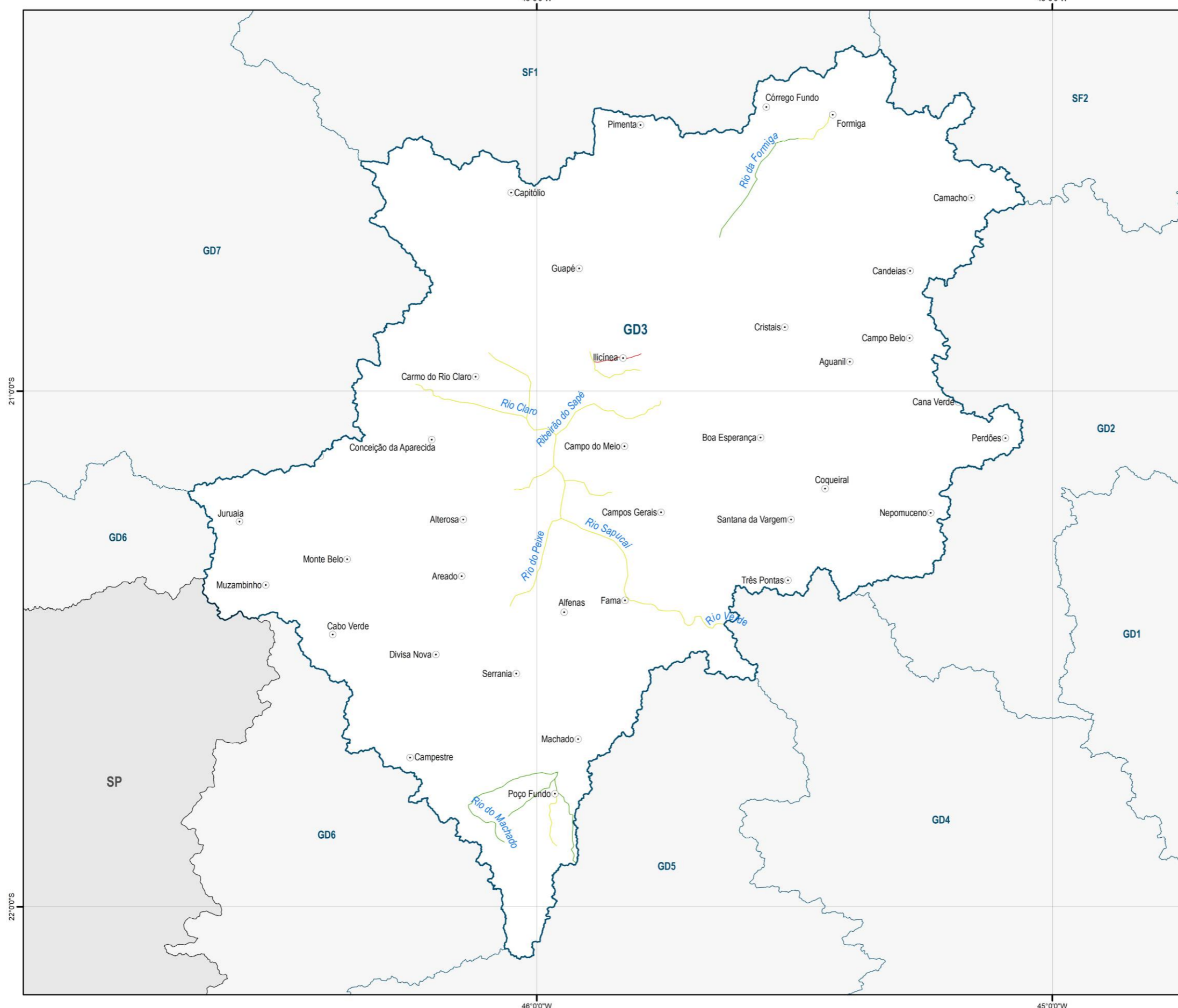
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.15 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD3.



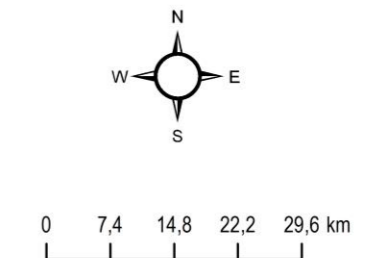
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
 - Média
 - Alta

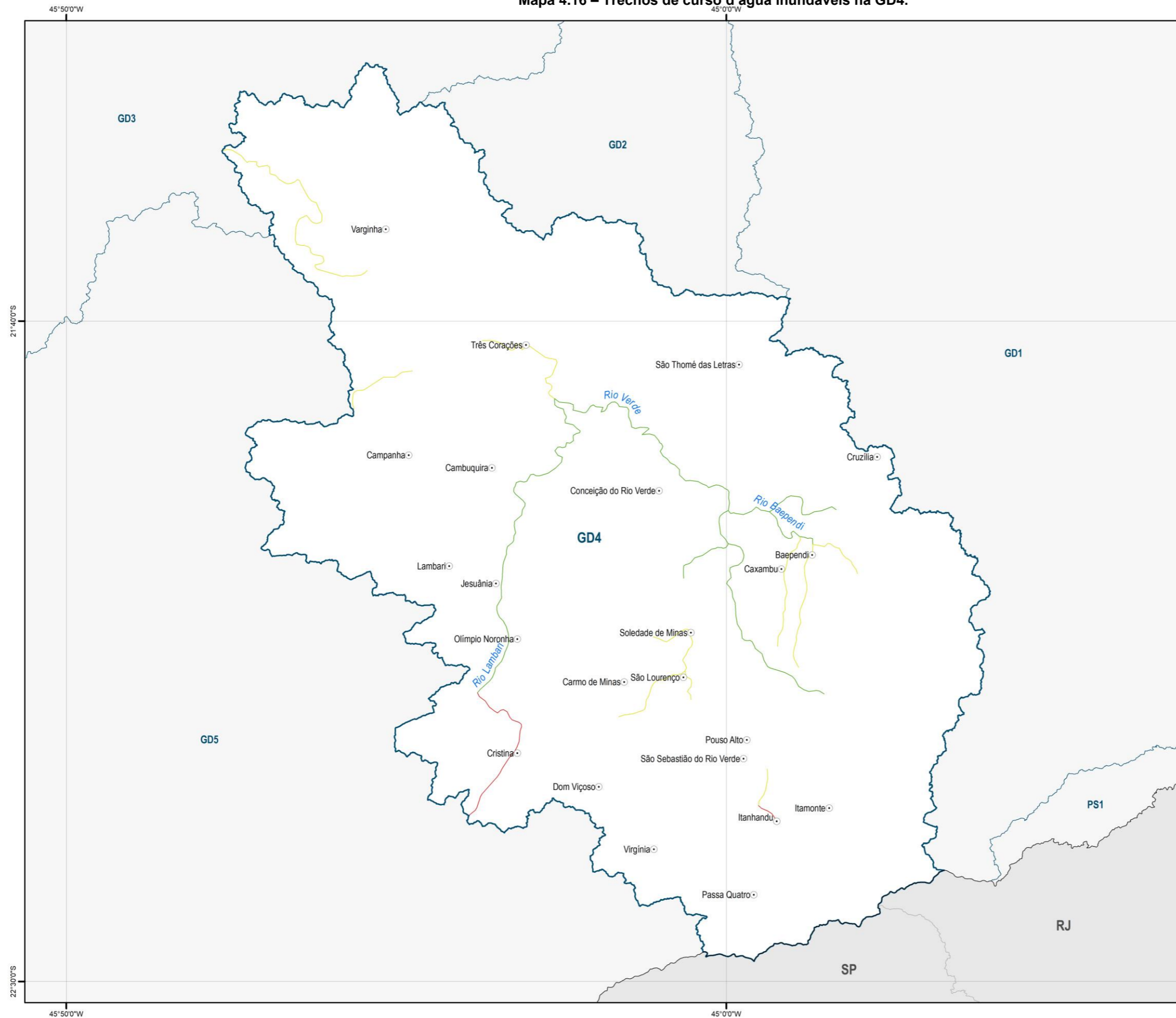
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.16 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD4.



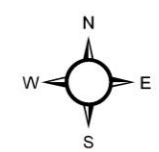
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.17 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD5.



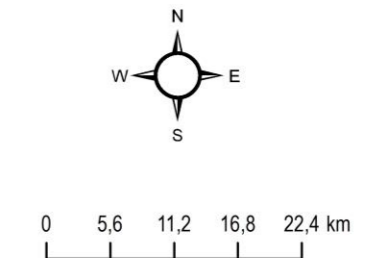
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

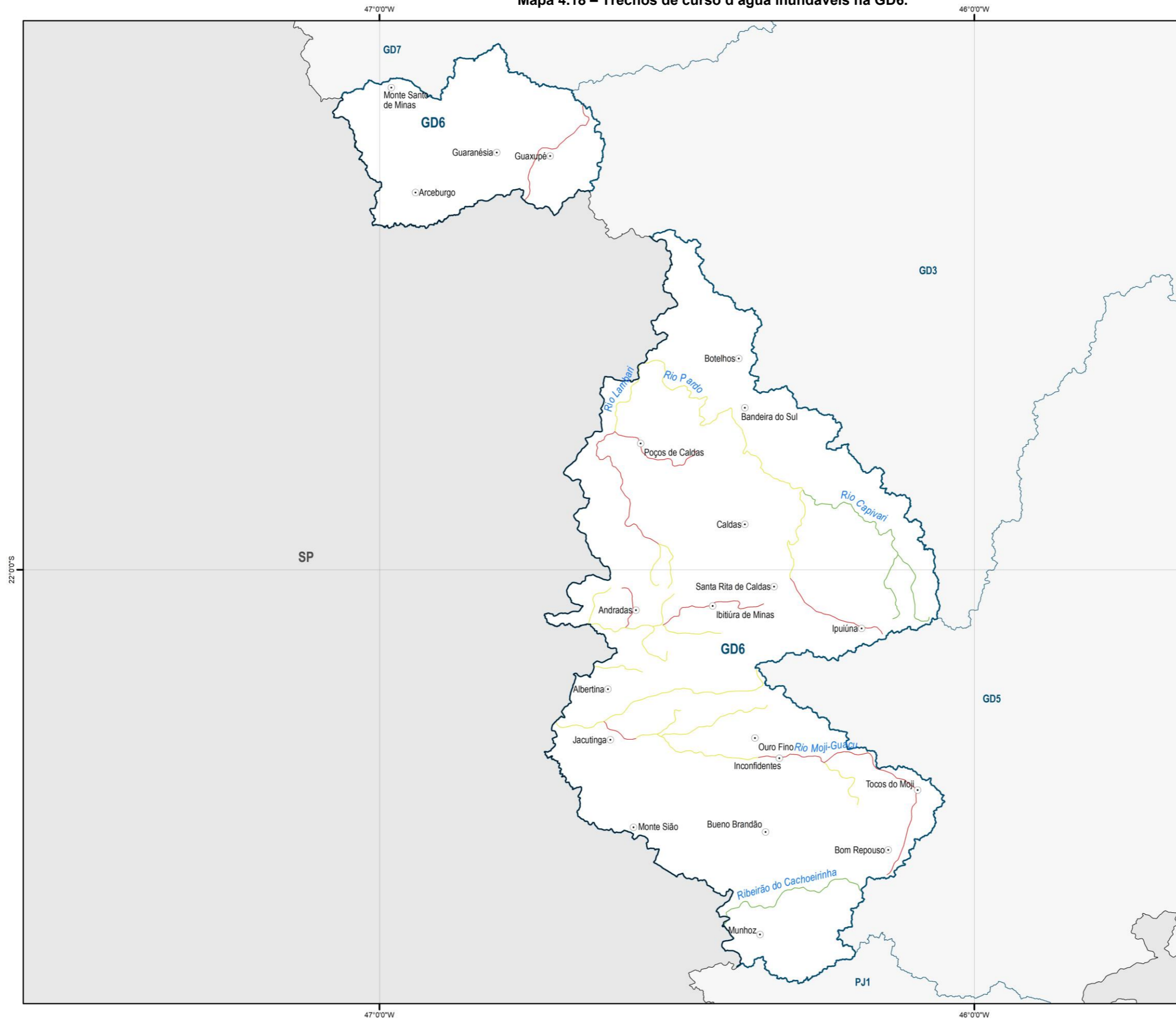
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.18 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD6.



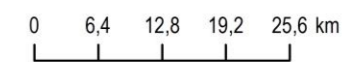
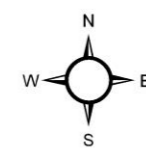
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

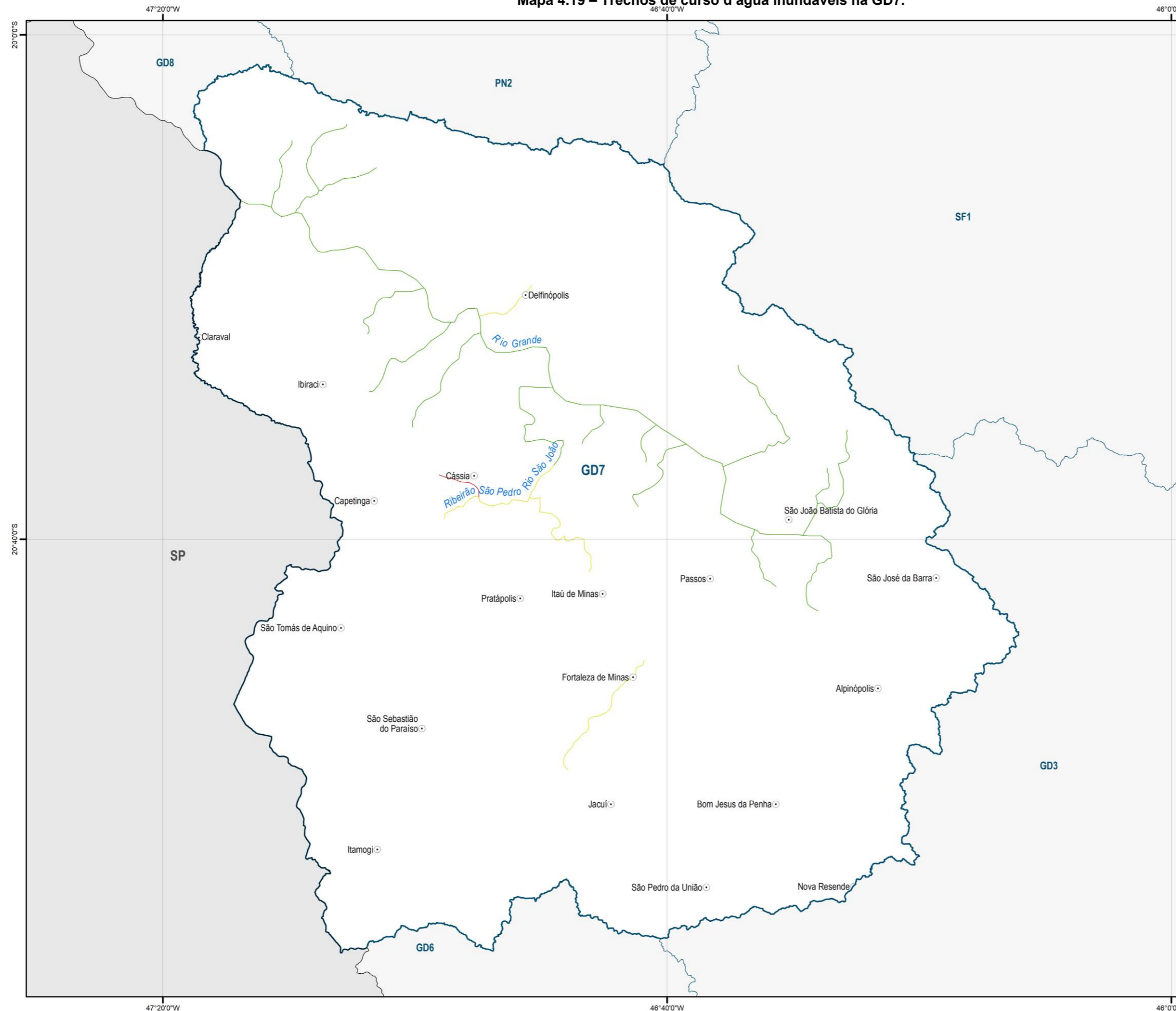
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.19 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD7.



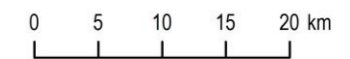
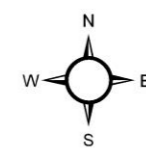
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

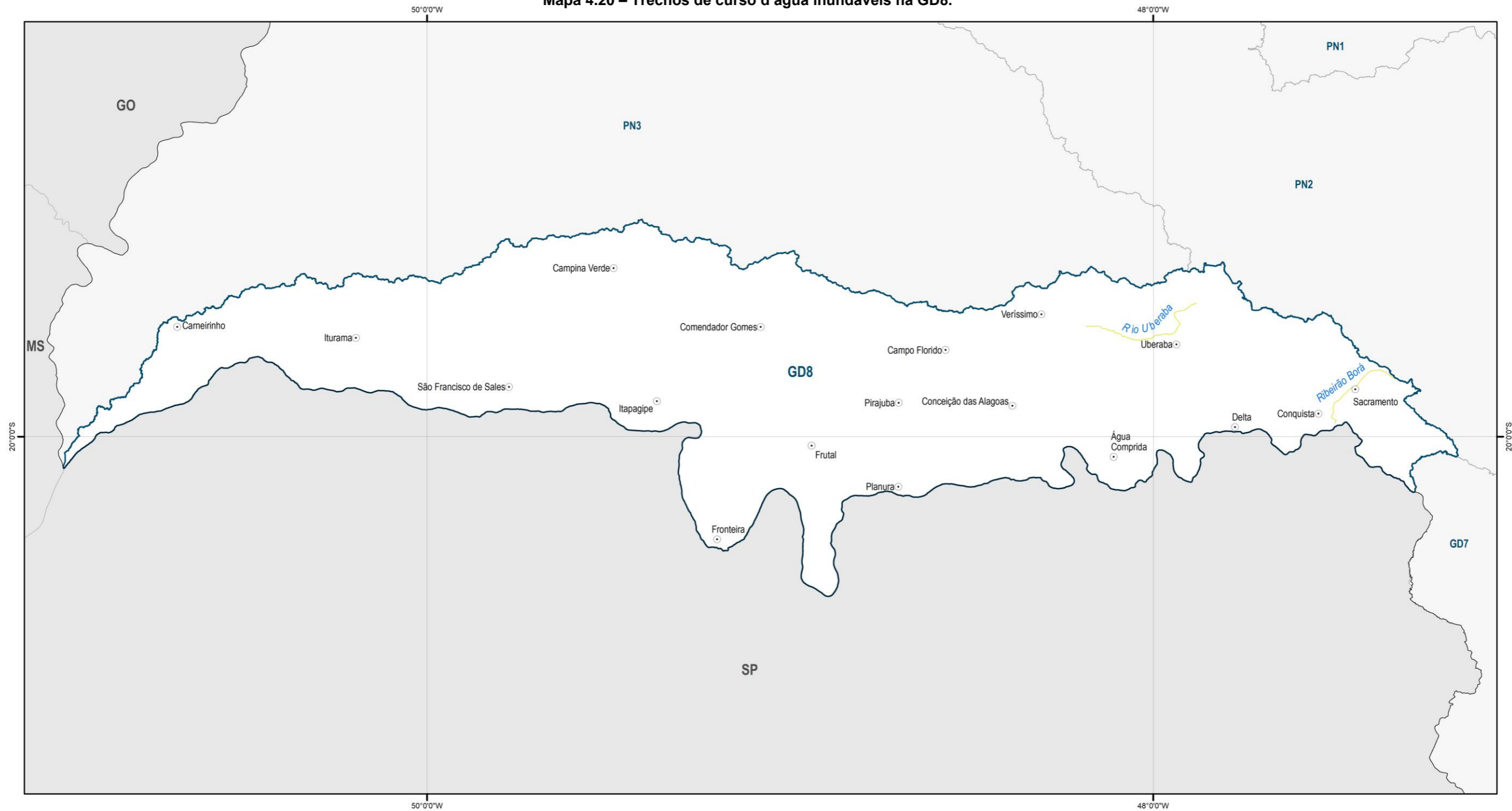
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.20 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD8.

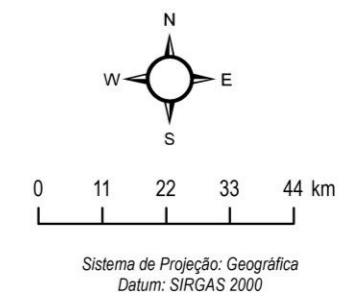


LEGENDA

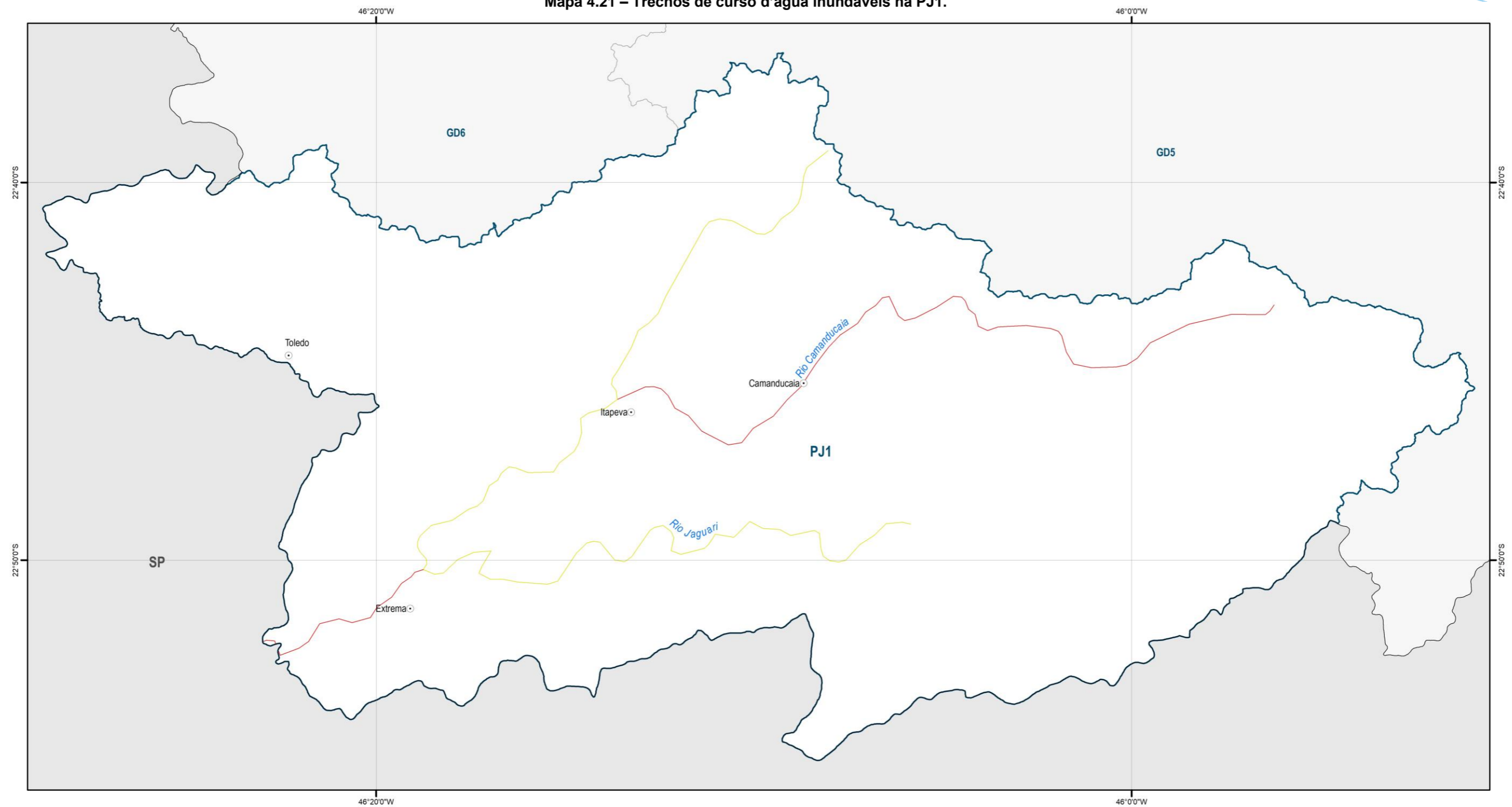
- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Mapa 4.21 – Trechos de curso d'água inundáveis na PJ1.

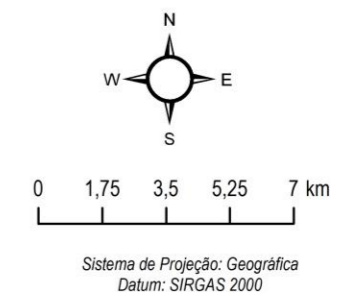


LEGENDA

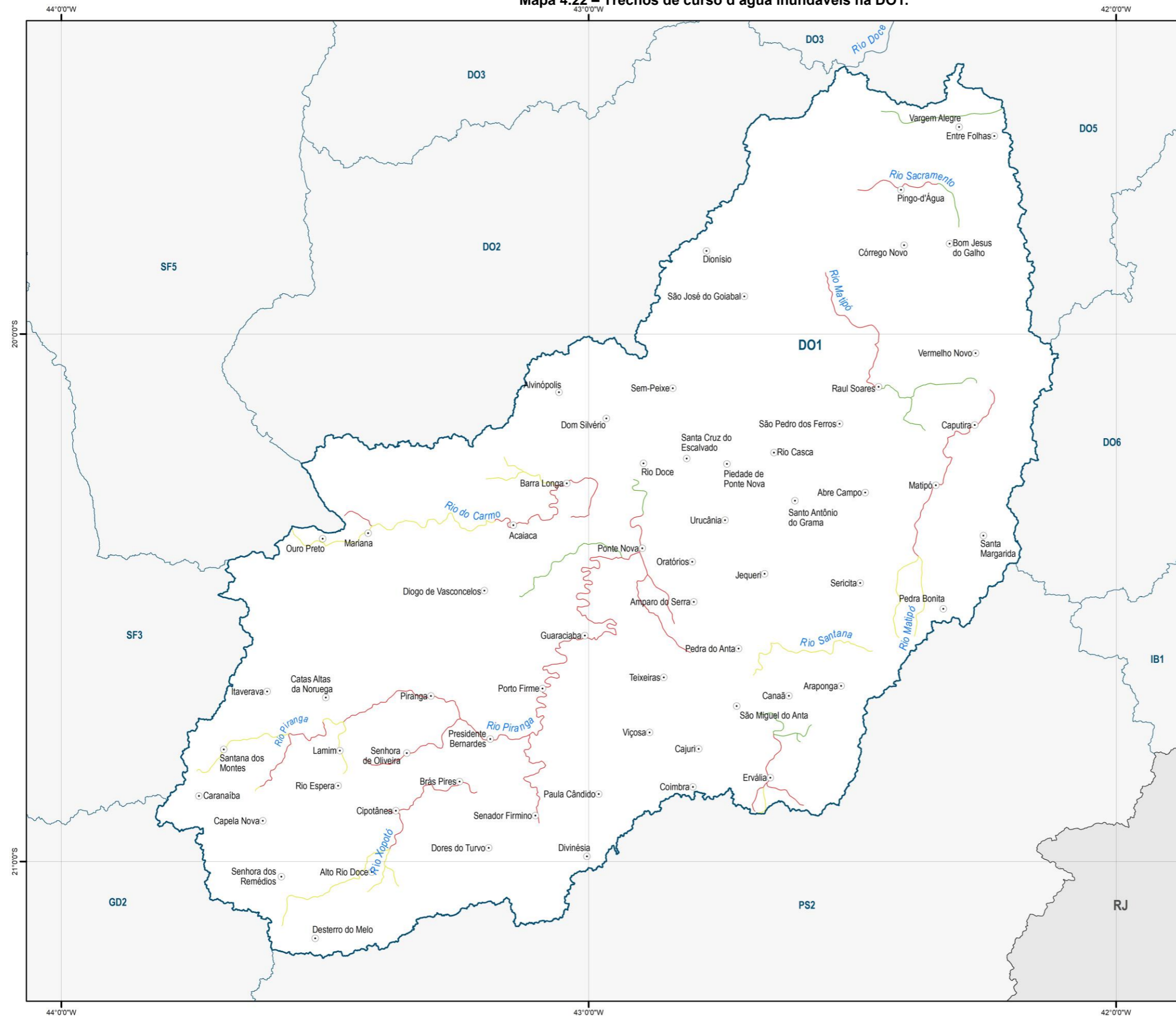
- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média
- Alta

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Mapa 4.22 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO1.



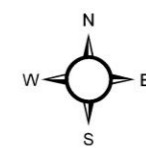
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

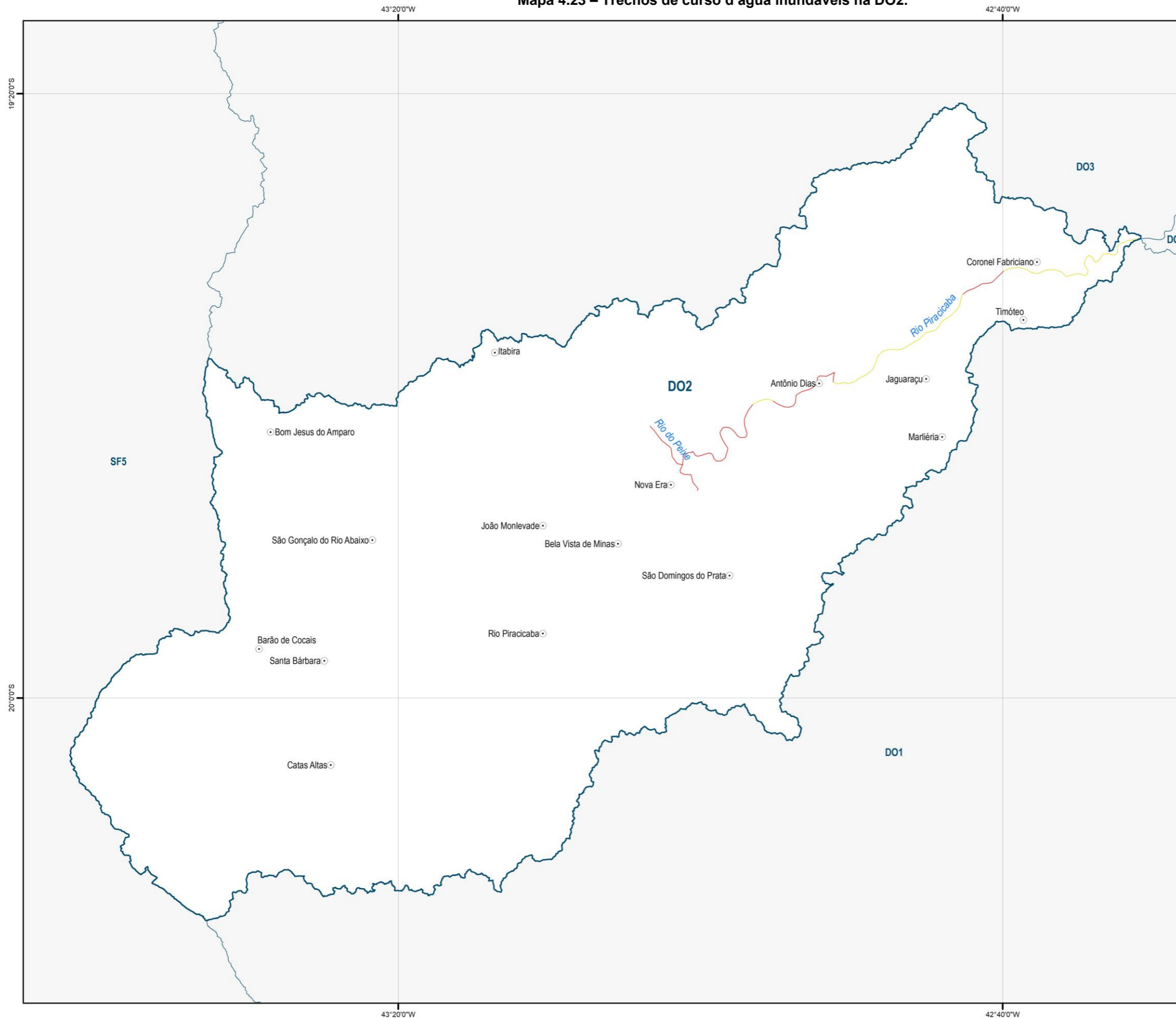


0 7,2 14,4 21,6 28,8 km

Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.23 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO2.



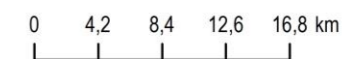
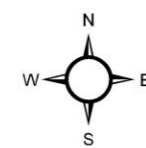
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média
- Alta

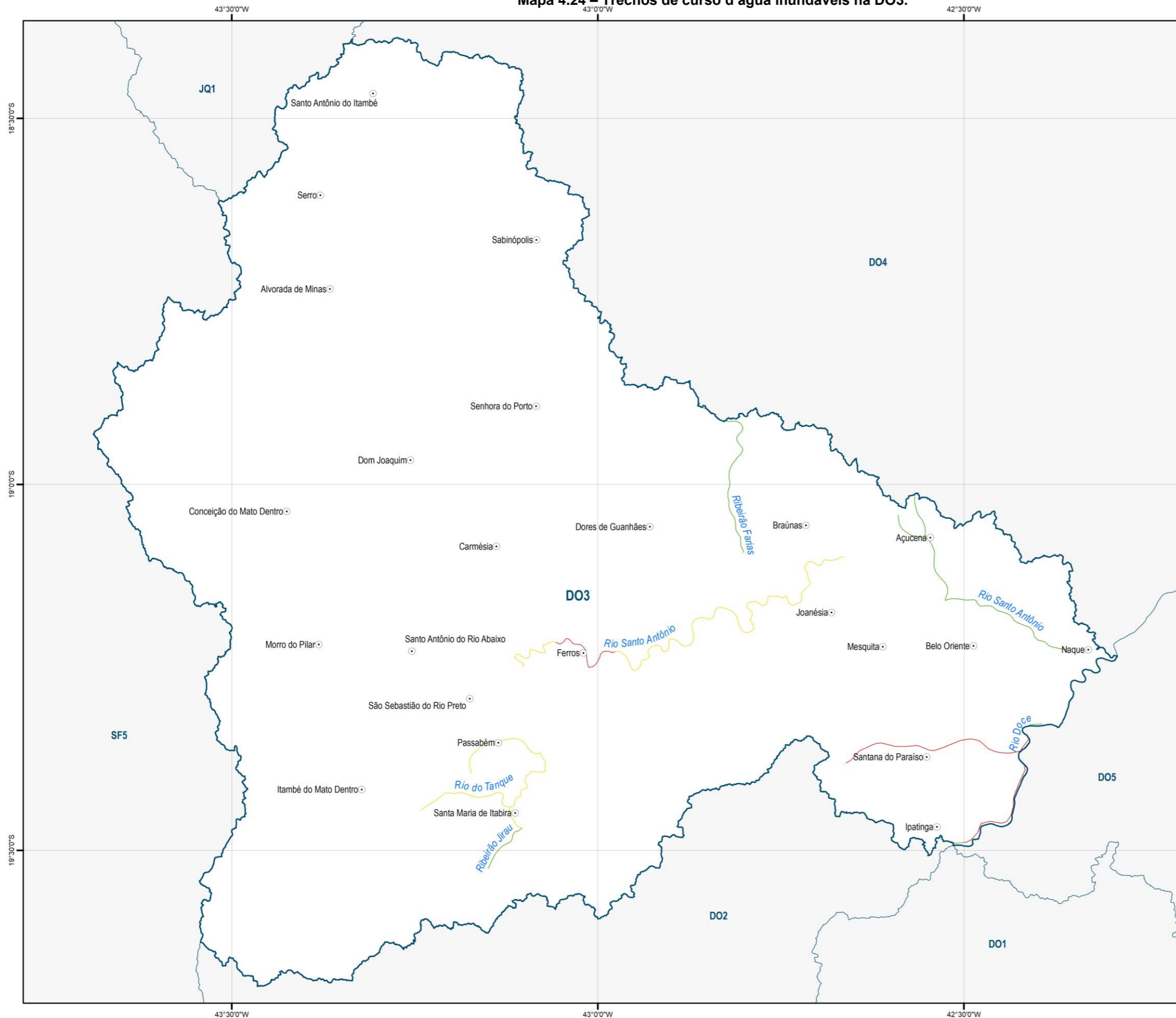
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.24 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO3.



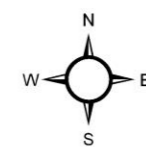
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

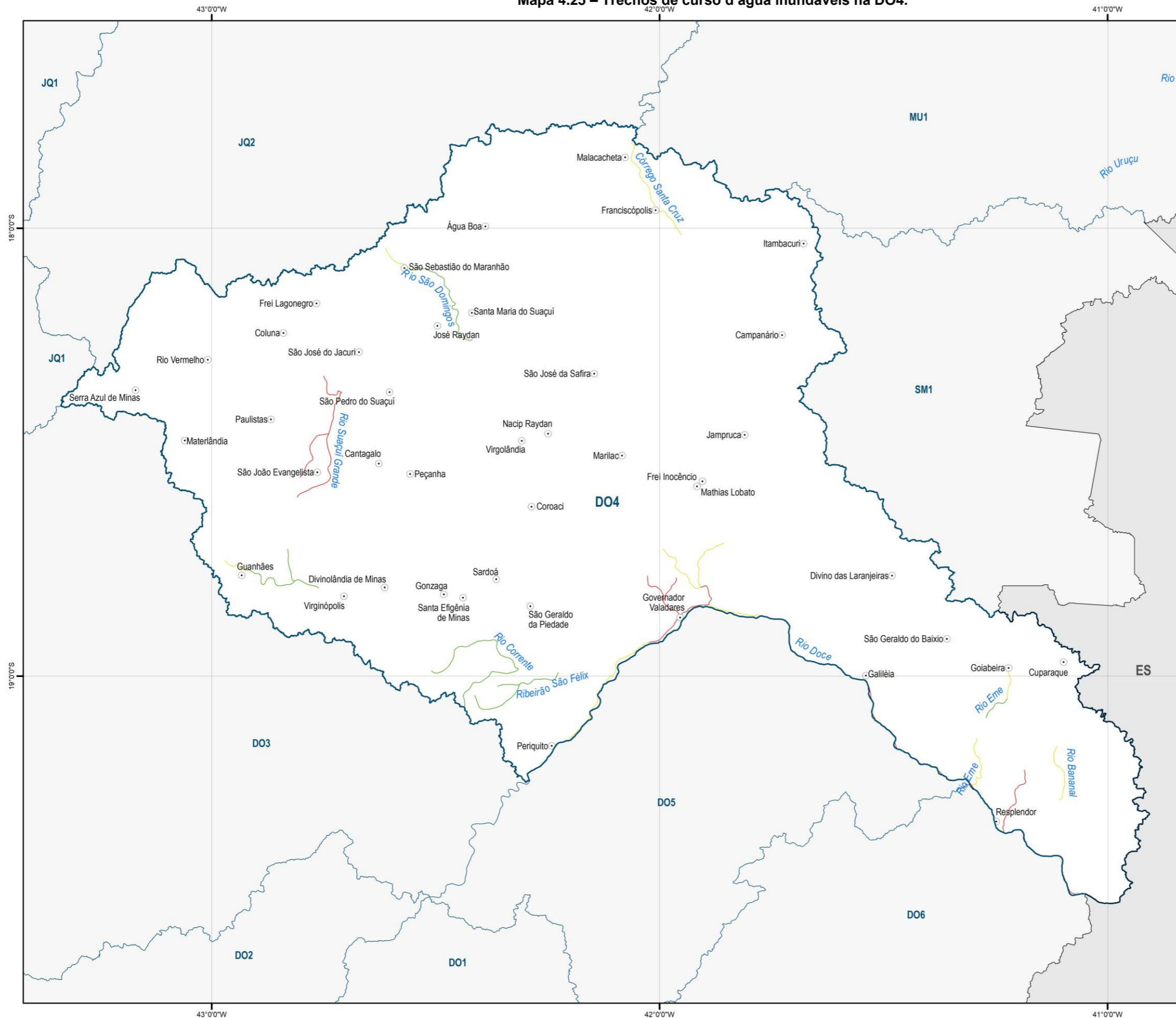


0 5,2 10,4 15,6 20,8 km

Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.25 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO4.



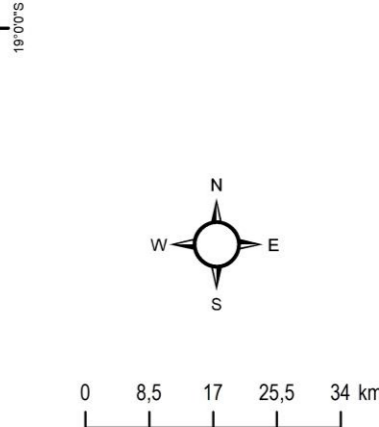
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

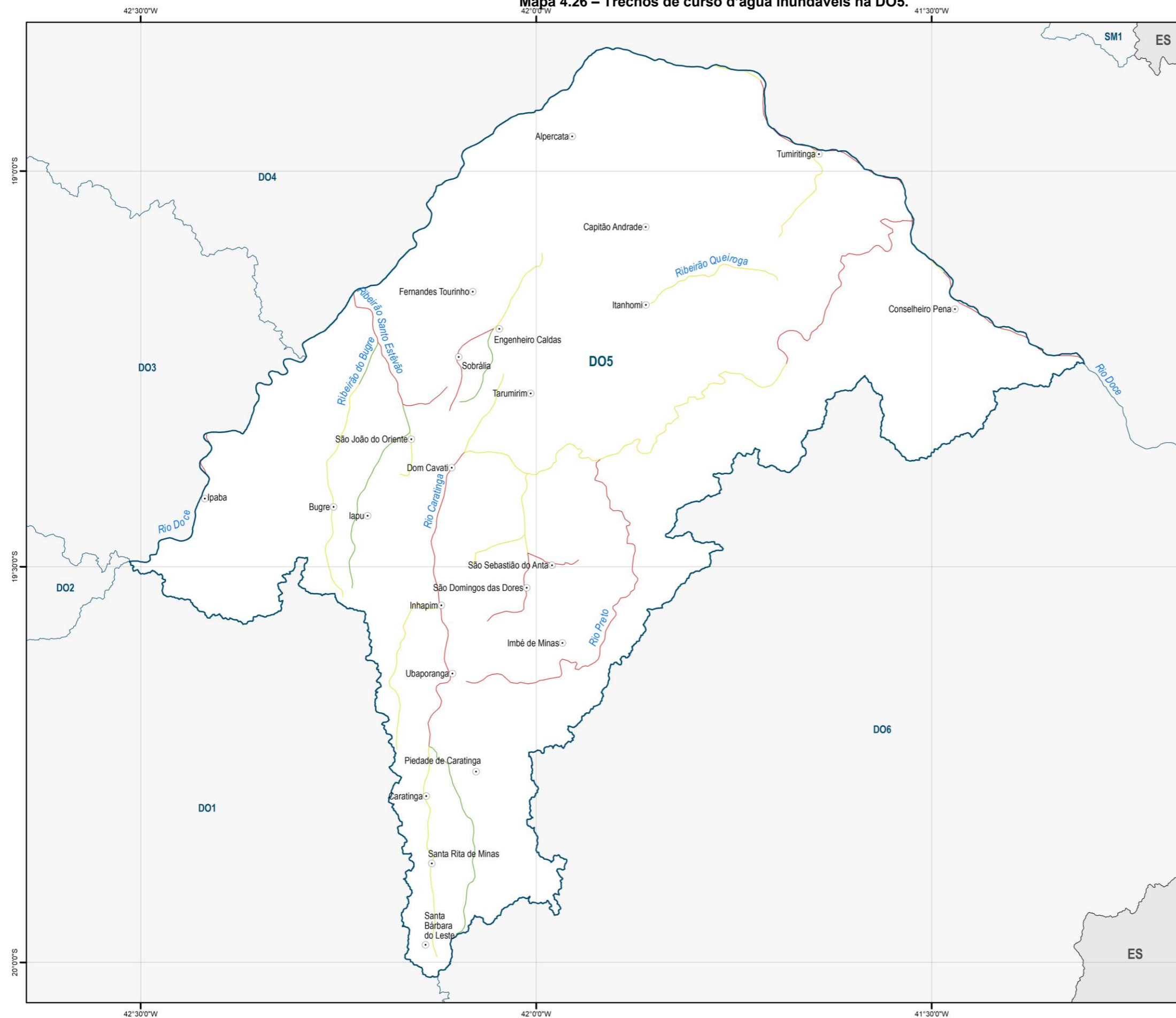
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.26 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO5.



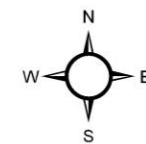
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

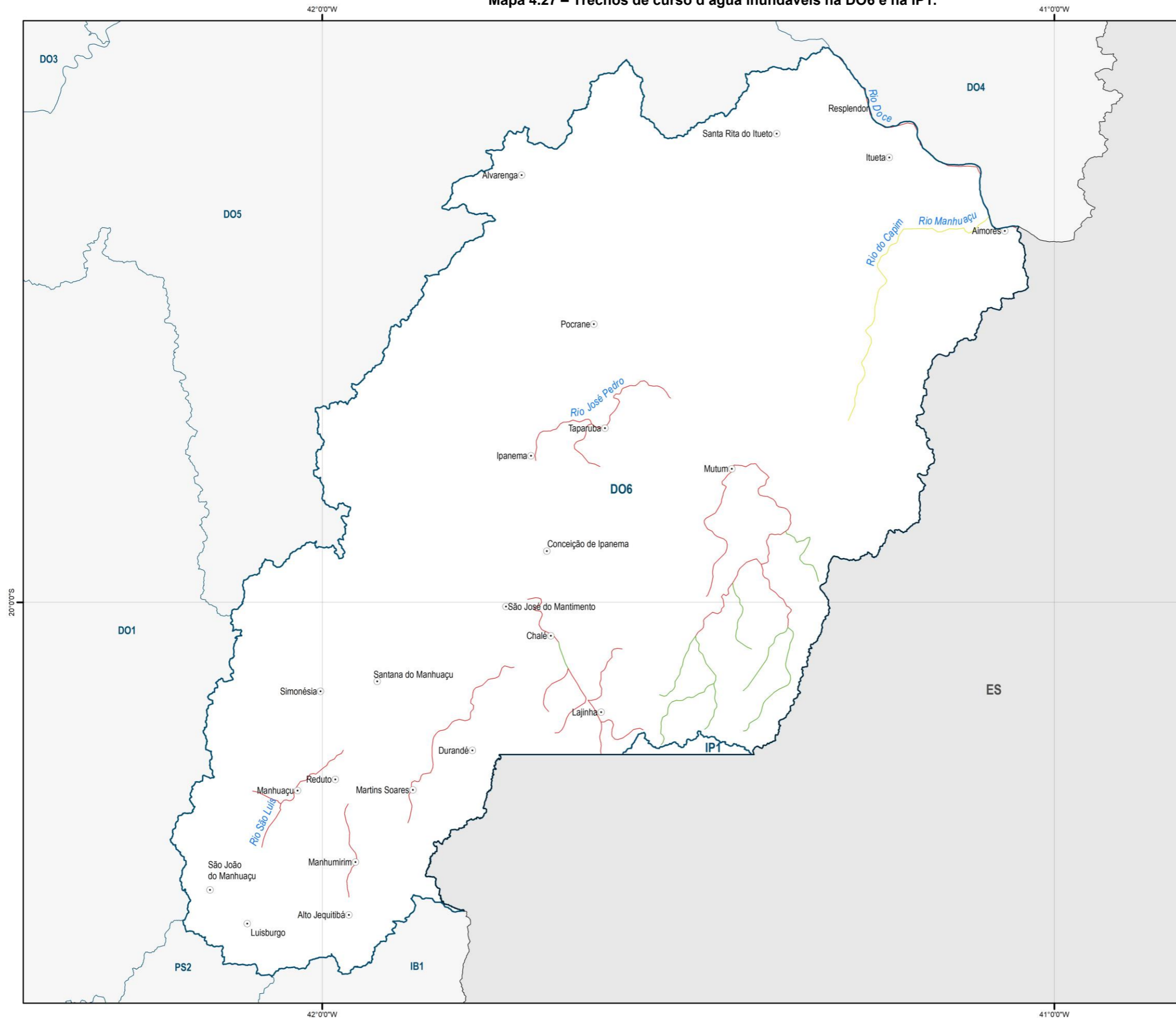
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.27 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO6 e na IP1.



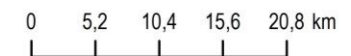
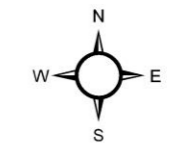
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

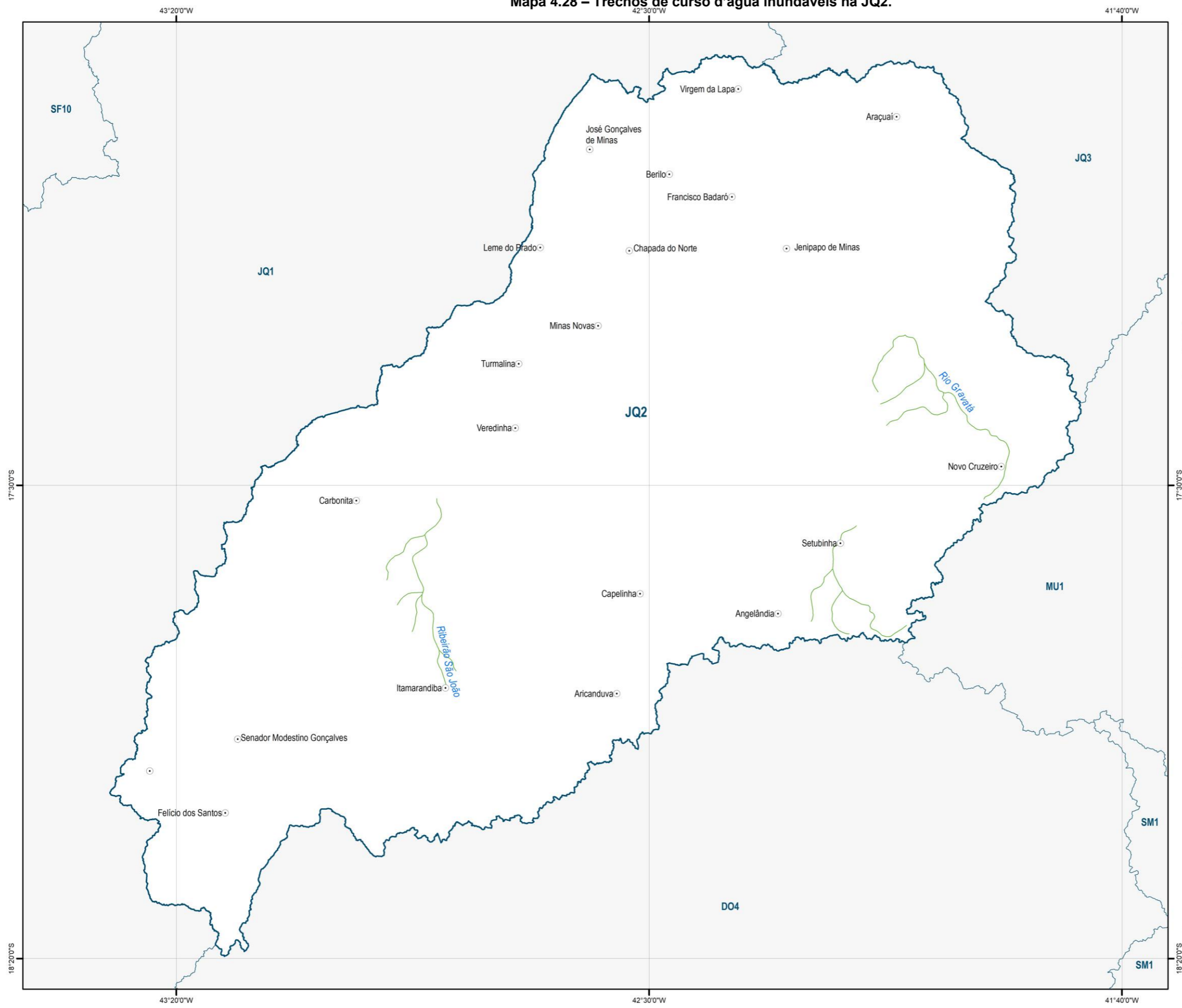
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.28 – Trechos de curso d'água inundáveis na JQ2.



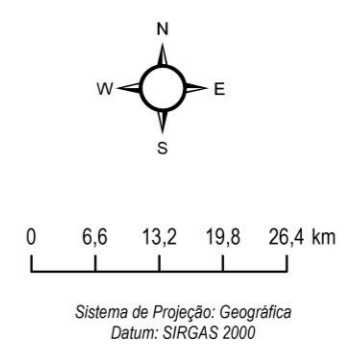
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



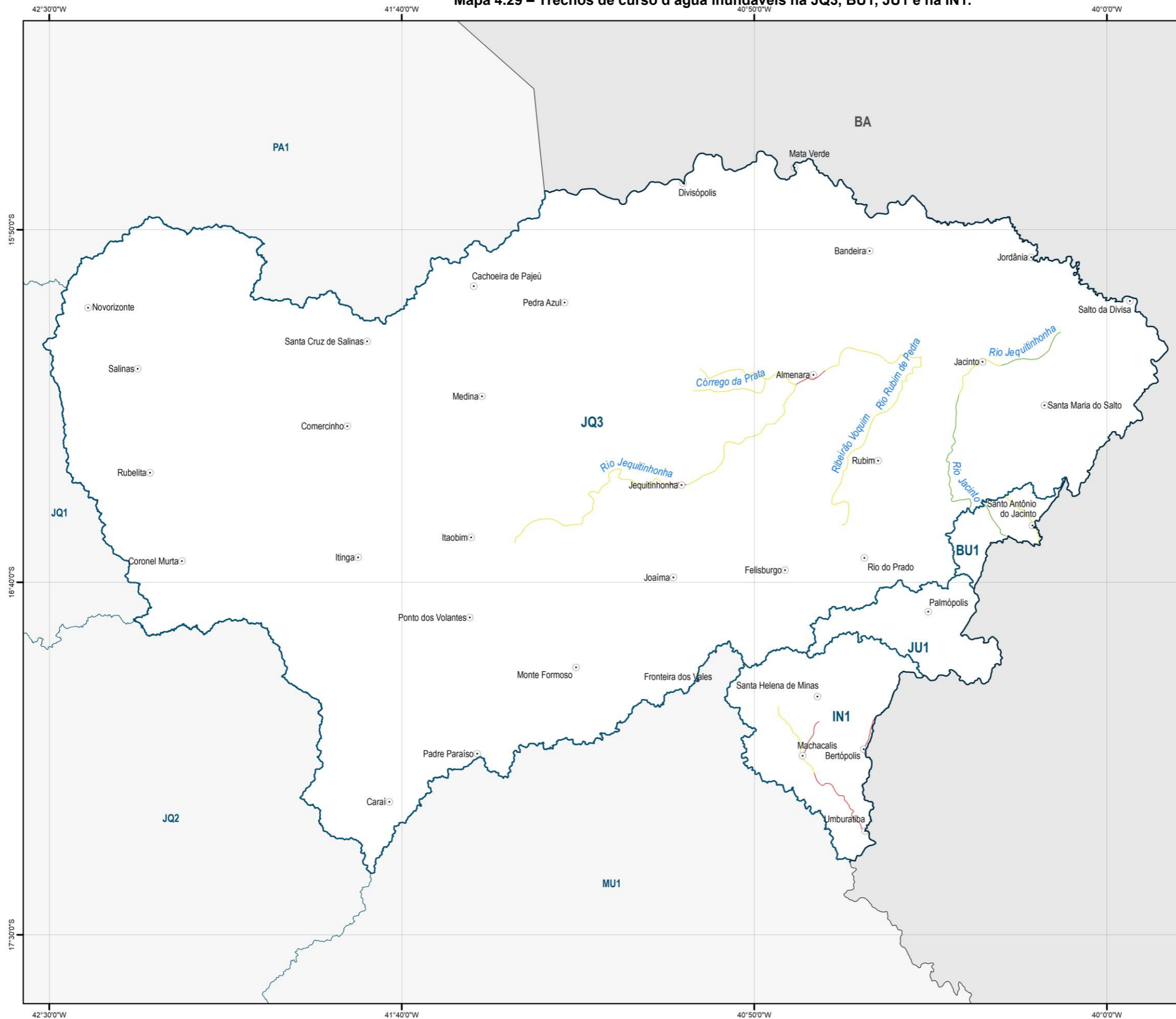
LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa

Fonte:
 IBGE, 2021, IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Mapa 4.29 – Trechos de curso d'água inundáveis na JQ3, BU1, JU1 e na IN1.



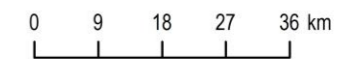
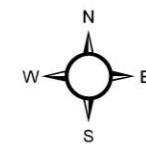
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscção hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

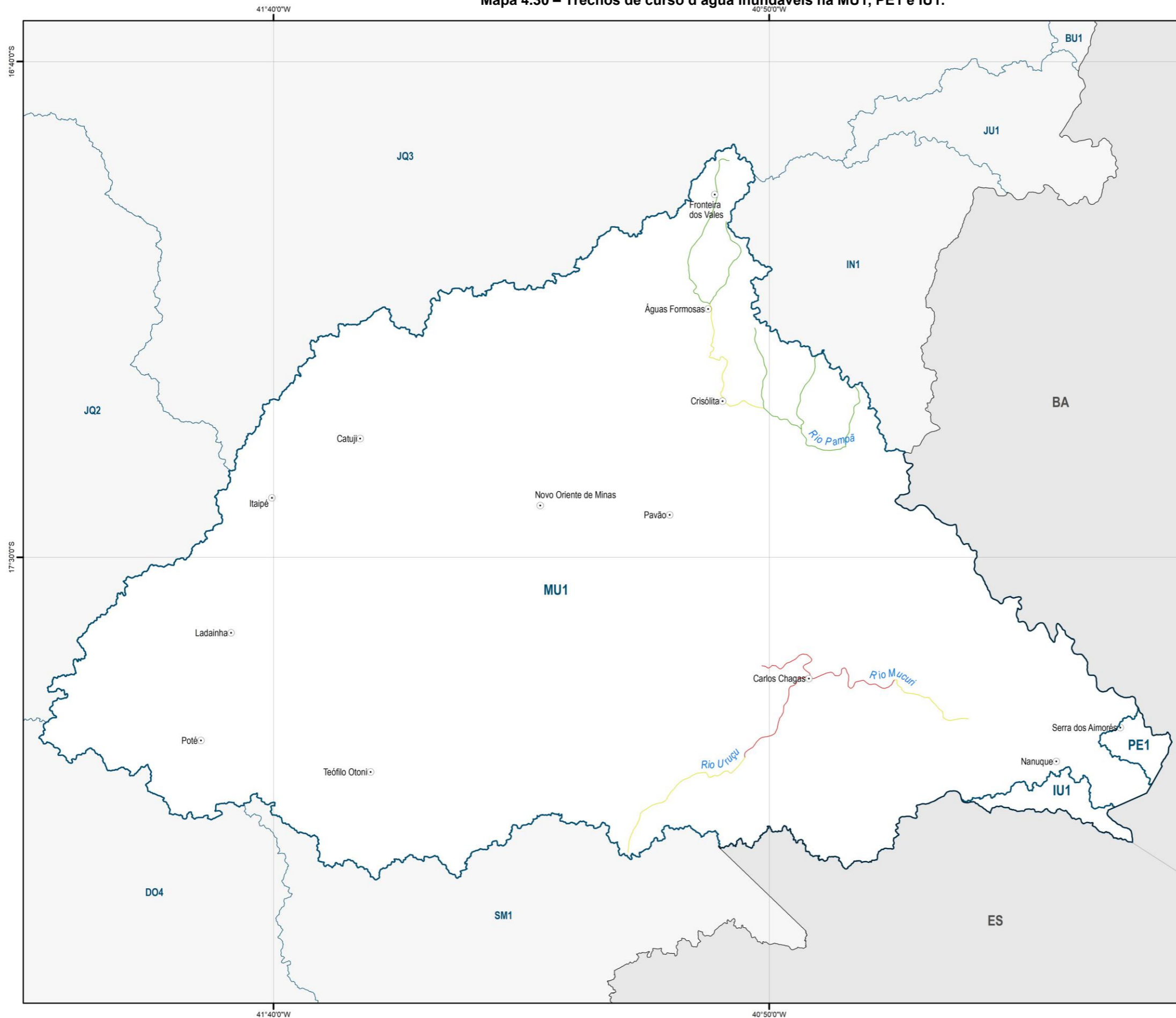
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.30 – Trechos de curso d’água inundáveis na MU1, PE1 e IU1.



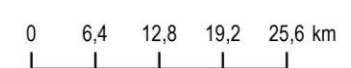
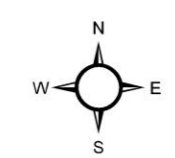
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

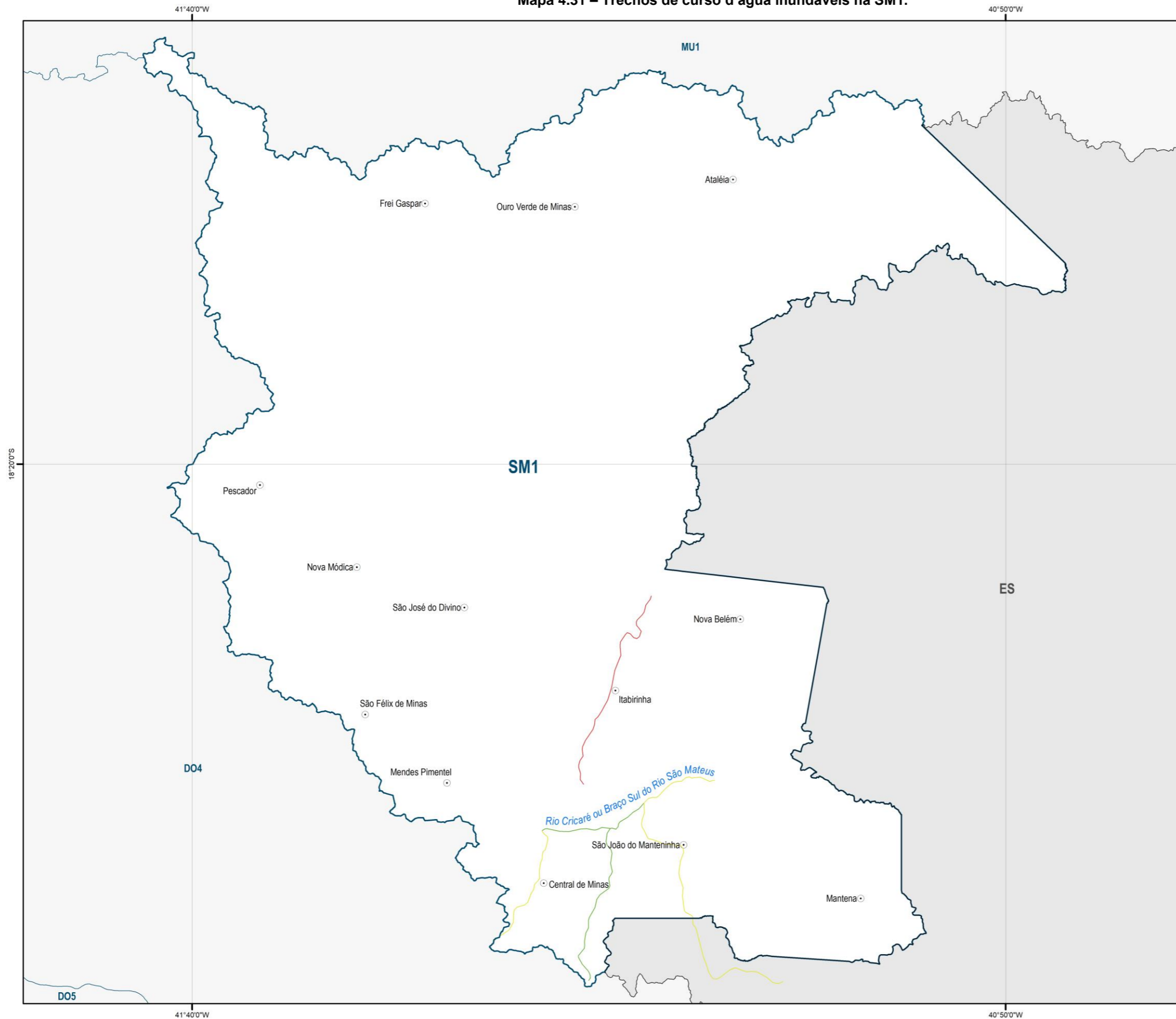
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.31 – Trechos de curso d’água inundáveis na SM1.



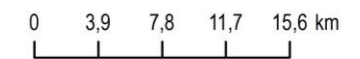
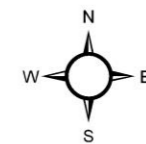
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

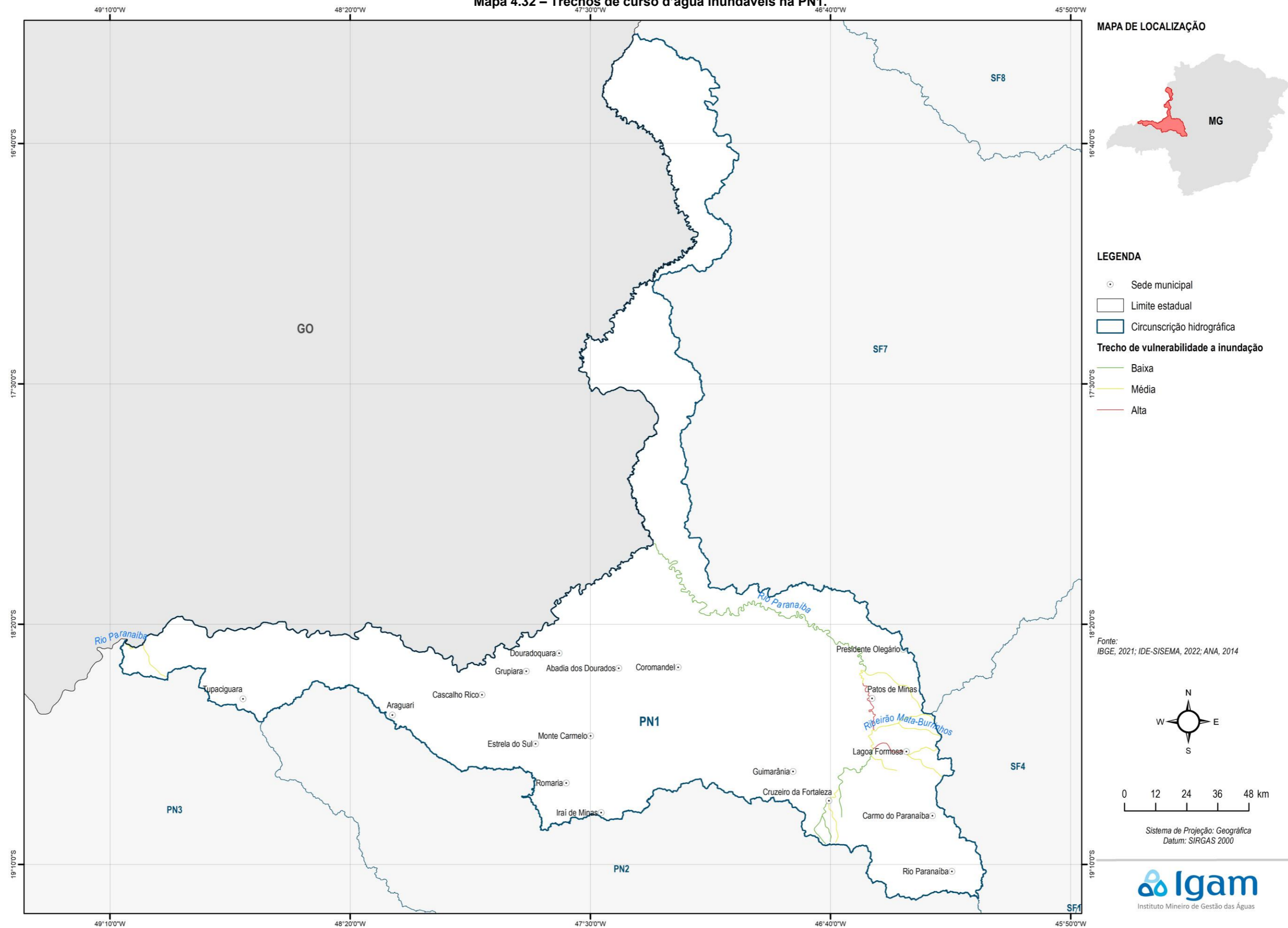
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



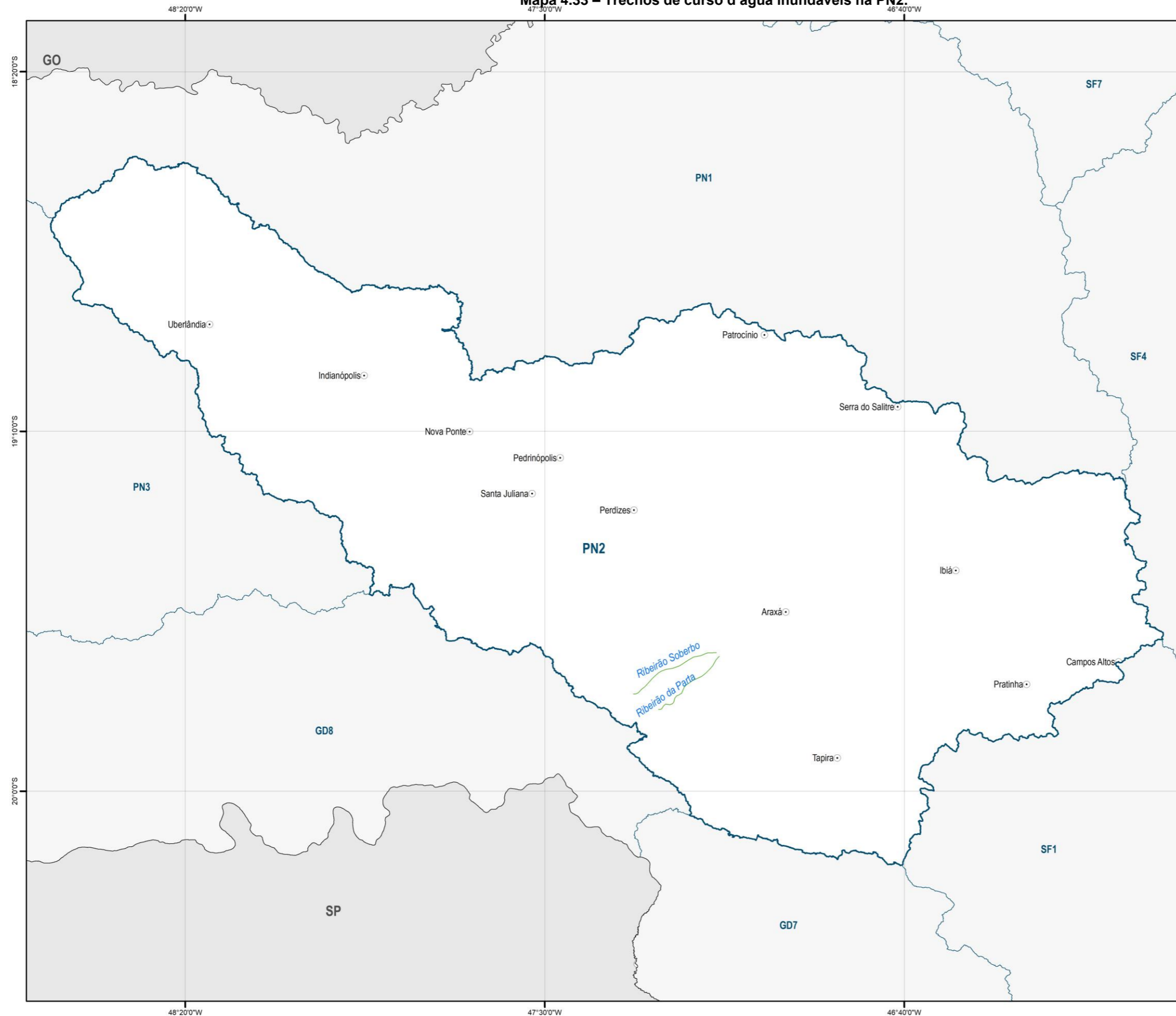
Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.32 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN1.



Mapa 4.33 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN2.



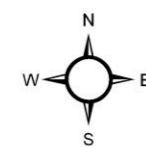
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa

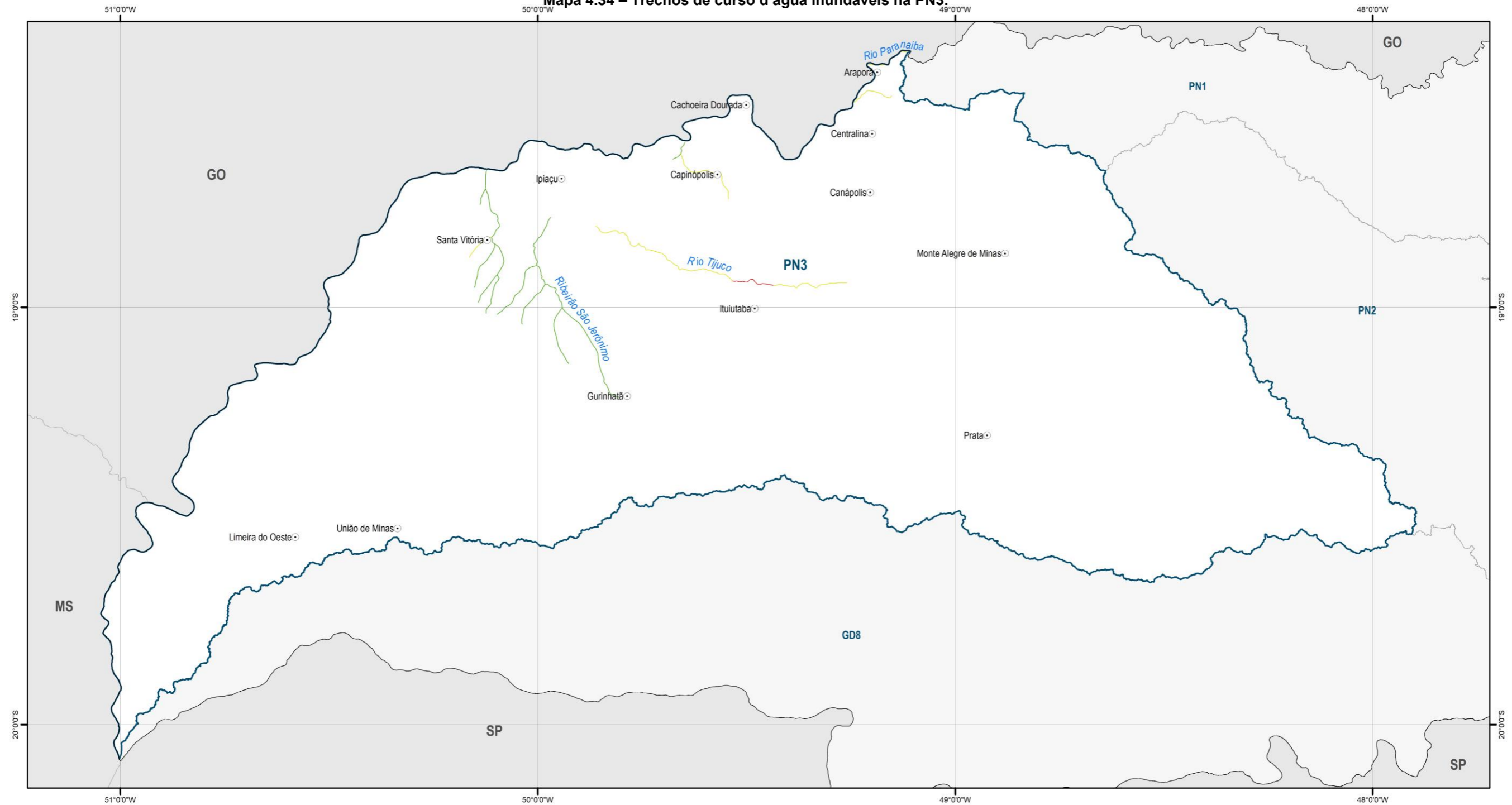
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



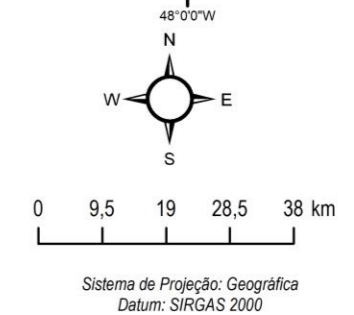
Mapa 4.34 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN3.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

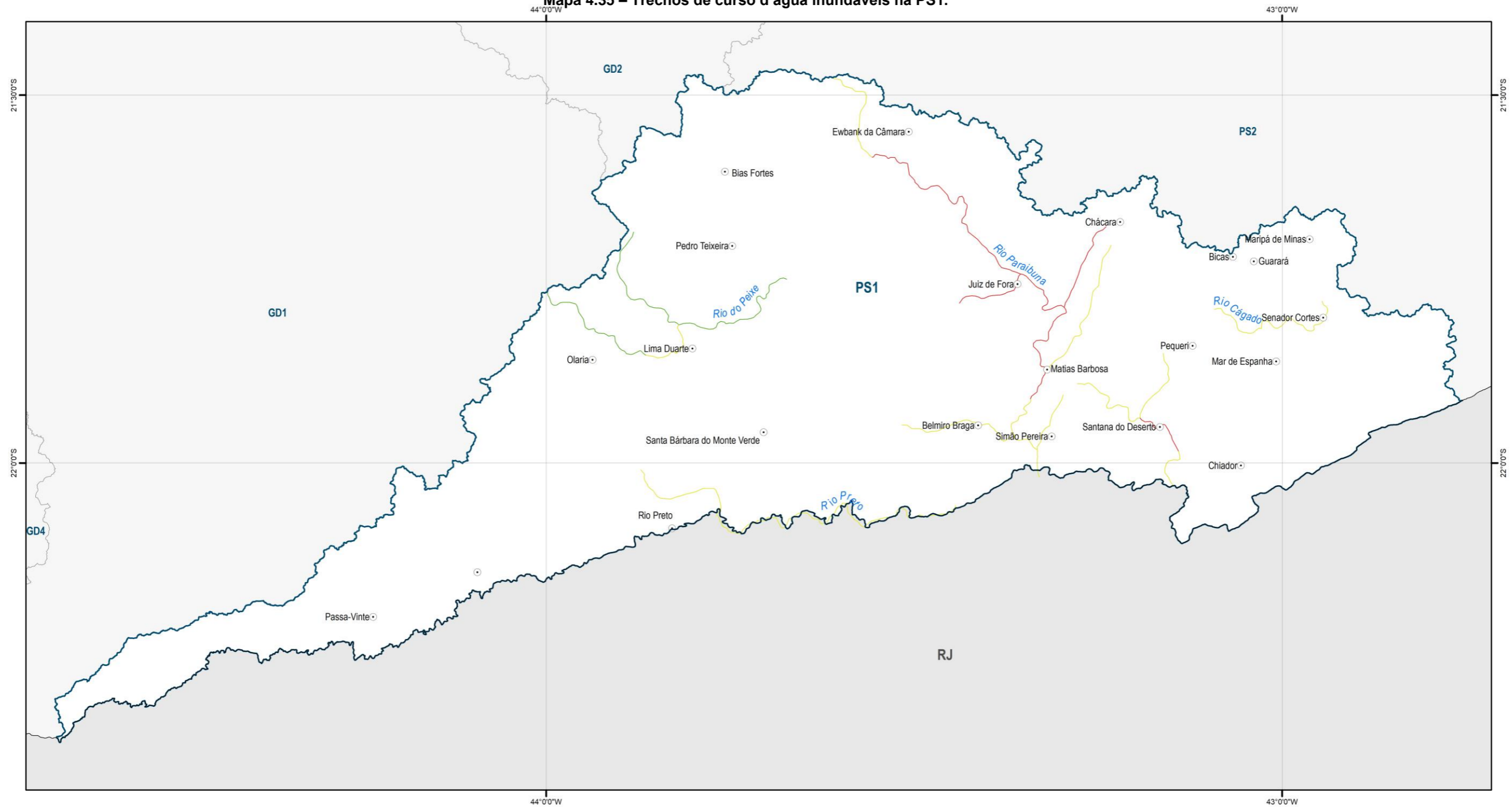
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



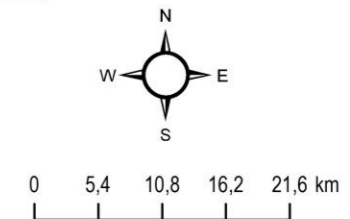
Mapa 4.35 – Trechos de curso d’água inundáveis na PS1.



LEGENDA

- | | |
|------------------------------|--|
| ○ Sede municipal | Trecho de vulnerabilidade a inundação |
| □ Limite estadual | — Baixa |
| □ Circunscrição hidrográfica | — Média |
| | — Alta |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

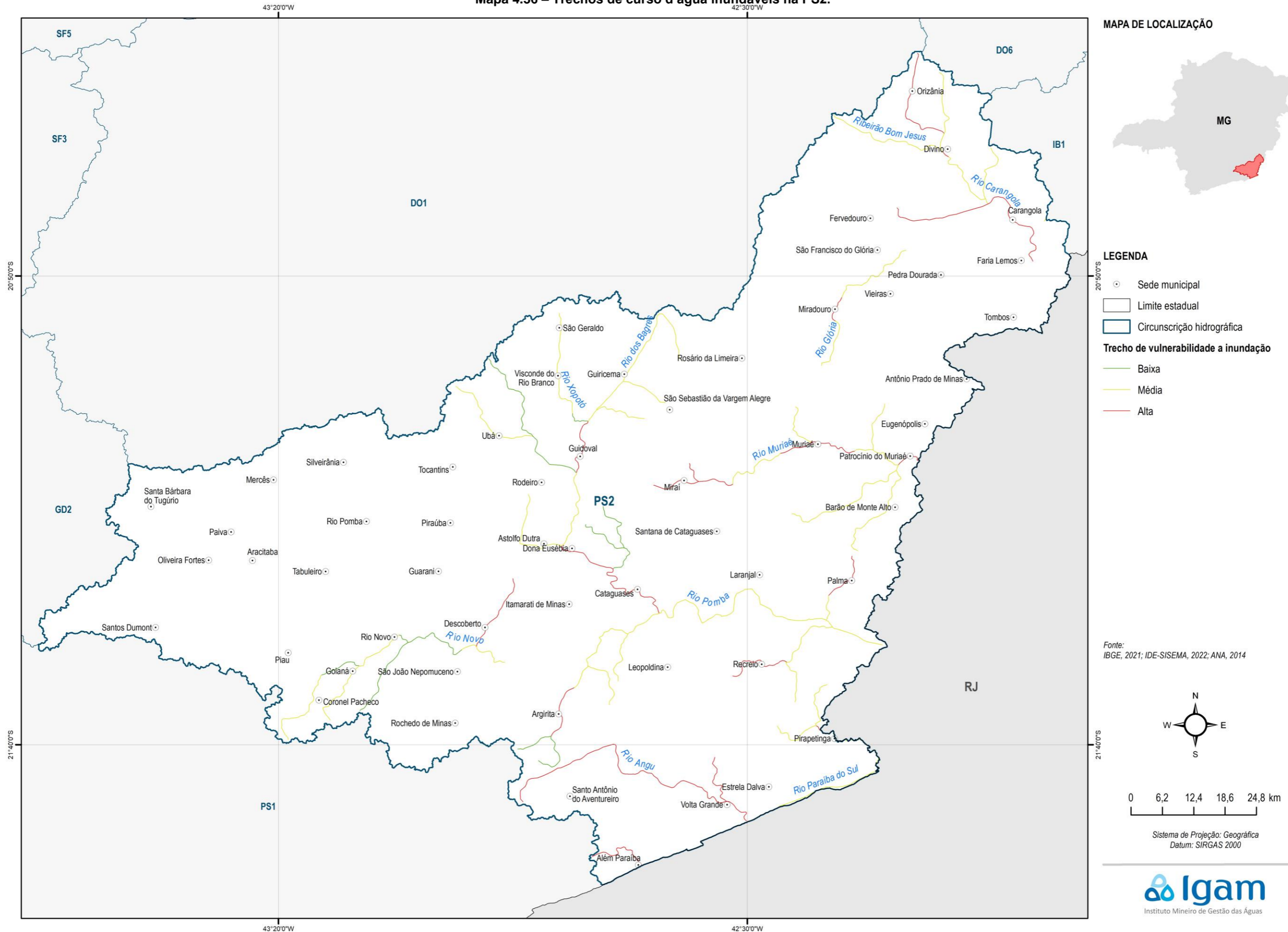


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

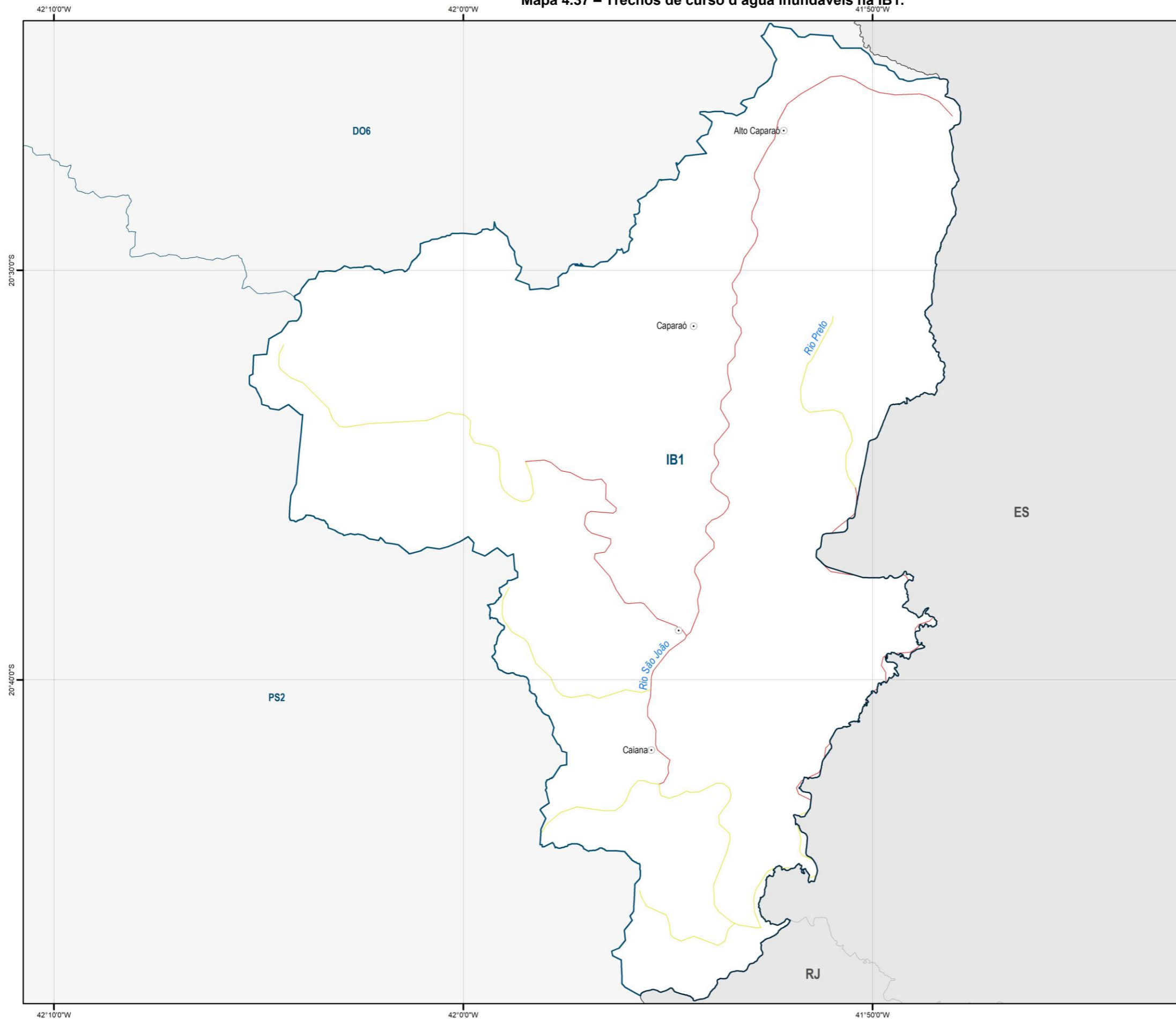
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Mapa 4.36 – Trechos de curso d'água inundáveis na PS2.



Mapa 4.37 – Trechos de curso d’água inundáveis na IB1.



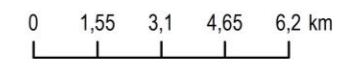
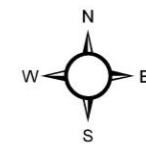
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d’água
- Massa d’água
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média
- Alta

Fonte:
 ANA, 2014; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



A seguir é realizado um diagnóstico da frequência em que ocorrem desastres naturais em cada CH do estado, baseado apenas no histórico de registros do S2ID, que consequentemente indica as regiões onde são percebidos os maiores impactos desses eventos. Na sequência serão feitas análises das séries de precipitação e de vazão no estado de Minas Gerais, buscando compreender a dinâmica dos eventos extremos que causam esses desastres naturais relacionados a altas e baixas pluviosidades, assim como o nível de informações disponíveis sobre esses índices nas diferentes regiões do estado. Por fim, são avaliados os danos causados pelos desastres naturais registrados no S2ID. Essas análises possibilitam uma avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos extremos no momento atual, que será realizada em conjunto com a avaliação do risco projetada no item 4.2.3.

4.2.1.1 Diagnóstico da frequência de desastres naturais

A partir dos registros observados de desastres por eventos extremos de causa natural, foi considerada a distribuição por CH para classificação da probabilidade de ocorrência desses eventos em cada uma delas. As Circunscrições Hidrográficas classificadas com probabilidade Muito Baixa apresentaram uma média de menos de dois desastres naturais por ano, na classe de probabilidade Baixa são entre dois e cinco eventos anuais. A classe de Média probabilidade de ocorrência concentra o maior número de CHs (12), que apresentam entre cinco e dez eventos por ano. Na classe Alta estão os locais com média de dez a 25 eventos no ano e os com média maior que essa foram classificados com probabilidade Muito Alta de ocorrência de desastres naturais. Os resultados dessa classificação são expostos no Quadro 4-6.

Quadro 4-6 – Classificação das CHs em níveis de probabilidade de ocorrência de desastres por eventos extremos de causas naturais.

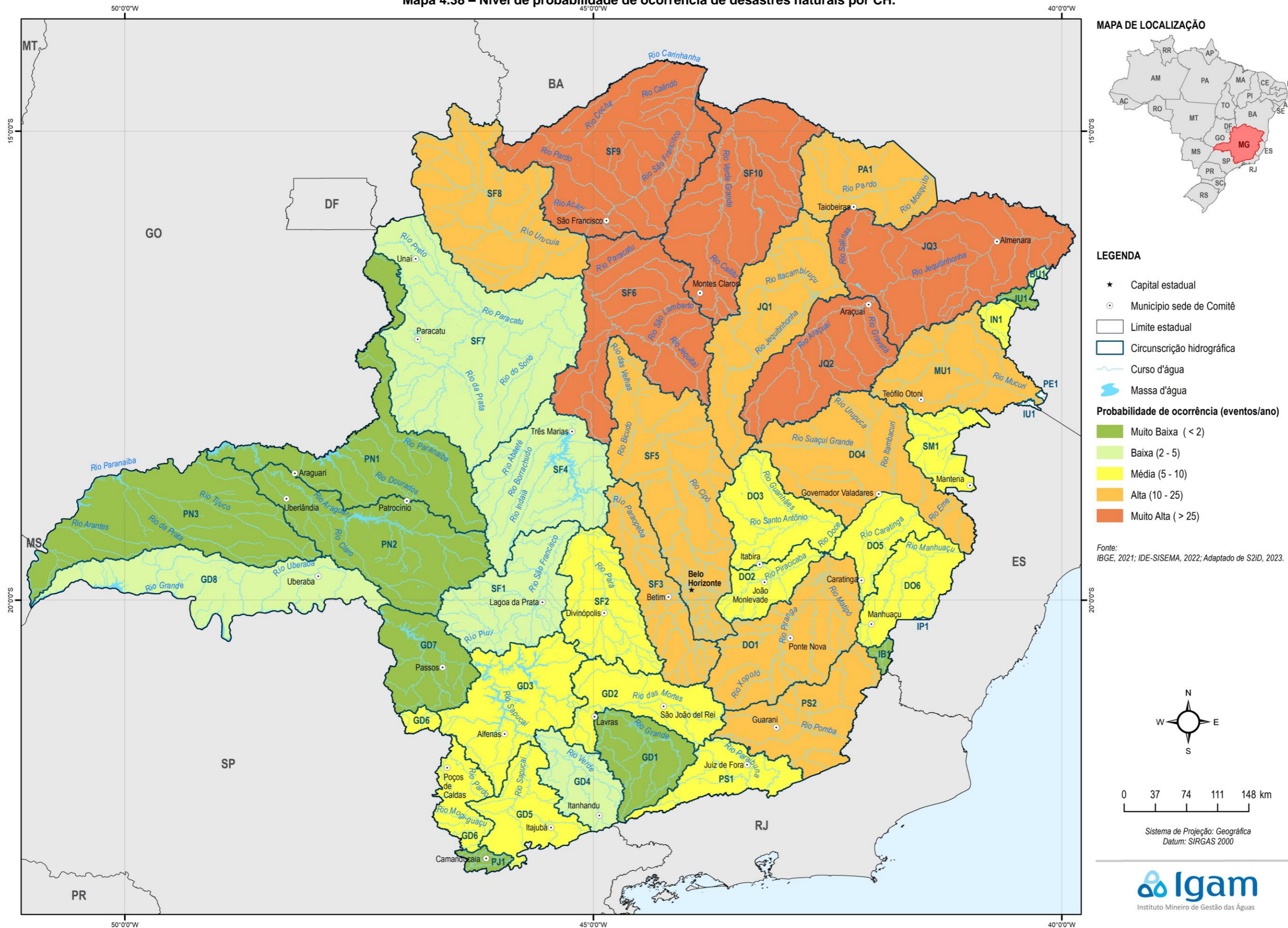
Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Nível de probabilidade
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Baixa
	SF2	Média
	SF3	Alta
	SF4	Baixa
	SF5	Alta
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Muito Alta
	SF7	Baixa
	SF8	Alta
	SF9	Muito Alta
	SF10	Muito Alta
3 Afluentes do Rio Grande	GD1	Muito Baixa
	GD2	Média
	GD3	Média
	GD4	Baixa
	GD5	Média
	GD6	Média
	GD7	Muito Baixa
	GD8	Baixa
4 Afluentes do Rio Doce	PJ1	Muito Baixa
	DO1	Alta
	DO2	Média
	DO3	Média
	DO4	Alta
	DO5	Média
5 Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	DO6	Média
	MU1	Alta
	SM1	Média
	JQ1	Alta
	JQ2	Muito Alta

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Nível de probabilidade
	JQ3	Muito Alta
	PA1	Alta
	BU1	Baixa
	IN1	Média
	JU1	Muito Baixa
6 Afluentes do Rio Paranaíba	PN1	Muito Baixa
	PN2	Muito Baixa
	PN3	Muito Baixa
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	Média
	PS2	Alta
	IB1	Muito Baixa

Fonte: elaboração própria.

Ressalta-se que a totalidade da UEG6 está classificada como probabilidade Muito Baixa de ocorrência de desastres por eventos extremos. A UEG3 apresenta apenas CHs em classe Média ou mais baixas, consolidando o território do triângulo mineiro e a porção sudoeste do estado como as regiões com menores probabilidades de ocorrência de desastres naturais. A região central de Minas Gerais possui a maior parte das CHs em classes de Média e Alta probabilidades e a porção norte concentra todas as cinco CHs classificadas com probabilidade Muito Alta de ocorrência de eventos extremos. Os resultados do Quadro 4-6 são apresentados no Mapa 4.38.

Mapa 4.38 – Nível de probabilidade de ocorrência de desastres naturais por CH.

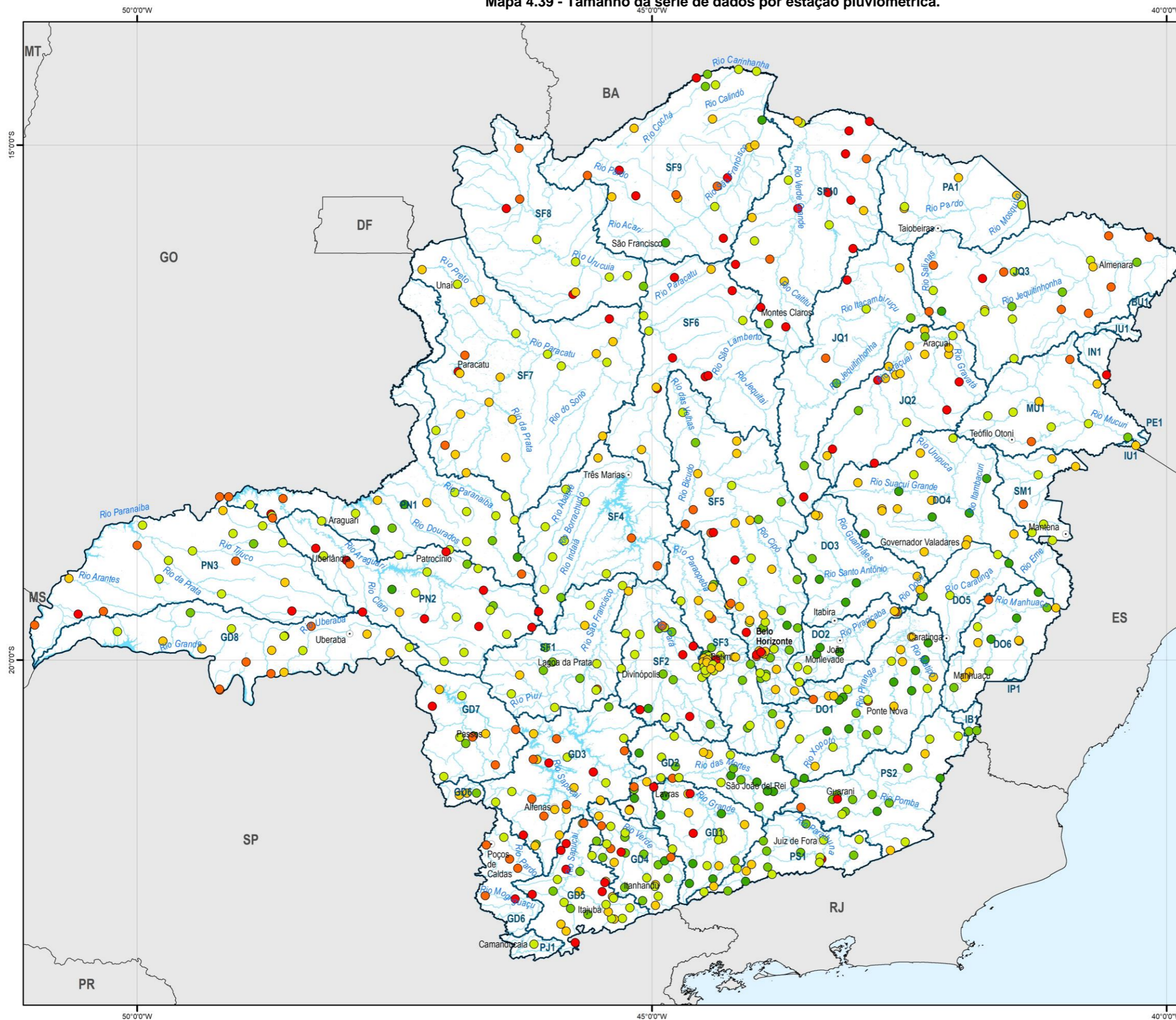


4.2.1.2 Análises das séries históricas de precipitação

As análises das séries históricas de precipitação tomam como base de dados as informações por estação pluviométricas publicadas através do Catálogo de Metadados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). A rede de estações pluviométricas conta com séries de dados que variam 3 até 63 anos de série, sendo o tamanho da série, objeto do Mapa 4.39, que apresenta o tamanho da série de dados em seis faixas.

Neste mapa pode-se observar que há distribuição homogênea de estações com séries maiores e menores no território mineiro, com ligeira concentração de estações com séries mais longas na porção Sudoeste e estação com série mais curtas nas porções Norte e Nordeste.

Mapa 4.39 - Tamanho da série de dados por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



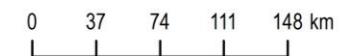
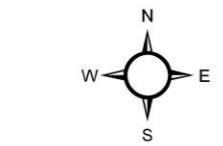
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tamanho da série em anos

- 3 - 5
- 6 - 10
- 11 - 20
- 21 - 35
- 36 - 50
- 51 - 63

Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Em termos de pluviosidade, o território mineiro apresenta grande variação, com concentração dos registros de maiores volumes de chuvas anuais na porção Sul do estado. Esse volume registrado diminui como um gradiente com direção Sudoeste-Nordeste, tonando as CHs do Norte e Nordeste mineiro as que possuem as estações com registros de volumes mais baixos.

Essa característica é bem definida quando observamos os dados de precipitação média anual, que são apresentados no Mapa 4.40. Neste é possível observar que as estações que apresentam valores dentro das duas faixas de menor valor estão localizadas na porção Norte e Nordeste de Minas Gerais, com algumas ocorrências na porção Leste.

No Norte se destacam as CHs SF9, SF10, PA1, JQ2 e JQ3 como as que possuem boa parte das estações localizadas em seus territórios com valores nas duas faixas de menor precipitação total média anual, com valores menores de 1000 mm. Além dessa também apresentam algumas estações nestas faixas as CHs SF6 e JQ1, mas essas são em menor número.

No Leste, não há CHs com todas ou maioria das estações nestas faixas, mas com algumas estações aparecem as CHs MU1, SM1, DO5 e DO6. As estações com valores baixos das CHs DO5 e DO6 são bastante próximas do limite com a DO4. Outro ponto de atenção são as bacias BU1, JU1 e PE1, que não possuem estações, mas são lindeiras à CHs que apresentam valores baixos. Além disso, a bacia IU1 possui uma estação, que apresenta valor abaixo dos 1000 mm/ano.

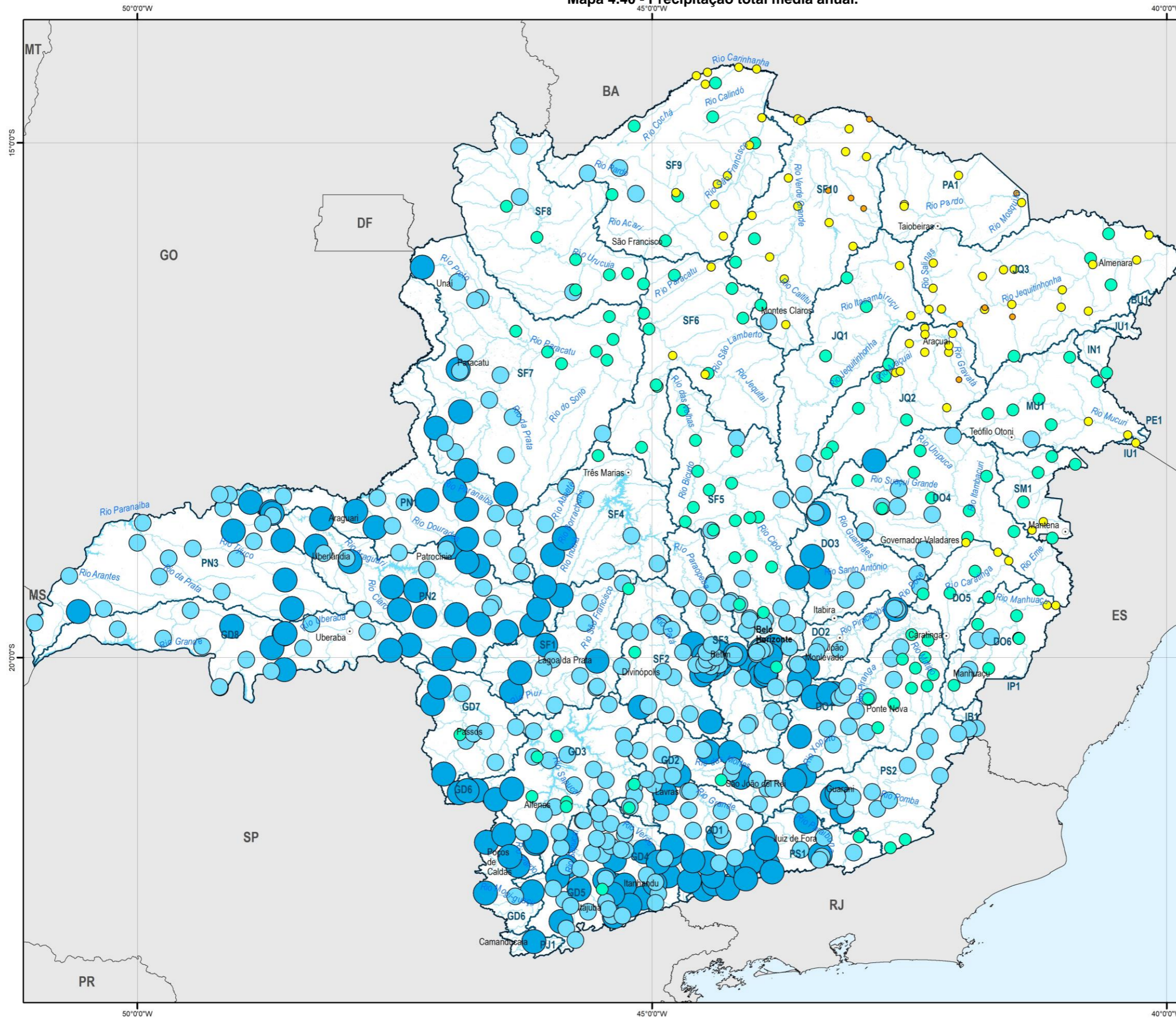
Quando observamos as faixas de valores mais altos, o destaque fica na porção Sul do território mineiro e algumas porções do Centro-Sul e Oeste do estado. As CHs PS1, GD1, GD4, GD5, GD6 e PJ1 apresentam parte relevante de suas estações na com os maiores valores, acima de 1500 mm, e o restante das estações na segunda faixa de valores, entre 1250 e 1500 mm, com poucas exceções.

Outro grupo de estações com valores mais altos é observado próximo à região metropolitana de Belo Horizonte, ocupando áreas das CHs SF2, SF3 e SF5 e, ainda, porções localizadas das CHs DO1 e DO2, nas áreas próximas à SF5. O terceiro grupo de estações com valores altos está localizado no Sudoeste do estado, especialmente nas CHs PN1 e PN2, junto à estações presentes nas CHs do entorno dessas duas.

Quando observamos os resultados em termos de precipitação mínima anual, apresentada no Mapa 4.41, a cena observada para precipitação média se mantém, mas com uma variação mais forte na UEG4 e na porção Centro-Sul da CH lindeira, SF5. Essa região apresenta estações com precipitação mínima abaixo dos 250 mm em quantidade maior que o Norte de Minas Gerais, indicando uma variabilidade maior que a observada no restante do estado.

Na observação da precipitação total máxima anual, pode-se notar que o padrão observado na precipitação média é mantido. Contudo, a mesma região que destoa do padrão nos resultados de precipitação mínima, apresenta três estações com os valores mais altos, acima de 4300 mm, localizadas nas CHs DO1, DO3 e DO6, o que corrobora com a observação de maior variabilidade nessa região. As demais regiões que apresentam valores máximos altos, também possuíam valores médios altos.

Mapa 4.40 - Precipitação total média anual.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



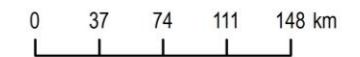
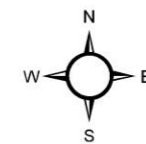
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Precipitação Total média anual

- 598 - 750
- 761 - 1000
- 1000 - 1250
- 1252 - 1500
- 1501 - 2071

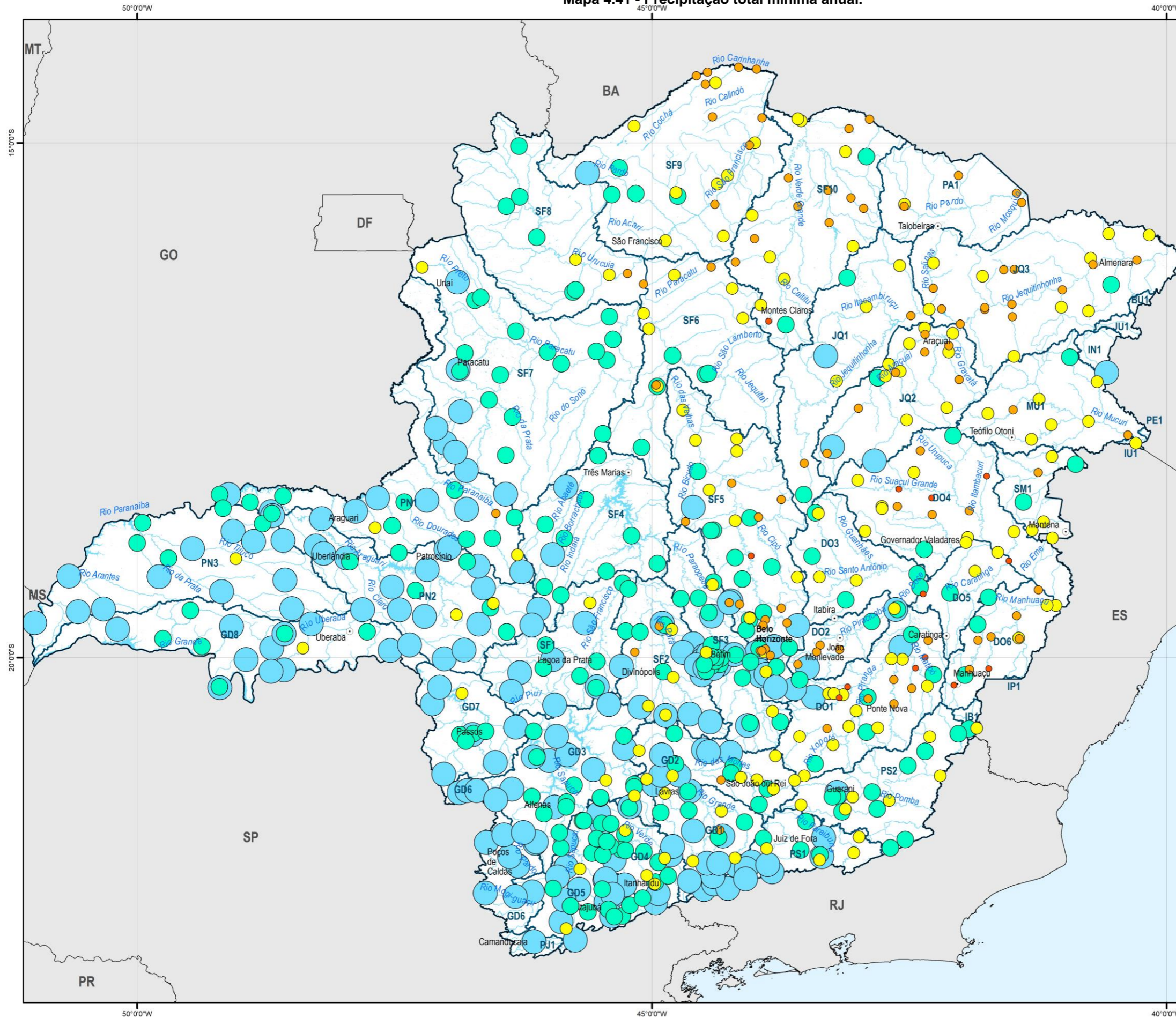
Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.41 - Precipitação total mínima anual.



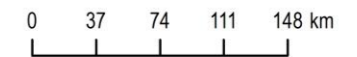
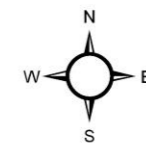
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Precipitação Total mínima anual**
- 126 - 250
 - 291 - 500
 - 502 - 750
 - 752 - 1000
 - 1000 - 1674

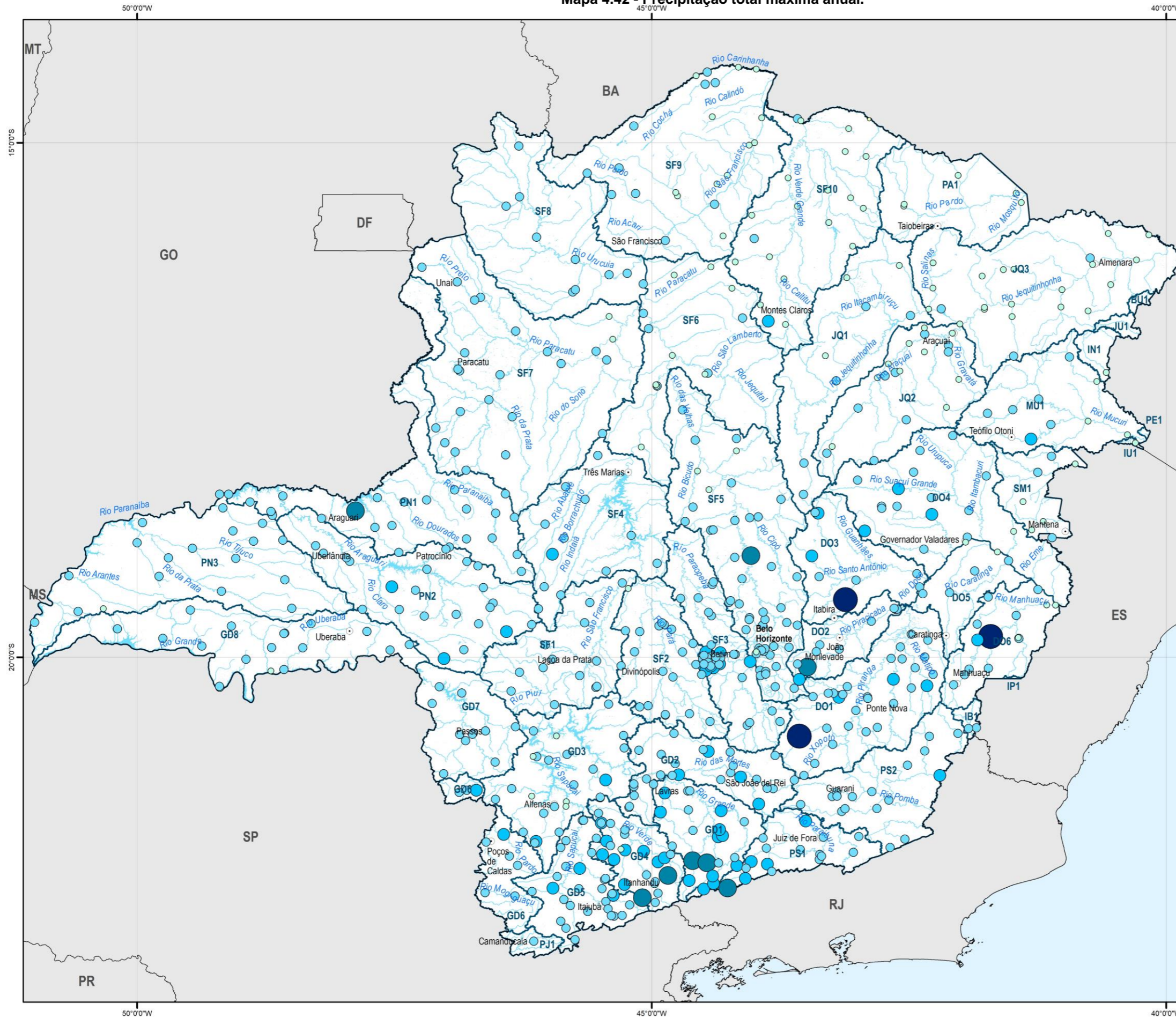
Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.42 - Precipitação total máxima anual.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



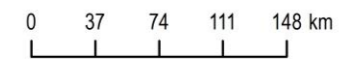
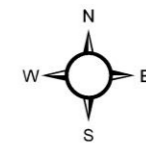
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Precipitação Total máxima anual

- 891
- 892 - 1500
- 1505 - 2500
- 2501 - 3000
- 3022 - 3500
- 4319 - 4689

Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Na análise do valor médio do número de dias consecutivos com chuva, podemos observar padrão parecido com o descrito para os valores totais de precipitação por ano, com valores maiores na porção Sul e valores menores na porção Norte do território mineiro, como pode ser observado no Mapa 4.43. Chama a atenção a concentração de estações que registram mais de 121 dias consecutivos nas porções Sul das CHs PS1 e GD1. Essa região também concentra valores altos de precipitação total média e máxima anual, como já observado.

Essa mesma região também apresenta estações com os maiores valores, acima de 100 dias quando observamos o valor mínimo do número de dias consecutivos com chuva, informação apresentada no Mapa 4.44. Contudo, na observação dessa variável a concentração dos maiores valores é menor, já que algumas estações das CHs GD2, GD3, GD5 e GD6 também apresentam estação com mais de 100 dias consecutivos.

Por outro lado, na avaliação dos dias com precipitação maior ou igual a 20 mm é identificada uma distribuição variada no território mineiro, mantendo o padrão de mais precipitação na porção Sul e menos na porção Norte, mas sem agrupamentos definidos que permitam destacar regiões. Essa distribuição pode ser observada no Mapa 4.45.

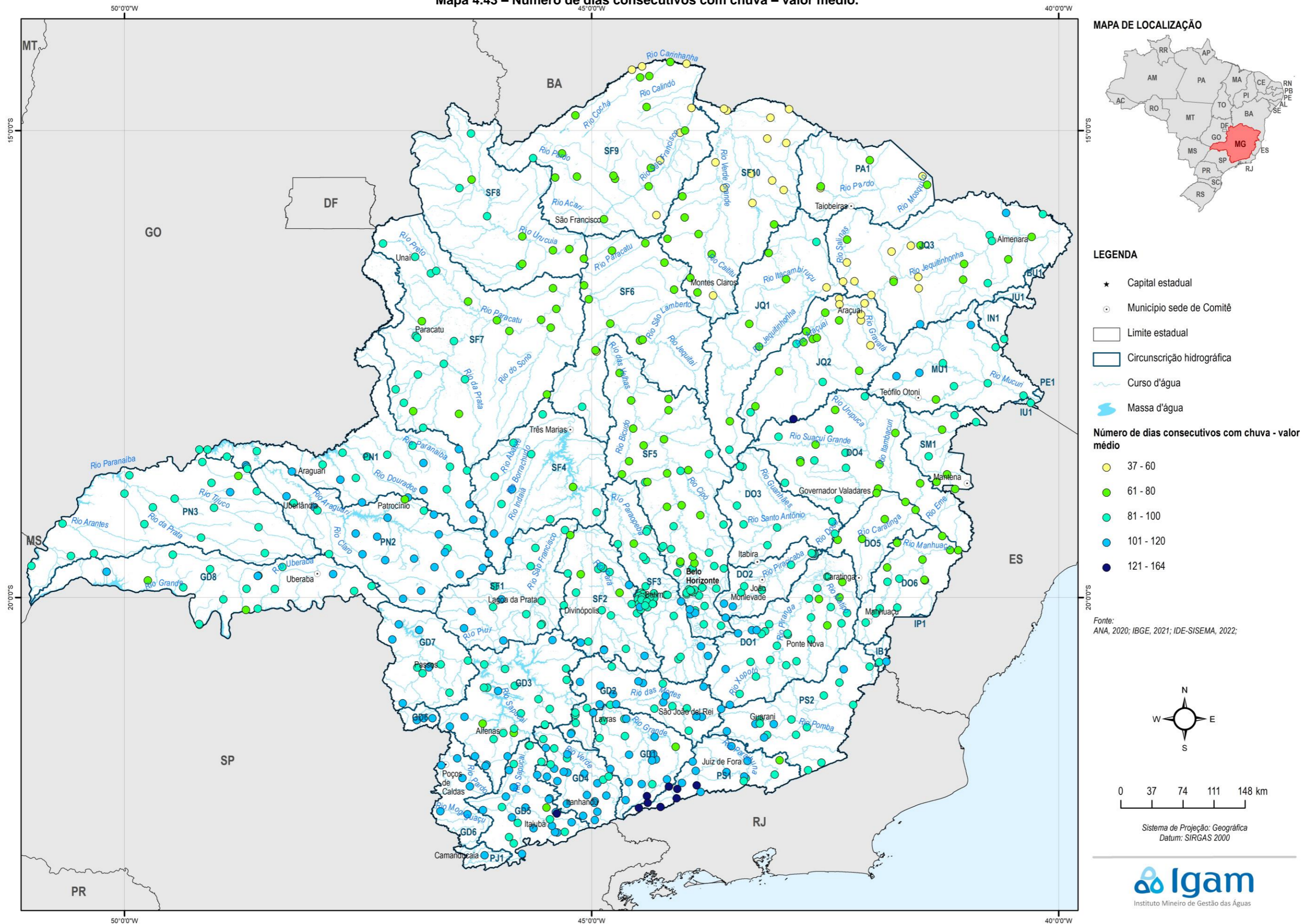
Quando tratamos do valor médio do número de dias consecutivos secos a porção Norte de Minas Gerais se destaca e, neste caso, sem compartilhar com regiões do Leste a concentração das estações com os maiores valores. De maneira geral, a bacia do Rio São Francisco é onde estão as estações com a maior quantidade consecutivos secos, especialmente a porção da bacia pertencente à UEG2. Há, também, porções da UEG1 - na porção Leste da CH SF4 e Norte da CH SF5 – e da UEG5 – nas CHs JQ1, JQ2 e porção Oeste da JQ3 – com concentração de estações com os maiores valores.

Ainda assim, as CHs SF9 e SF10 apresentam todas as estações com mais de 70 dias consecutivos secos observados. Na CH SF6 apenas uma estação não se enquadra nessa faixa, mas possui valor de 68 dias. O mesmo ocorre na SF8, sendo que a estação apresenta valor 70. Na SF7, CH localizada na porção sul da UEG2, são várias estações na faixa intermediária, entre 50 e 70 dias secos.

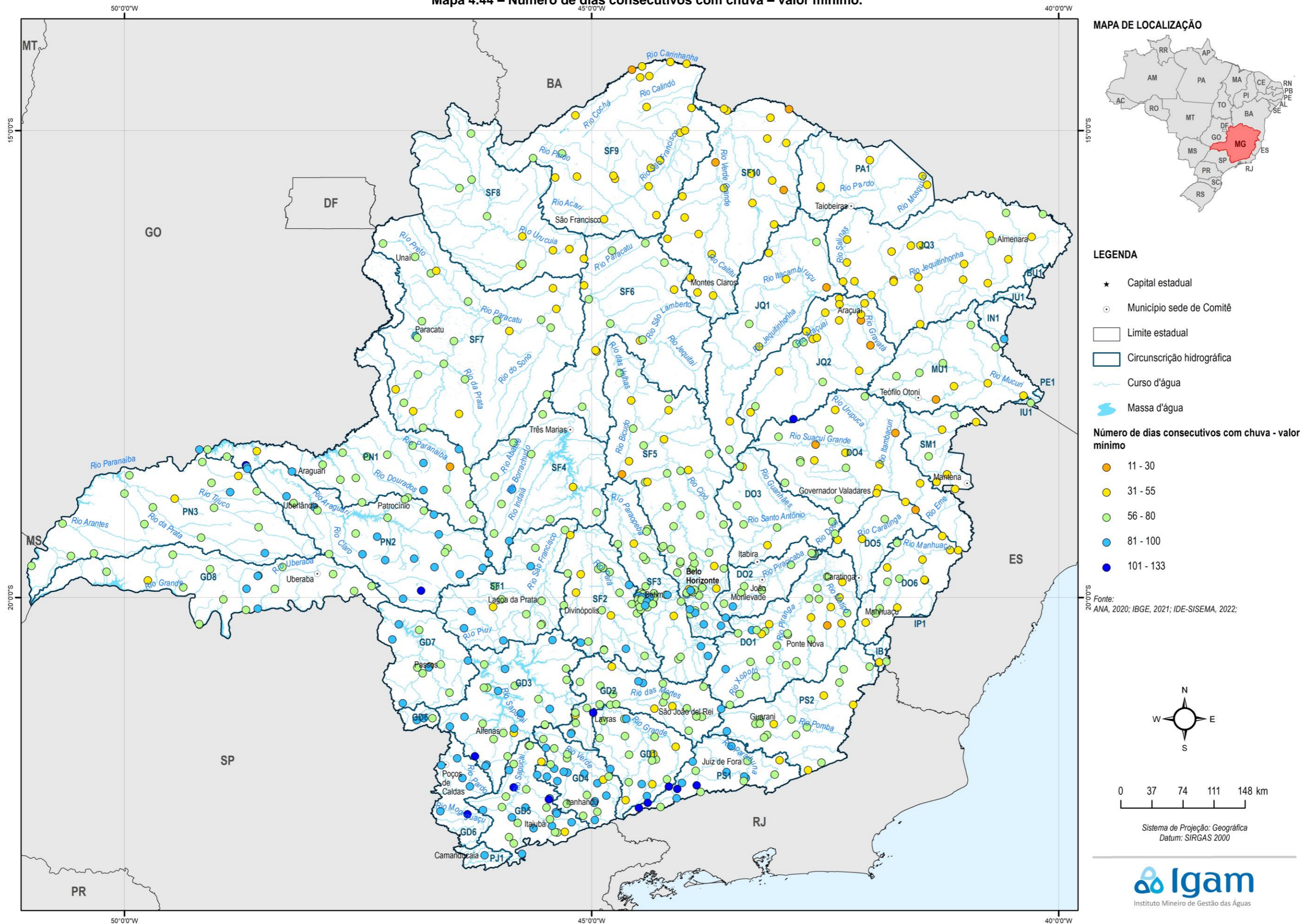
Na porção sul do estado, a maior parte das estações apresenta valores inferiores a 50 dias consecutivos secos. Na porção Leste, a maioria das estações apresenta valores de 30 a 70 dias, enquanto na porção Oeste a maioria das estações apresenta valores de 51 a 70 dias.

O Mapa 4.46 apresenta a distribuição dos valores médios de dias consecutivos secos para as estações.

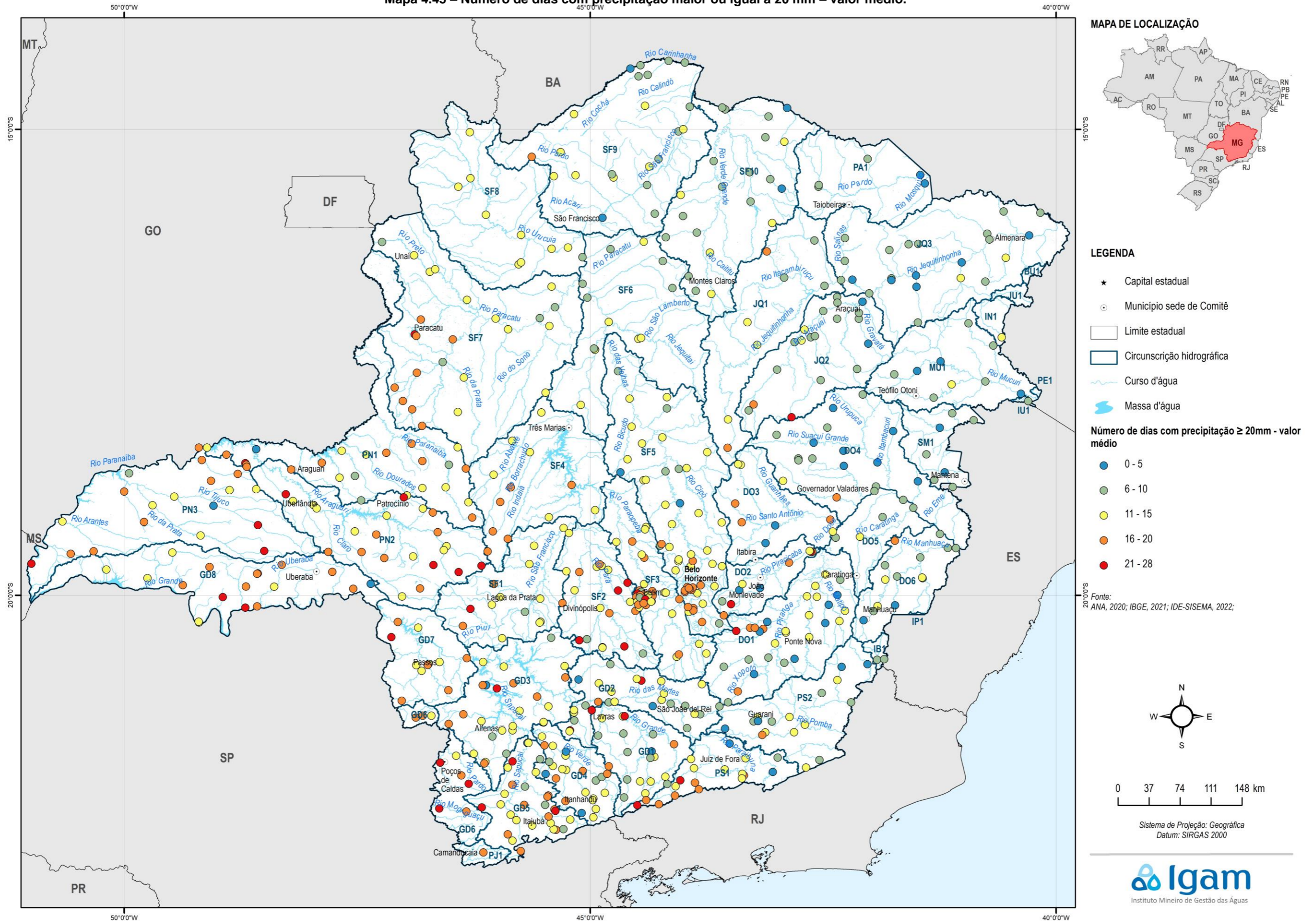
Mapa 4.43 – Número de dias consecutivos com chuva – valor médio.



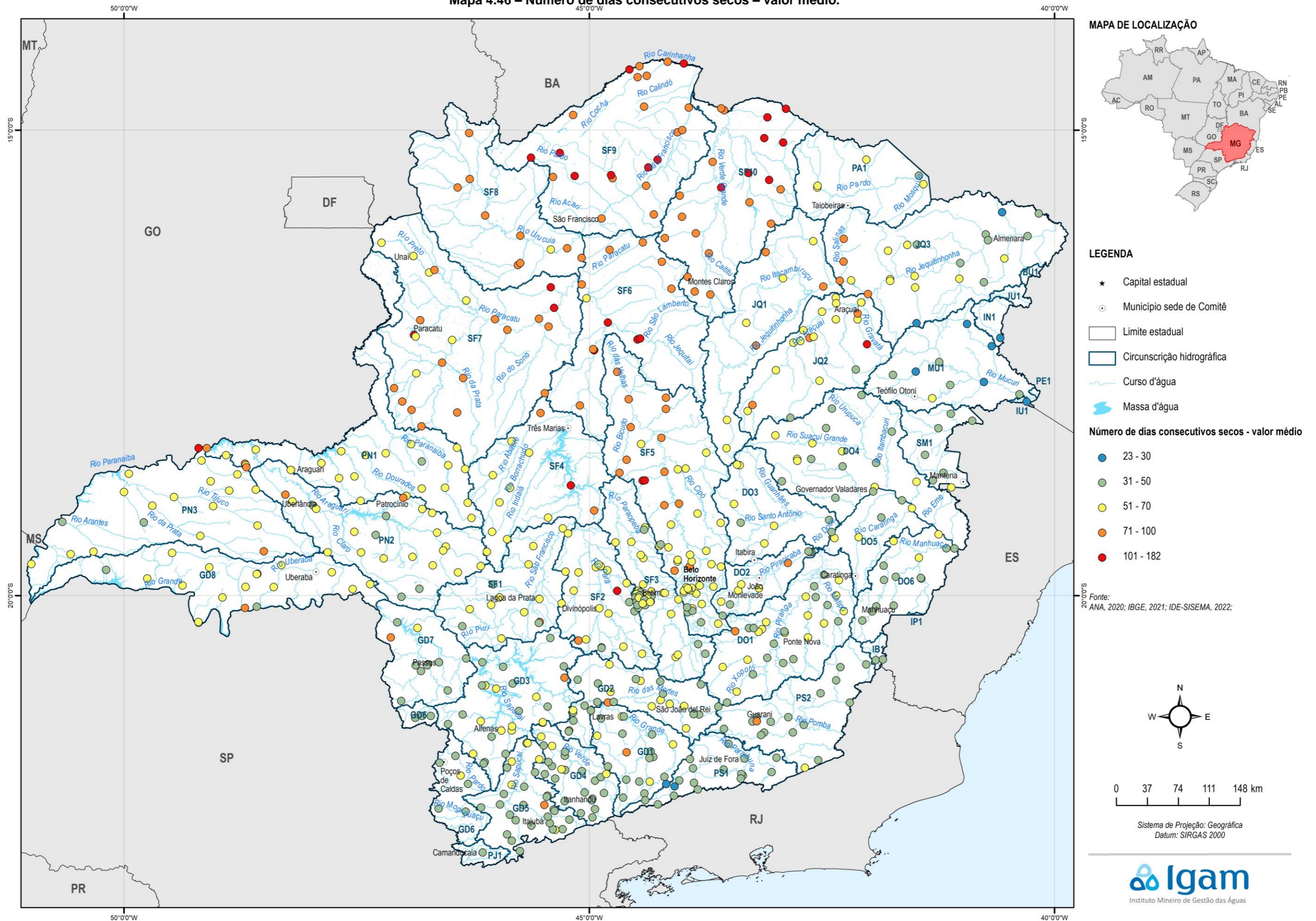
Mapa 4.44 – Número de dias consecutivos com chuva – valor mínimo.



Mapa 4.45 – Número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm – valor médio.



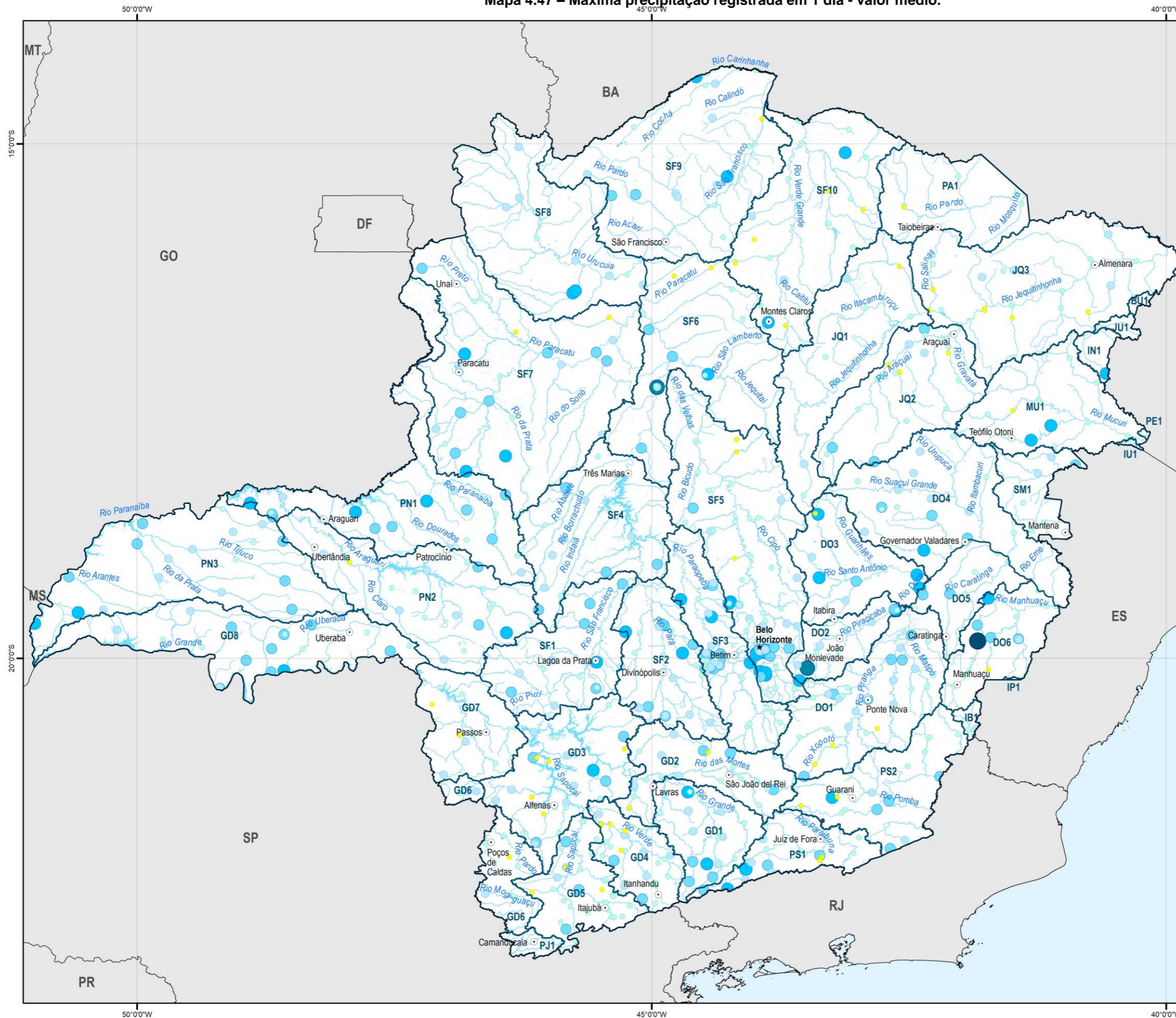
Mapa 4.46 – Número de dias consecutivos secos – valor médio.



Em termos de precipitação máxima registrada em um dia (valor médio), é possível notar que algumas estações se destacam das demais em regiões já citadas. O maior valor observado fica na CH DO6, onde também foi destacado valor de precipitação máxima anual, mas em estação diferente. Outros valores altos são observados na CH DO2, em sua porção sul e próximo a SF5; agrupamentos de estações com valores médios-altos são visualizados na porção Sul do território mineiro, nas CHs GD1 e PS1; região metropolitana de Belo Horizonte, nas CHs SF2, SF3 e SF5; na CH PN1 e entorno; na UEG4, especialmente sua porção central; e na porção centro sul da CH MU1 e da bacia IN1. Destaca-se uma estação na SF6 com valor 116 mm, o que é bastante alto quando comparado aos registros do entorno, contudo essa estação foi ativa de 1948 a 1954. O Mapa 4.47 apresenta a distribuição dos valores nas estações.

Ampliando o período e analisando a máxima precipitação registrada em 5 dias a porção Sul da região metropolitana de Belo Horizonte, especialmente a porção central da SF3 e Sul da SF5, somadas a porção Sul da DO2, apresentam um agrupamento de estações com registros de valores altos, superando os 200 mm. Nesta mesma região está a estação que registrou o maior valor, de 272 mm. Destacam-se além das regiões já citadas no parágrafo anterior: registro de 234 mm na CH GD4 e registro de 230 mm na SF10. O Mapa 4.48 apresenta a distribuição do valores de máxima precipitação registrada em 5 dias.

Mapa 4.47 – Máxima precipitação registrada em 1 dia - valor médio.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



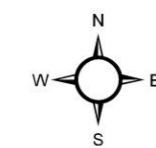
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Precipitação máxima em 1 dia (mm)

- 47 - 70
- 71 - 80
- 81 - 85
- 86 - 93
- 94 - 110
- 111 - 120
- 140

Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;

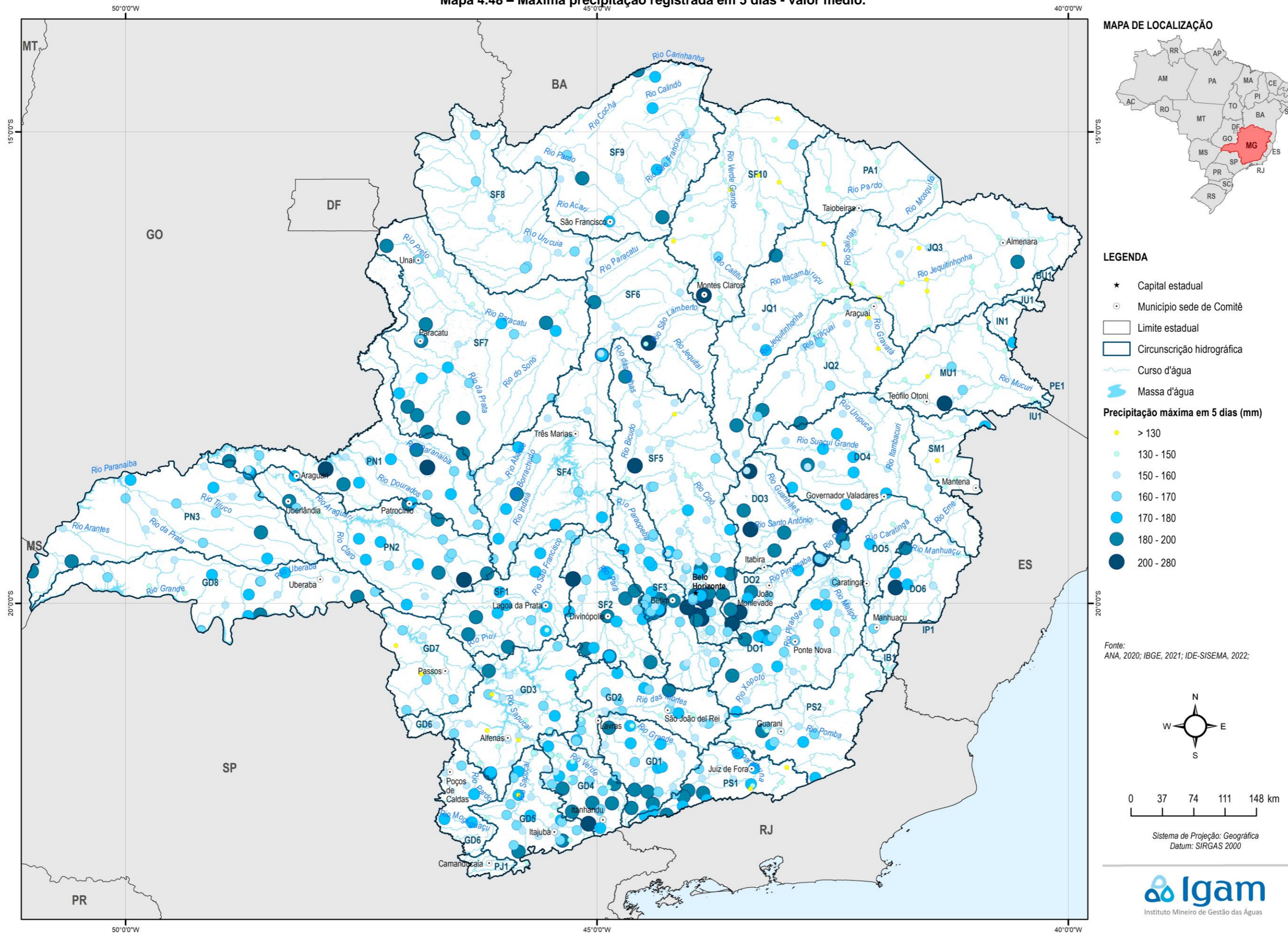


0 37 74 111 148 km

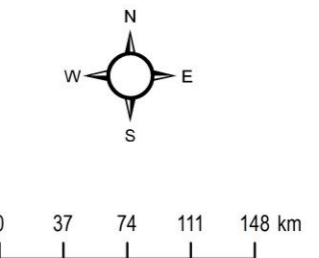
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.48 – Máxima precipitação registrada em 5 dias - valor médio.



Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



A análise dos dados de pluviosidade corrobora com os padrões observados no item 4.2.1, onde se identificou que a ocorrência dos eventos de baixa pluviosidade é maior na região Norte de Minas Gerais e a ocorrência de eventos relacionados a alta pluviosidade é maior na porção Sul. Trouxe, também, algumas relações de correspondência, como a visualização de pluviosidade elevada nas proximidades de Juiz de Fora, cidade que se destaca na região em termos de registros eventos extremos e pessoas afetadas; e na CH MU1 onde, apesar de estar numa região de precipitação total anual baixa, há eventos de chuvas volumosas em períodos de poucos dias, o que corrobora com os registros de até 75% dos eventos relacionados à alta pluviosidade.

Observa-se que a avaliação das ocorrências de eventos extremos é bastante aderente à análise dos dados de precipitação, agregando também informações sobre os impactos causados pelos eventos de alta e baixa pluviosidade.

4.2.1.3 Análise das séries históricas de vazão

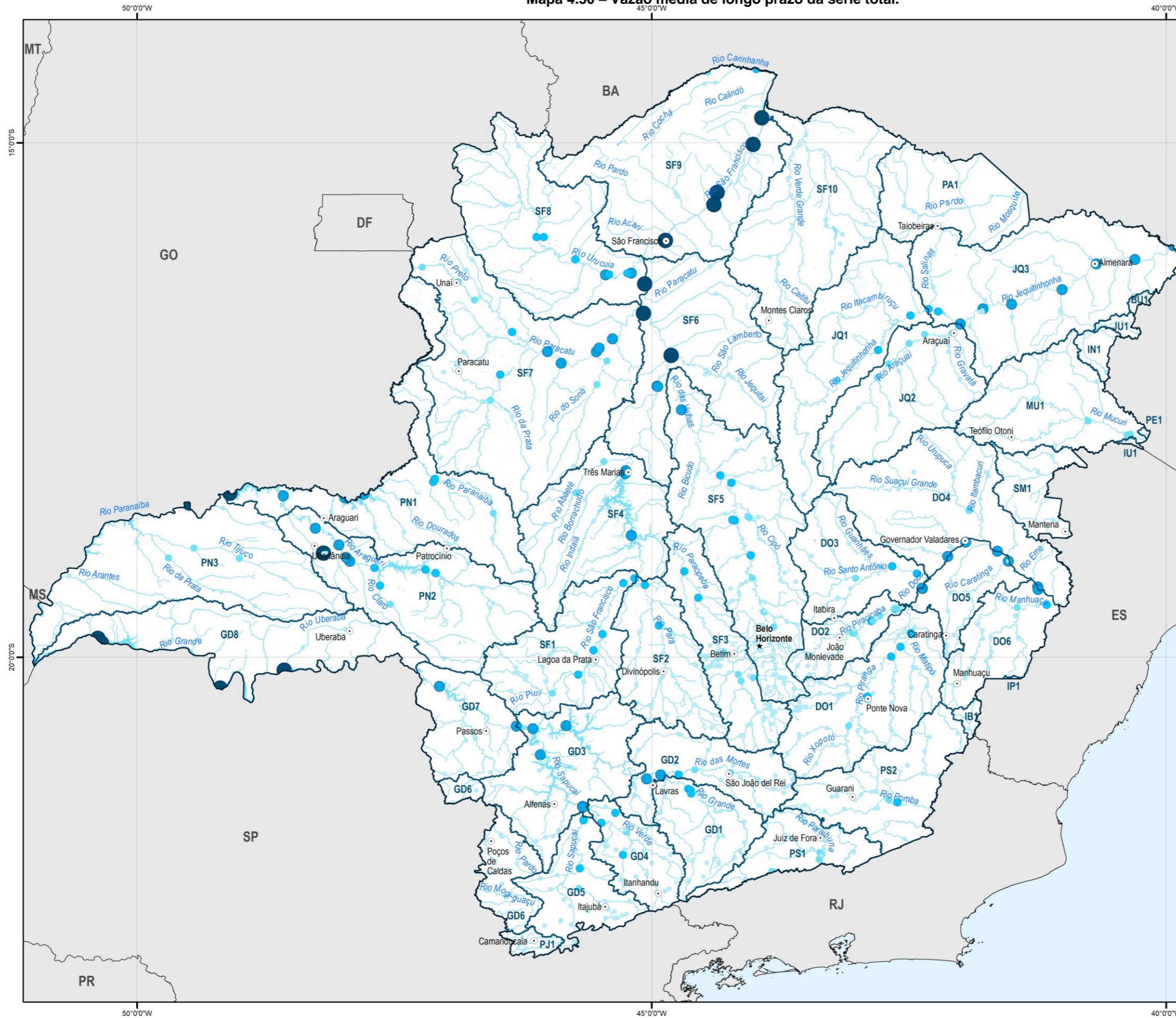
A análise das séries históricas de vazão inicia pela apresentação do tamanho da série histórica sem falhas, em anos, para as estações. É notável que a rede é mais densa e possui uma quantidade maior de estações com mais de 50 anos de observações na porção Sudeste do território mineiro, contudo, considerando também as estações com mais de 20 anos de observações, o restante das regiões do estado passa a ter cobertura relevante. O Norte é onde há uma densidade menor de estações e muitas das estações existentes possuem menos de 20 anos de observações sem falhas. Essa informação é apresentada no Mapa 4.49.

Quando analisamos as vazões médias de longo prazo considerando toda a série o destaque fica por conta dos grandes rios, como era esperado, especialmente o Rio São Francisco – ao Norte – e os Rios Paranaíba e Grande – a Oeste –, com vazões acima dos 1000 m³/s. Os Rios Jequetinhonha e Doce são os que se destacam nas regiões Nordeste e Leste, com vazões acima de 300 m³/s e 600 m³/s, respectivamente. No Sul, os destaques são para o Rio Grande e o Rio Sapucaí, afluente do Rio Grande, com vazões pouco abaixo de 300 m³/s. O Mapa 4.50 apresenta as vazões por estação.

Na análise de vazões mínimas de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos (considerando a distribuição de Weibull), observa-se a manutenção do padrão visualizado na vazão média, apesar do grande número de estação que não possuem essas informações devido ao tamanho da série não permitir o cálculo. Chama a atenção o resultado de 657 m³/s para a estação 44290002 na CH SF, localizada no Rio São Francisco, valor alto quando comparado às demais. Os demais destaques estão no Rio Grande e Paranaíba, no Oeste do estado. A grande maioria das estações apresenta valores entre 0 e 50 m³/s, sendo que todas as estações com vazão calculadas para as CHs SF10 e PA1 apresentam valor abaixo de 1 m³/s. O que corrobora com os resultados anteriores sobre a porção Norte do estado em relação a eventos de seca. Essas informações são apresentadas por estação no Mapa 4.51.

Complementando a análise, as vazões máximas apresentam padrão semelhante ao identificado nas vazões médias, mas com algumas variações: o Rio Jequetinhonha, no extremo Nordeste do estado, apresenta valores altos de vazão, chegando a 11.940 m³/s na estação 54810000; valor semelhante ao registrado na estação 56948000, localizada no Rio Doce, no Leste do estado. Esses valores, registrados nas CHs JQ3 e DO4 são superiores ao encontrados para os Rios Paranaíba e Grande e, também, para todo o restante do estado, destacando essas bacias para eventos de alta pluviosidade, especialmente a região do Jequitinhonha, que possui registros associados a secas.

Mapa 4.50 – Vazão média de longo prazo da série total.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

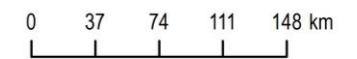
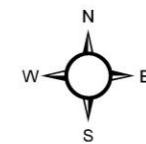
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Estações fluviométricas

Vazão média (m³/s)

- 0,0 - 50,0
- 50,1 - 100,0
- 100,1 - 250,0
- 250,1 - 1000,0
- 1000,1 - 2323,9

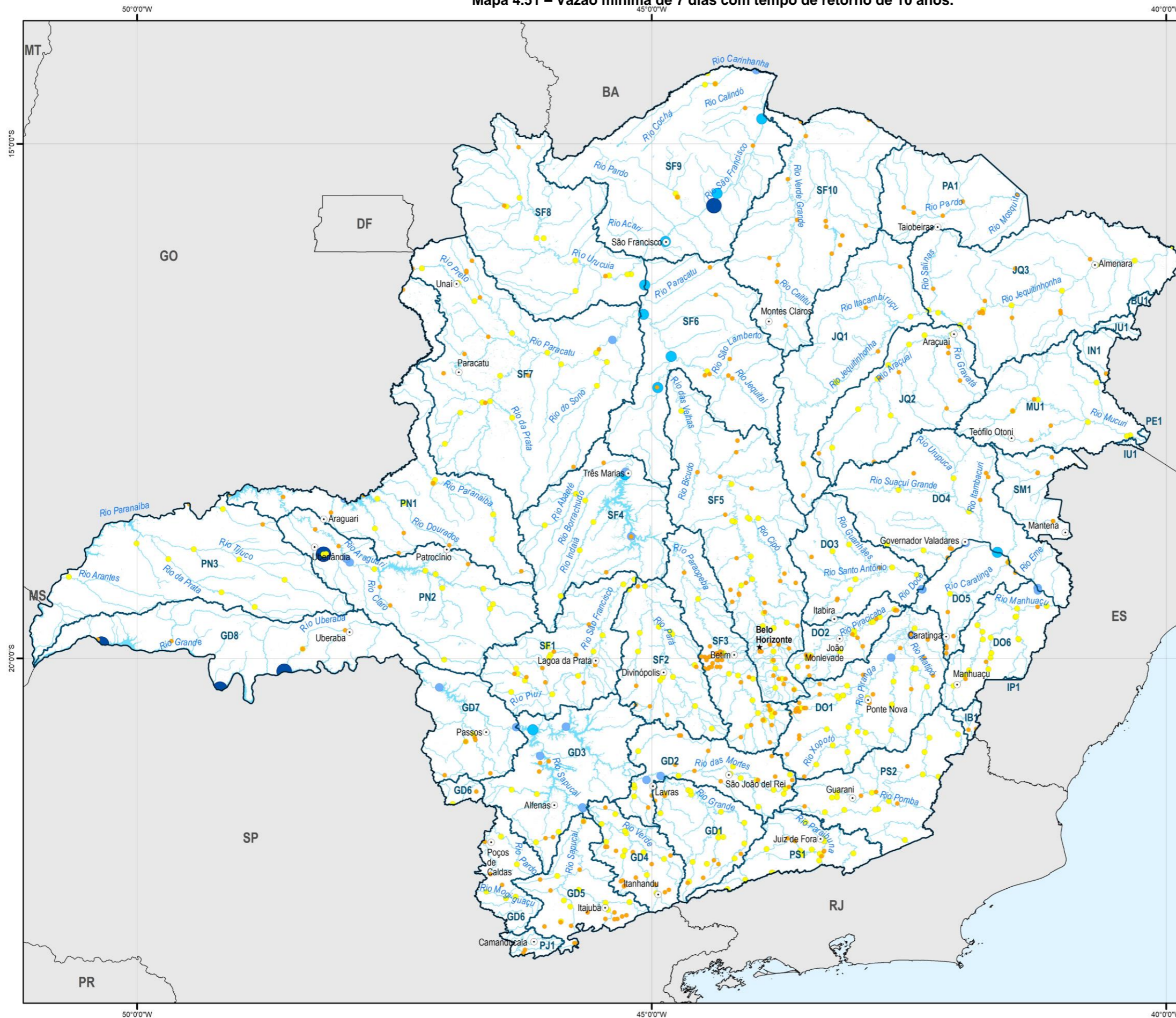
Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.51 – Vazão mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

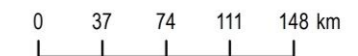
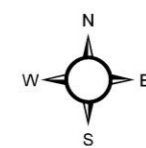
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Estações fluviométricas

Vazão mínima (m³/s)

- 0 - 1,0
- 1,1 - 50,0
- 50,1 - 200,0
- 200,1 - 500,0
- 500,1 - 1041,5

Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



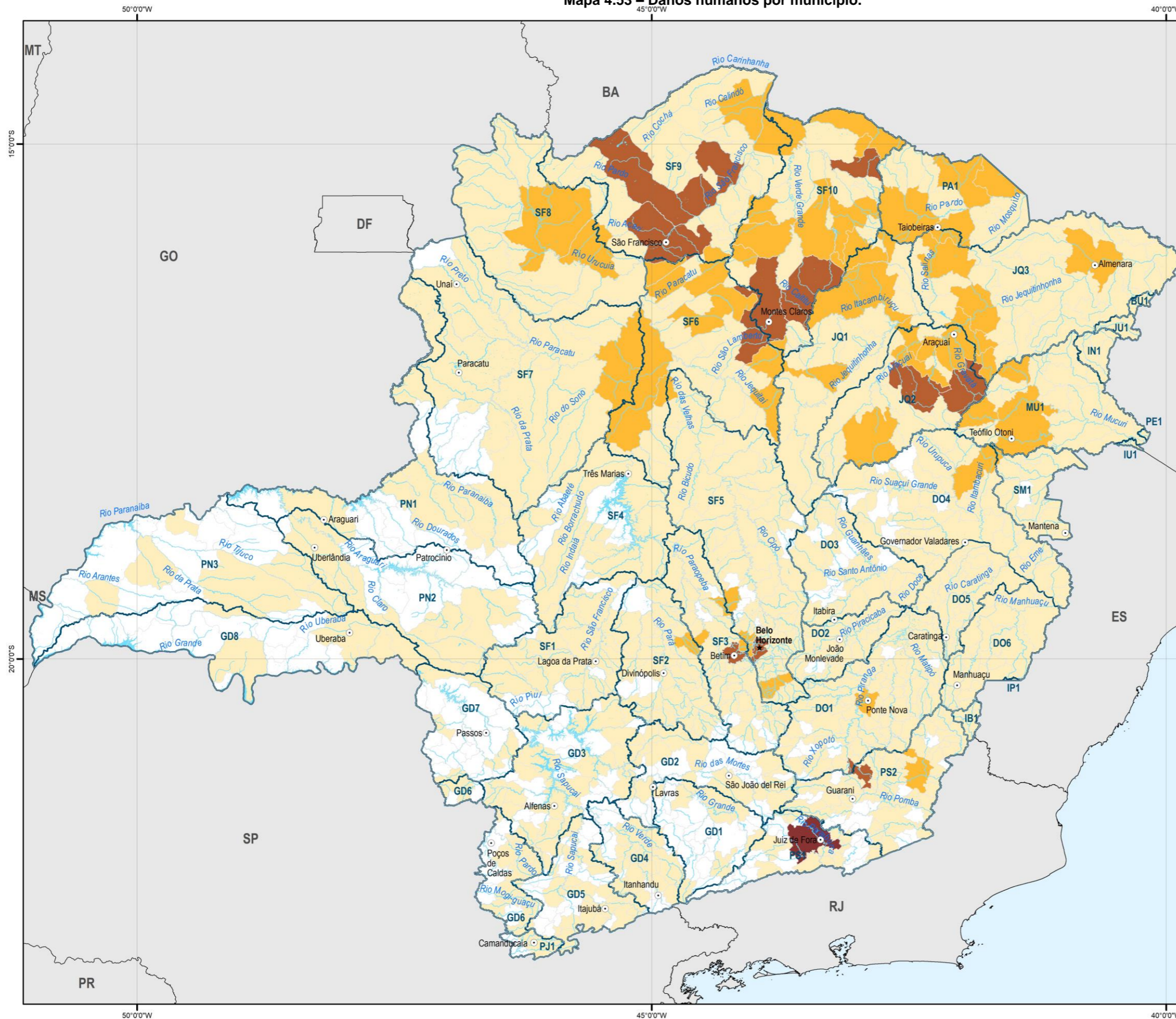
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



4.2.1.4 Danos humanos, danos materiais e prejuízos causados por desastres naturais

Visando o enfrentamento desses eventos extremos, devem ser consideradas no planejamento do estado as consequências que os desastres naturais causam em cada região. É importante conhecer não apenas os locais com maior probabilidade de ocorrência deles, mas também os que, quando atingidos, sofrem mais com os seus efeitos. Para isso, avaliou-se os danos humanos, danos materiais e prejuízos causados por desastres naturais, disponibilizados no S2ID, representados no Mapa 4.53, Mapa 4.54 e no Mapa 4.55 a seguir.

Mapa 4.53 – Danos humanos por município.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



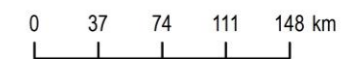
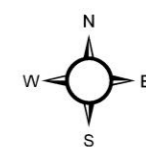
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Pessoas afetadas

- 0
- > 100.000
- 100.000 - 250.000
- 250.000 - 1.000.000
- > 1.000.000

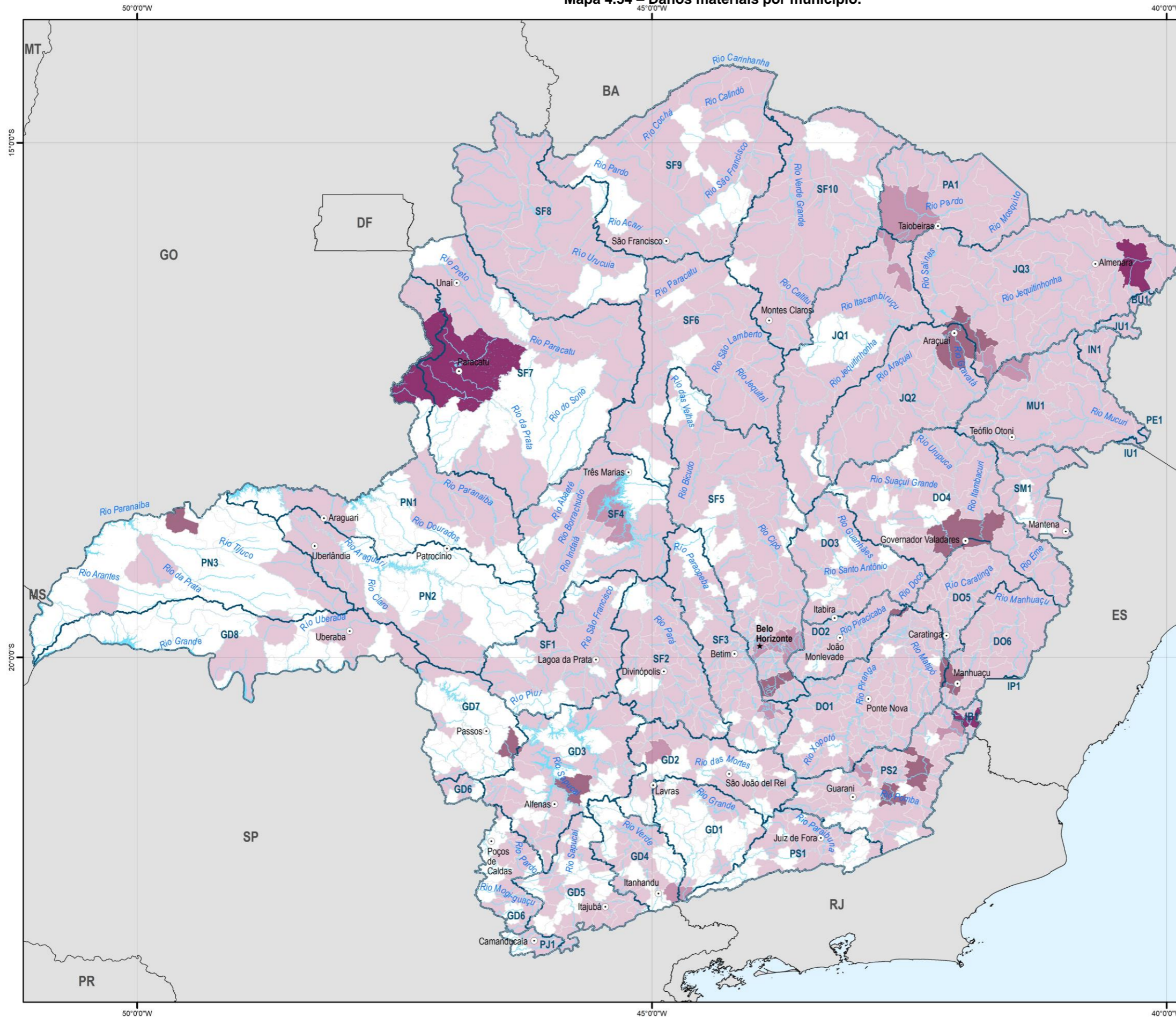
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.54 – Danos materiais por município.



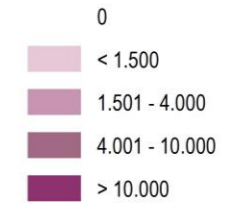
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



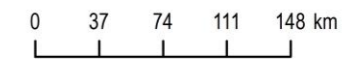
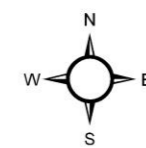
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Infraestruturas atingidas



Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Os danos avaliados consistem no total observado no período de 2013 a 2022. Assim, os totais são bastante relacionados a quantidade de desastres ocorridos em cada local. Para conhecimento do grau em que cada região é afetada, independentemente do número de eventos ocorridos, foram realizadas as médias de danos e prejuízos por desastre registrado em cada CH do estado. Os resultados foram divididos em cinco classes, o Quadro 4-7 contém os limites utilizados para cada classificação.

Quadro 4-7 – Limites das classes de danos humanos, danos materiais e prejuízos dos desastres naturais para avaliação por CH.

Classe	Danos Humanos (média de pessoas afetadas por desastre na CH)	Danos Materiais (média de infraestruturas atingidas por desastre na CH)	Prejuízos (média de prejuízos por desastre na CH)
Insignificante	Até 500	Até 20	Até 1,5 milhão
Pequena	De 500 a 1.000	De 21 a 50	De 1,5 a 5 milhões
Moderada	De 1.000 a 3.000	De 51 a 100	De 5 a 10 milhões
Grande	De 3.000 a 5.000	De 101 a 500	De 10 a 20 milhões
Catastrófica	Mais de 5.000	Mais de 500	Mais de 20 milhões

Fonte: elaboração própria.

No Quadro 4-8 estão apresentados os resultados de classificação por CH dos danos humanos, materiais e dos prejuízos em eventos extremos.

Quadro 4-8 – Classificação das CHs por consequências de desastres naturais, em danos humanos, danos materiais e prejuízos.

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Classe de Danos Humanos	Classe de Danos Materiais	Classe de Prejuízos
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Insignificante	Insignificante	Pequena
	SF2	Grande	Pequena	Catastrófica
	SF3	Catastrófica	Moderada	Moderada
	SF4	Pequena	Grande	Pequena
	SF5	Catastrófica	Moderada	Catastrófica
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Grande	Insignificante	Catastrófica
	SF7	Catastrófica	Catastrófica	Moderada
	SF8	Grande	Insignificante	Grande
	SF9	Catastrófica	Insignificante	Moderada
	SF10	Catastrófica	Insignificante	Catastrófica
3 Afluentes do Rio Grande	GD1	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	GD2	Moderada	Moderada	Pequena
	GD3	Moderada	Moderada	Moderada
	GD4	Pequena	Moderada	Pequena
	GD5	Pequena	Pequena	Insignificante
	GD6	Moderada	Insignificante	Insignificante
	GD7	Insignificante	Catastrófica	Insignificante
	GD8	Insignificante	Insignificante	Insignificante
4 Afluentes do Rio Doce	PJ1	Moderada	Pequena	Insignificante
	DO1	Moderada	Moderada	Pequena
	DO2	Moderada	Grande	Pequena
	DO3	Moderada	Pequena	Pequena
	DO4	Moderada	Pequena	Pequena
	DO5	Moderada	Pequena	Insignificante
5 Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	DO6	Grande	Grande	Moderada
	MU1	Grande	Pequena	Pequena
	SM1	Moderada	Insignificante	Grande
	JQ1	Grande	Insignificante	Pequena
	JQ2	Catastrófica	Pequena	Pequena
	JQ3	Grande	Moderada	Grande
	PA1	Grande	Pequena	Moderada
BU1	Moderada	Insignificante	Moderada	

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Classe de Danos Humanos	Classe de Danos Materiais	Classe de Prejuízos
	IN1	Pequena	Insignificante	Pequena
	JU1	Moderada	Pequena	Pequena
	PN1	Pequena	Pequena	Moderada
6 Afluentes do Rio Paranaíba	PN2	Insignificante	Grande	Insignificante
	PN3	Moderada	Catastrófica	Grande
	PS1	Catastrófica	Insignificante	Insignificante
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS2	Grande	Grande	Pequena
	IB1	Grande	Catastrófica	Grande

Fonte: elaboração própria, com base em S2ID (BRASIL, 2023c).

Para as classes apresentadas foi atribuída uma pontuação simples (de 1 a 5), possibilitando o cálculo da média entre as classes para cada CH. Com os resultados desse cálculo, as Circunscrições Hidrográficas com maiores pontuações, as que continham ao menos uma avaliação de consequência Catastrófica e outras de consequência Grande ou Moderada, receberam classificação final Catastrófica. Seguiu-se assim a classificação final das CHs, até as de consequência Insignificante que contempla apenas três delas. No Quadro 4-9 é apresentada a classificação final das CHs pelas consequências sofridas em cada uma devido a eventos extremos.

Quadro 4-9 – Classificação final das CHs por consequências dos desastres naturais.

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Classificação de consequências dos desastres naturais
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Insignificante
	SF2	Grande
	SF3	Grande
	SF4	Moderada
	SF5	Catastrófica
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Grande
	SF7	Catastrófica
	SF8	Moderada
	SF9	Moderada
	SF10	Grande
3 Afluentes do Rio Grande	GD1	Insignificante
	GD2	Moderada
	GD3	Moderada
	GD4	Pequena
	GD5	Pequena
	GD6	Pequena
	GD7	Pequena
	GD8	Insignificante
4 Afluentes do Rio Doce	PJ1	Pequena
	DO1	Moderada
	DO2	Moderada
	DO3	Pequena
	DO4	Pequena
	DO5	Pequena
	DO6	Grande
5 Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	MU1	Moderada
	SM1	Moderada
	JQ1	Pequena
	JQ2	Moderada
	JQ3	Grande
	PA1	Moderada
	BU1	Pequena
	IN1	Pequena
6 Afluentes do Rio Paranaíba	JU1	Pequena
	PN1	Pequena
	PN2	Pequena
	PN3	Catastrófica

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Classificação de consequências dos desastres naturais
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	Pequena
	PS2	Grande
	IB1	Catastrófica

Fonte: elaboração própria, com base em S2ID (BRASIL, 2023c).

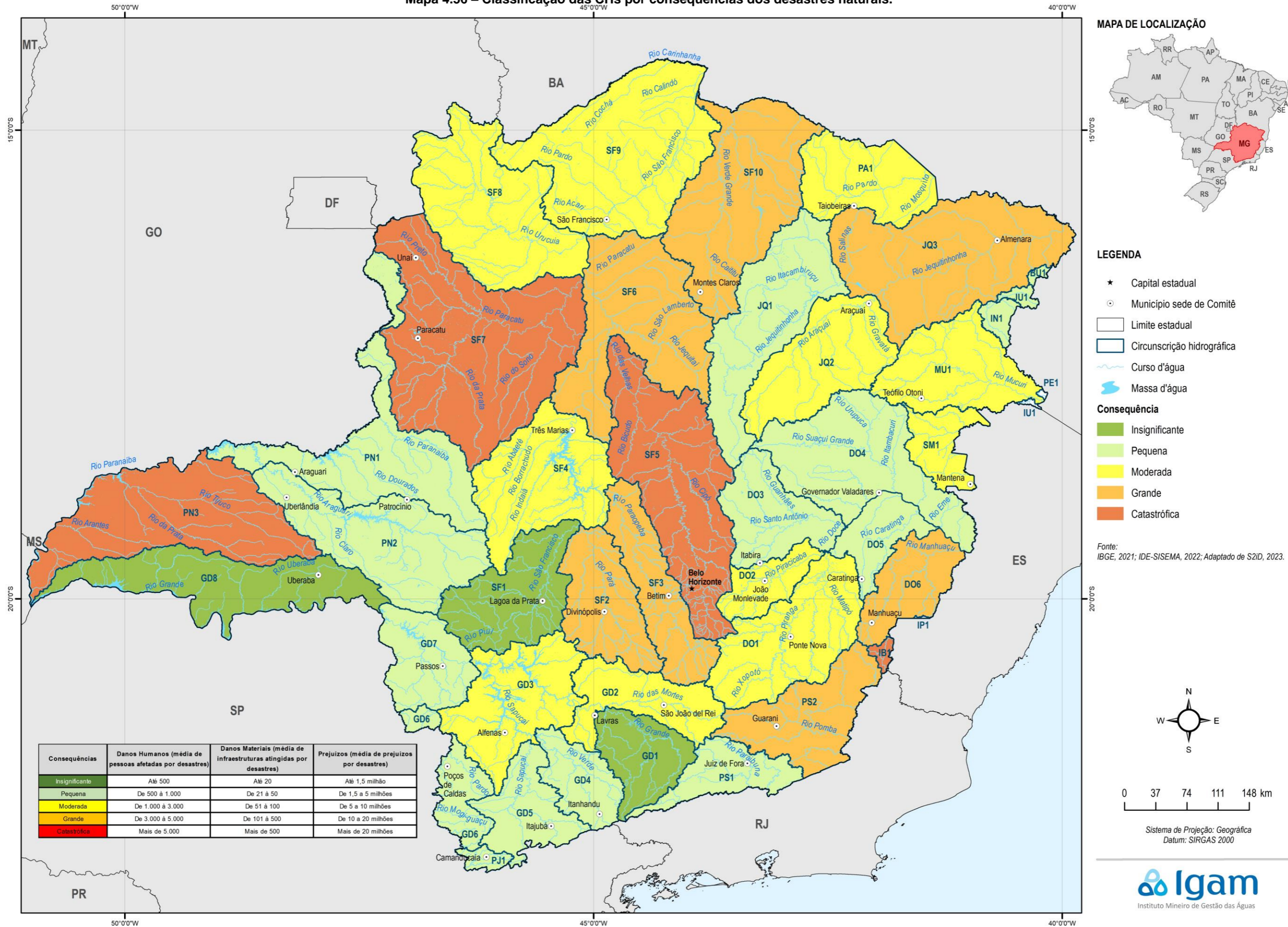
Há uma concentração de maiores consequências causadas por eventos extremos na área da Região Metropolitana de Belo Horizonte, principalmente na SF5, na SF2 e SF3. De forma geral, toda a região dos Afluentes do Alto e Médio Rio São Francisco possuem consequências moderadas, grandes ou catastróficas de desastres naturais, sendo exceção apenas a SF1, que está mais próxima ao sudoeste do estado.

Entre os Afluentes do Rio Grande, quase todas as CHs possuem consequências pequenas geradas por eventos extremos, apenas a GD2 e GD3 – mais próximas ao centro do estado – apresentam classificação Moderada. O mesmo comportamento é observado na UEG dos Afluentes do Rio Doce, sendo exceção a DO6, que compreende a porção mais a jusante dessa bacia em Minas Gerais.

No nordeste do estado há uma quantidade significativa de CHs classificadas com consequência Moderada, sendo a do Rio Mucuri, do Rio São Mateus e do Rio Pardo, além da JQ2, afluente do Rio Jequitinhonha. A JQ3, porção mais a jusante da bacia do Jequitinhonha no território mineiro, possui consequências grandes dos desastres naturais.

Na UEG6 apenas a PN3 apresentou consequências catastróficas devido a desastres naturais, associadas principalmente aos danos materiais e prejuízos. Por sua vez, a UEG7 possui classificações diferentes em cada CH, sendo Catastrófica na IB1. Esses resultados são expostos também no Mapa 4.56.

Mapa 4.56 – Classificação das CHs por consequências dos desastres naturais.



4.2.2 Projeção sobre a recorrência dos eventos extremos

Os Relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentam um conjunto de evidências sobre a ocorrência de eventos extremos em várias partes do mundo, especialmente nos países menos desenvolvidos de clima tropical. O relatório destaca que as “*mudanças extremas no clima e eventos climáticos extremos têm sido observados desde a década de 1950*” (IPCC, 2014).

Segundo o 6º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), o território mineiro não está imune aos impactos das mudanças climáticas. Os cenários para o Estado mostram que deverá haver um aumento de temperatura nas microrregiões que podem variar entre 2 e 5°C (FEAM, 2015).

As projeções são de que, assim como já é observado no estado, ocorra aumento das temperaturas médias e máximas e aumento de estiagens e secas. As precipitações extremas, que eram observadas mais na porção sul do estado, considerando-se que os dados dos estudos analisados (IPCC, 2022) são anteriores a 2021, deverão passar a ocorrer também na porção norte e nordeste do estado, fato que já foi observado no ano de 2022. A mesma tendência ocorre para eventos de inundação e deslizamentos. Essas mudanças afetarão não só os biomas e as espécies de fauna (animais) e flora (plantas) como também terão impactos na saúde (como exemplo, o aumento do índice de doenças infecciosas) e nas diversas atividades humanas, principalmente na agropecuária (FEAM, 2015; REBOITA *et al.*, 2018).

Cabe ressaltar que não está claro se estas variabilidades são resultantes de alterações meteorológicas ou de uso do solo. Possivelmente, ambos os fatores estejam interligados e tenham suas contribuições. Neste caso, o que cabe considerar nas estratégias é que existe a possibilidade de retorno de grandes estiagens, bem como das chuvas intensas, e que há estudos demonstrando tendências de aumento na frequência desses eventos, mesmo que de longo prazo, tonando ações de mitigação de impacto parte central em um planejamento para a ampliação da segurança hídrica (FEAM, 2011; IPCC, 2014; FEAM, 2015; NAVIDADE 2015; REBOITA, 2018).

Com base em todo o diagnóstico sobre registros de eventos, avaliação dos dados de séries históricas de estações fluviométricas e pluviométricas, foi possível extrair conclusões sobre as características regionais do estado de Minas Gerais, onde e como os eventos ocorreram no passado recente.

Então, neste item são feitas algumas considerações sobre as tendências na ocorrência de eventos extremos, uma vez que os dados de pluviosidade e vazão corroboram com as conclusões extraídas da análise do registro de eventos. O que enseja que projeções de tendências sejam realizadas, buscando também avaliar onde essas variações causam impactos e prejuízos.

A partir dos registros históricos de pluviosidade surge o questionamento quanto a possíveis tendências de aumento ou diminuição de chuvas nas Circunscrições Hidrográficas do estado. Dessa forma buscou-se metodologias de projeção de eventos extremos baseadas na pluviosidade observada. Em linhas gerais, a projeção sobre a recorrência dos eventos extremos pode ser realizada utilizando dois tipos de informação: as projeções climáticas

futuras dos Modelos Climáticos Globais (MCGs) e as eventuais mudanças identificadas nos registros históricos das variáveis hidroclimatológicas monitoradas (ANA, 2019a).

Com relação ao primeiro tipo de informação, é importante ressaltar que o nível de incerteza entre os diferentes modelos nos primeiros anos da projeção (por exemplo até 2035) é alto, de modo que para horizontes de planejamento não muito longos, é difícil obter algum sinal de mudança convergente que possibilite internalizar tal comportamento no planejamento (ANA, 2019a).

Desse modo, no presente estudo optou-se por utilizar a segunda opção, uma vez que ela considera eventuais comportamentos de mudanças que já estão presentes nos registros históricos. Ainda assim, cabe mencionar que para horizontes de planejamento não tão longos, essa evolução de forma geral não varia significativamente. Mesmo assim, eventuais variabilidades e persistência de curto e longo prazo estão melhor caracterizadas nas séries temporais observadas do que nos resultados dos MCGs.

Existem diferentes técnicas que podem ser utilizadas para diagnosticar tendências e/ou variações hidrometeorológicas em séries temporais. Nesse sentido, realizou-se a avaliação estatística de tendências em dados de estações fluviométricas e pluviométricas com registros para o Estado de Minas Gerais. Na consolidação das séries históricas, considerou-se a disponibilidade de dados em anos hidrológicos, entre 1º de outubro e 30 de setembro (Guimarães e Alves, 2023) e em cada mês do ano.

Para as séries históricas de estações fluviométricas, foram selecionadas estações com no máximo 85% de falhas nos meses (25 ou mais dias com dados) e nos anos (10 ou mais meses com dados). Dentre essas, selecionou-se séries com no mínimo 30 anos de dados, de acordo com a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2017). Desse modo, foram selecionadas séries de 169 estações fluviométricas, que possuem 34 a 98 anos hidrológicos, sendo que o ano final das séries está entre 2018 e 2022.

Dentre os dados de estações pluviométricas, foram selecionadas as séries históricas com no mínimo 30 anos hidrológicos sem falhas, em que o ano final da série estivesse entre 2013 e 2022. Dessa forma, séries para 304 estações foram consideradas, que possuem entre 30 e 79 anos hidrológicos.

Para analisar as séries, utilizou-se o Teste Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), adequado para avaliar se dados de séries temporais apresentam tendências consistentes e estatisticamente significativas de acréscimo ou decréscimo (monotônica) em seus valores. O teste é não paramétrico, de modo que é adequado para trabalhar com dados ambientais, que podem apresentar distribuições de probabilidade diferentes da normal. O método também é robusto e adequado para trabalhar com outliers, uma vez que é baseado em rankings, e não no valor absoluto das variáveis. A aplicação consiste em comparar cada valor da série histórica com os demais e contabilizar a frequência em que os termos restantes são maiores que o valor analisado.

O teste de Mann Kendall é calculado com base na estatística S, obtida pela soma de todas as contagens da série de dados, sendo x_j e x_k os valores nos respectivos períodos j e k .

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signal}(x_j - x_k)$$

Na equação acima, o sinal é obtido com base na seguinte regra:

$$\text{signal} = \begin{cases} 1, & \text{se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

Dessa forma, se $S > 0$, o valor das observações no final da série temporal tende a ser maior do que os valores no início da série, enquanto o contrário é verdadeiro caso $S < 0$. A variância de S é definida por:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n-5) - \sum_p t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

Onde p abrange o grupo de rankings iguais entre os valores e t_p é o número de vezes (frequência) em que um ranking p é identificado. Dessa forma, o teste estatístico de Mann Kendall pode ser estimado pela seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Com base no valor de Z_{MK} , a significância estatística de S pode ser determinada. Para testar a tendência (positiva ou negativa), adotando um determinado nível de significância, a hipótese nula é aceita se Z é menor que $Z_{1-p/2}$, que é obtido na tabela normal (para séries com mais de 10 elementos). Dessa forma, o Quadro 4-10 resume a interpretação dos resultados do teste Mann-Kendall.

Quadro 4-10 – Interpretação do teste de Mann-Kendall, para um nível de significância $\alpha = 0,05$.

Estatística S	p-valor	tendência
$S > 0$	$p < 0,05$	crescimento
$S > 0$	$p > 0,05$	sem tendência
$S = 0$	-	sem tendência
$S < 0$	$p > 0,05$	sem tendência
$S < 0$	$p < 0,05$	decréscimo

Fonte: elaboração própria.

O teste de Mann-Kendall possui aplicação recorrente e abrangente em análises de tendência em variáveis climáticas e hidrológicas (HAMED, 2008; SANTOS et al., 2010; FERNANDES et al. 2022). Esse método é considerado o mais apropriado para analisar tendências climáticas em séries climatológicas, segundo Goossens e Berger (1986). Considerando a elevada quantidade de dados nas estações fluviométricas e pluviométricas no Estado de Minas Gerais,

a análise foi desenvolvida a partir da linguagem Python, com base no pacote pyMannKendall (HUSSAIN e MAHMUD, 2019), através de rotinas de automatização.

Dessa forma, os registros de vazão e precipitação foram consolidados em indicadores ao longo dos anos hidrológicos e dos meses do ano, para posterior aplicação do Teste Mann-Kendall. O Quadro 4-11 apresenta os indicadores e períodos selecionados para a aplicação do método proposto.

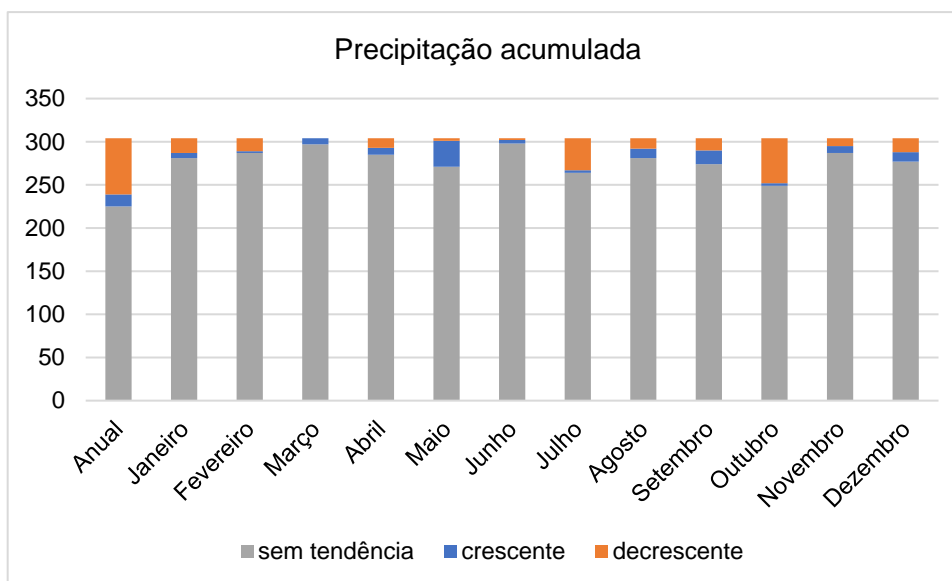
Quadro 4-11 – Indicadores selecionados para a avaliação de tendências com o Teste Mann-Kendall.

Estação	Indicador	Período
Pluviométrica	Precipitação acumulada total	Ano hidrológico e mensal
Pluviométrica	Precipitação diária máxima	Ano hidrológico e mensal
Pluviométrica	Número de dias com chuva	Ano hidrológico e mensal
Pluviométrica	Número de dias consecutivos sem chuva	Ano hidrológico
Pluviométrica	Número de dias com precipitação ≥ 20 mm	Ano hidrológico
Pluviométrica	Precipitação máxima em cinco dias consecutivos	Ano hidrológico
Fluviométrica	Vazão máxima	Ano hidrológico
Fluviométrica	Vazão média	Ano hidrológico e mensal

Fonte: elaboração própria.

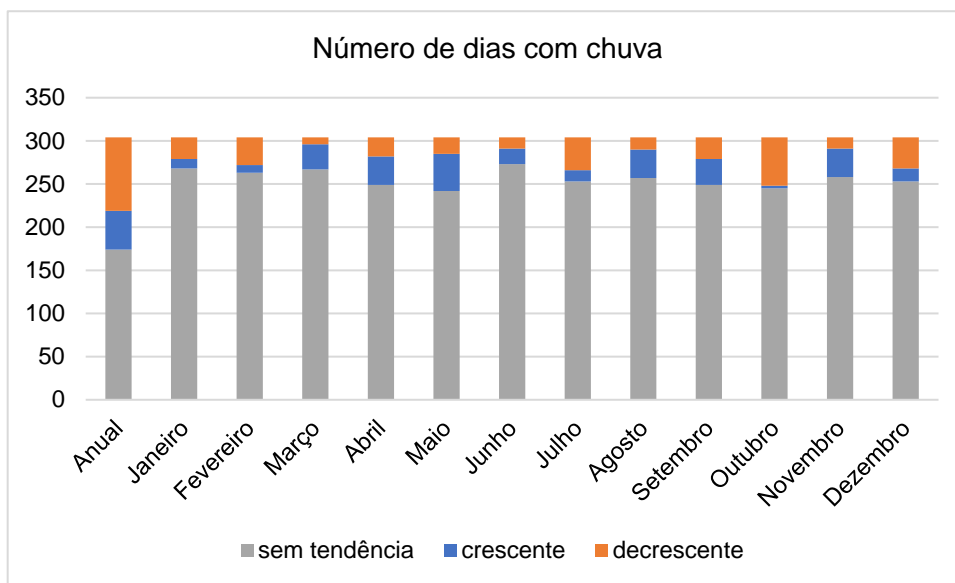
Os indicadores relacionados à precipitação não apresentaram uma tendência estatística em grande parte das estações analisadas. Nas estações com alguma tendência identificada, a maior parte indica redução ao longo dos anos, ou seja, uma tendência decrescente. Nos gráficos abaixo são expostos os resultados totais para o estado em cada um dos indicadores listados no Quadro 4-11.

Figura 4.5 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação acumulada anual e mensais.



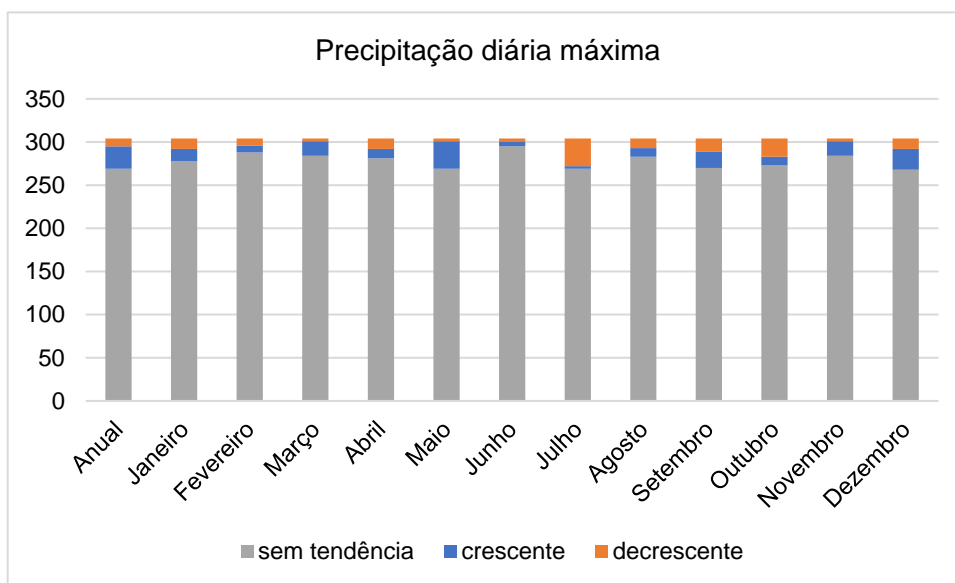
Fonte: elaboração própria.

Figura 4.6 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva anual e mensais.



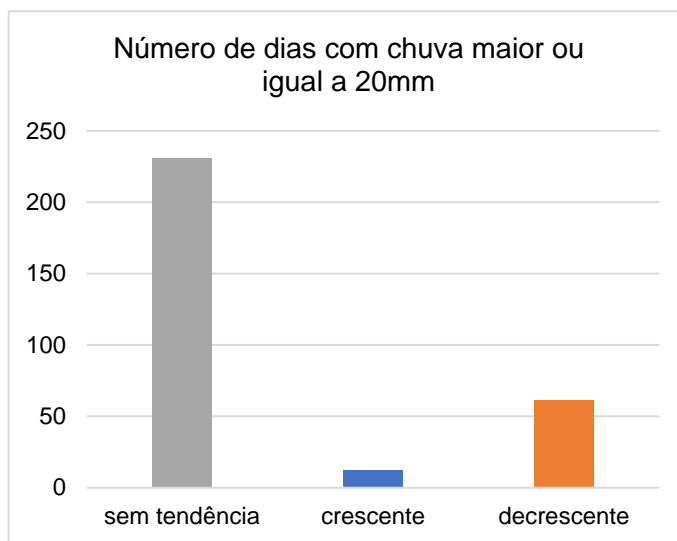
Fonte: elaboração própria.

Figura 4.7 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação diária máxima anual e mensais.



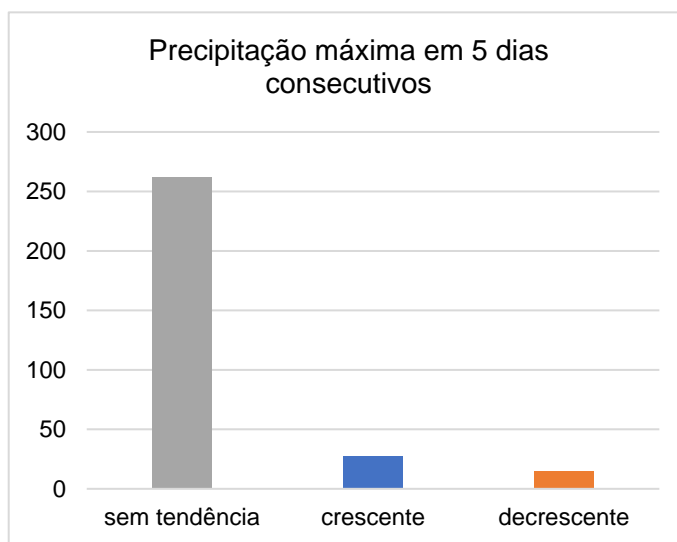
Fonte: elaboração própria.

Figura 4.8 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico.



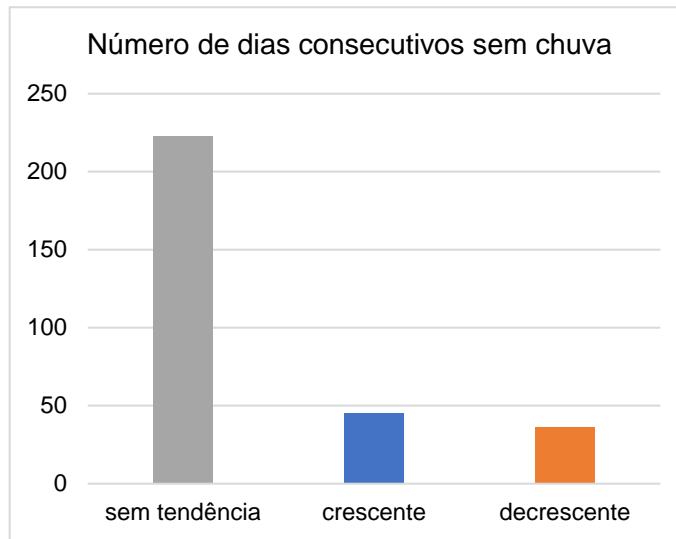
Fonte: elaboração própria.

Figura 4.9 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico.



Fonte: elaboração própria.

Figura 4.10 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias consecutivos sem chuvas no ano hidrológico.



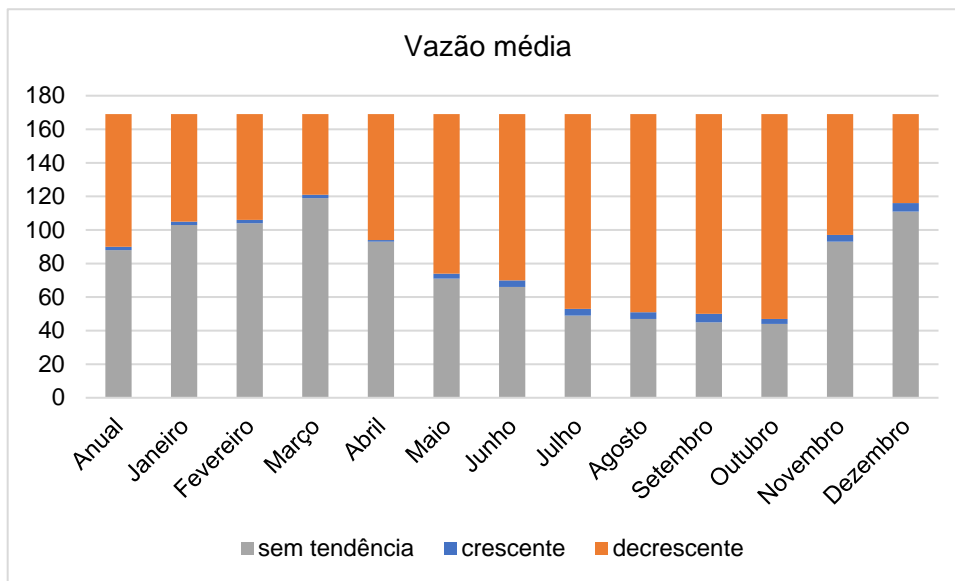
Fonte: elaboração própria.

A partir dos resultados gerais apresentados da Figura 4.5 à Figura 4.10, observa-se que em todos os indicadores mais da metade das estações não apresentou tendência na precipitação. Dentre as tendências identificadas, na maior parte dos indicadores predomina a redução das chuvas, a tendência crescente ocorre mais em alguns indicadores mensais, nos meses de março, maio, agosto e novembro, entre outros, dependendo do indicador. Predomina o número de estações com tendência crescente nos indicadores de precipitação máxima (precipitação diária máxima e precipitação máxima em 5 dias consecutivos), representando o possível agravamento de eventos extremos de inundações, alagamentos e deslizamentos, causados por chuvas intensas em um curto período. Também possui mais estações com tendência crescente o número de dias consecutivos sem chuva, único indicador de precipitação que, quando classificado como crescente, representa a redução de chuvas.

Os demais indicadores representam a precipitação de forma mais distribuída durante o ano, como a precipitação acumulada e número de dias com chuva e, no geral, possuem mais estações indicando o decréscimo ao longo do tempo. Assim, infere-se que há locais no estado em que a redução de chuvas tende a se agravar, contribuindo para mais eventos de seca e estiagem. Esses locais específicos serão analisados a partir dos mapas apresentados mais a frente nesse relatório.

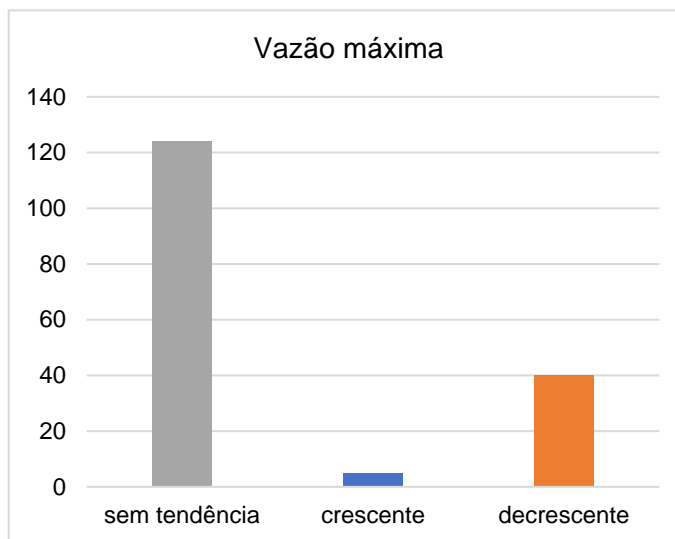
Os indicadores analisados para as estações fluviométricas, por sua vez, apresentaram números maiores de tendências de decréscimo, principalmente na vazão média. Conforme a Figura 4.11, nos meses de maio a outubro mais da metade das estações analisadas apresentou tendência de redução das vazões médias. O indicador de vazão máxima no ano hidrológico apresentou 25% das estações com tendência de crescimento, como colocado na Figura 4.12, um número bastante significativo. Poucas estações apresentaram tendência crescente das vazões médias e máximas. Assim, os resultados indicam um agravamento em eventos extremos de seca e estiagem em grande parte do estado.

Figura 4.11 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão média anual e mensal.



Fonte: elaboração própria.

Figura 4.12 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão máxima no ano hidrológico.



Fonte: elaboração própria.

Primeiramente, a análise da distribuição espacial dos resultados obtidos será feita por CH, agrupando-se as estações observadas em cada uma e permitindo conclusões em nível regional. Em relação às estações pluviométricas apenas três CHs não tiveram dados analisados em seu território, já para as análises fluviométricas foram nove CHs que não apresentaram estações que atendem os critérios necessários de máximo de falhas e tamanho da série.

Os diversos indicadores das estações de cada CH foram avaliados em conjunto, resultando em uma predominância de resultados de crescimento ou decrescimento da precipitação e das vazões. Essa predominância é apresentada primeiramente para o conjunto de todos os indicadores, seguido pelo conjunto de indicadores anuais e então os mensais, por fim é

colocada a predominância de tendências identificadas na CH para o indicador de número de dias sem chuva, único que indica a redução da precipitação e, portanto, muitas vezes seu resultado é oposto aos indicadores de aumento da precipitação. Todos esses resultados constam em um primeiro quadro para cada uma das UEGs do estado.

Um segundo quadro por UEG é colocado com os resultados de predominância das tendências para vazão que as estações de cada CH apresentaram. Nesses quadros os resultados são de predominância de tendências de crescimento, decrescimento, equilíbrio (quando os resultados de crescimento e decrescimento são próximos na CH), sem tendência (quando nenhuma estação apresentou tendência em nenhum dos indicadores do conjunto) e vazios quando não há estações do tipo analisado na CH. Os resultados de equilíbrio entre as duas tendências podem indicar que dentro da CH há locais com aumento das precipitações e vazões e locais com redução, essa questão será avaliada a partir dos resultados pontuais de cada estação nos mapas apresentados mais adiante nesse item.

Na UEG 1 três das CHs apresentaram a maioria das estações com tendências de decrescimento nos indicadores de aumento da precipitação. A SF1 e a SF4 também possuem predominância de estações indicando o crescimento do número de dias sem chuva, formando resultados consistentes para concluir que deve ocorrer um aumento de eventos de secas e estiagens nessas regiões, que estão geograficamente mais próximas do oeste do estado e do triângulo mineiro, que já têm sofrido com esses desastres.

A SF2 apresentou resultados opostos à SF1 e SF4, indicando aumento da precipitação na CH, isso demonstra como as variações na precipitação podem ocorrer em diferentes sentidos mesmo em regiões próximas. A SF2 está próxima das cabeceiras do Rio Grande, região com predominância de eventos de cheias. A SF5 teve predominância de resultados de tendência decrescente apenas nos indicadores anuais de aumento da precipitação e do número de dias consecutivos sem chuva, nos indicadores mensais e no total dos indicadores de aumento da precipitação houve um equilíbrio entre estações que apresentaram tendência de crescimento e de decrescimento. Esse equilíbrio leva a conclusão de que dentro da mesma CH podem haver locais com aumento e outros com redução na precipitação, essas particularidades serão comentadas a partir dos mapas com os resultados de cada estação individual para cada um dos indicadores, principalmente nos locais com um maior número de estações que permitem uma análise mais detalhada.

Nos resultados de tendências para as estações pluviométricas, todas as CHs possuem algum indicador que indicou a redução nas vazões. Alguns indicadores não apresentaram nenhum resultado de tendência, possivelmente devido ao menor número de estações disponíveis.

Quadro 4-12 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
SF1	5	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SF2	9	Crescente	Crescente	Crescente	Decrescente
SF3	23	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Equilíbrio
SF4	9	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
SF5	30	Equilíbrio	Decrescente	Equilíbrio	Decrescente

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-13 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
SF1	7	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
SF2	8	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SF3	9	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SF4	3	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
SF5	16	Decrescente	Decrescente	Decrescente

Fonte: elaboração própria.

Na UEG 2 apenas a CH SF10 possui um indicador sem tendência identificada e os indicadores mensais de aumento de precipitação equilibrados entre tendências crescentes e decrescentes, esses resultados menos conclusivos podem se dar devido a presença de apenas uma estação com dados suficientes para a análise na CH. Todos os demais resultados da UEG indicam a redução da precipitação e, em sua maioria, também das vazões. Essa Unidade Estratégica de Gestão, localizada no noroeste do estado sofre atualmente com desastres relacionados a secas que, com as tendências identificadas, devem se agravar.

Quadro 4-14 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
SF6	3	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SF7	17	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SF8	5	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SF9	8	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SF10	1	Decrescente	Equilíbrio	Decrescente	Sem tendência

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-15 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
SF6	3	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
SF7	15	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SF8	6	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SF9	7	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SF10	1	Decrescente	Decrescente	Sem tendência

Fonte: elaboração própria.

A UEG dos Afluentes do Rio Grande possui algumas CHs com poucas estações que apresentaram os dados necessários para o teste de tendências. Apesar disso, com a análise de diversos indicadores foi possível obter resultados indicando o aumento das chuvas nas CHs GD1, GD2, GD4 e GD6, quase toda a região das cabeceiras da UEG. Na GD3, GD5,

GD7 e GD8 há mais indicadores que não apresentaram tendências ou que possuem um equilíbrio entre os resultados, porém, os que apresentam uma predominância indicam uma redução nas chuvas. Apenas a PJ1, que faz parte das bacias dos rios Piracicaba e Jaguari com um pequeno território em Minas Gerais, apresentou resultados de redução da precipitação em todos os seus indicadores.

Apenas quatro das CHs possuem estações fluviométricas incluídas na análise. Desses resultados, possuem predominância de tendência de redução das vazões a GD7, GD6 e GD2, respectivamente nos três indicadores, em dois deles e em apenas um. A GD3 é a única que obteve predominância de aumento das vazões média e máxima, esse fato pode se dever ao reservatório da UHE Furnas, o maior do estado, que regulariza as vazões observadas.

Quadro 4-16 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
GD1	2	Crescente	Crescente	Crescente	Decrescente
GD2	8	Crescente	Equilíbrio	Crescente	Sem tendência
GD3	7	Decrescente	Decrescente	Equilíbrio	Sem tendência
GD4	12	Crescente	Equilíbrio	Crescente	Decrescente
GD5	18	Equilíbrio	Decrescente	Equilíbrio	Decrescente
GD6	5	Crescente	Crescente	Crescente	Decrescente
GD7	1	Decrescente	Decrescente	Sem tendência	Sem tendência
GD8	8	Equilíbrio	Decrescente	Equilíbrio	Crescente
PJ1	1	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-17 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
GD1	0	-	-	-
GD2	1	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
GD3	1	Crescente	Crescente	Crescente
GD4	0	-	-	-
GD5	0	-	-	-
GD6	2	Decrescente	Decrescente	Sem tendência
GD7	1	Decrescente	Decrescente	Decrescente
GD8	0	-	-	-
PJ1	0	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

Na UEG 4 se observa um agrupamento das CHs com resultados diferentes, a DO1 e DO2, mais ao sul, com predominância de tendências crescentes da precipitação. Mais ao norte a DO3 e a DO4 possuem indicadores apontando a redução das chuvas e na parte mais central e de jusante da bacia dos afluentes do Rio Doce, a DO5 e a DO6 possuem alguns indicadores demonstrando uma tendência de aumento das chuvas e outros com equilíbrio entre resultados

crecentes e decrescentes. Por outro lado, nas análises de vazão todos os resultados que apresentaram alguma tendência indicam o decréscimo dessas.

Quadro 4-18 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
DO1	17	Crescente	Crescente	Crescente	Crescente
DO2	4	Crescente	Crescente	Crescente	Decrescente
DO3	7	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Decrescente
DO4	10	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Decrescente
DO5	3	Crescente	Equilíbrio	Crescente	Equilíbrio
DO6	7	Equilíbrio	Crescente	Equilíbrio	Equilíbrio

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-19 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de vazão.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
DO1	16	Decrescente	Decrescente	Decrescente
DO2	4	Decrescente	Decrescente	Sem tendência
DO3	2	Decrescente	Decrescente	Sem tendência
DO4	6	Decrescente	Decrescente	Decrescente
DO5	3	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
DO6	6	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência

Fonte: elaboração própria.

Três das CHs da UEG 5 não possuem estações pluviométricas analisadas, todas essas possuem territórios pequenos. Nas análises de vazões, além dessas três, a CH SM1 também não possui análise de tendências. Quase a totalidade dos resultados indicam a predominância de tendências de redução de chuvas e vazões. Apenas na JQ1 não houve predominância na maioria dos indicadores, indicando que podem ocorrer variações de tendências dentro da CH.

A UEG 5, localizada no nordeste do estado, concentra diversos eventos de desastres naturais relacionados a baixa pluviosidade, se as tendências identificadas no presente estudo se confirmarem, esses eventos se tornarão mais frequentes e, possivelmente, causarão ainda mais danos.

Quadro 4-20 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
MU1	8	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
SM1	4	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Sem tendência
JQ1	4	Equilíbrio	Decrescente	Equilíbrio	Decrescente
JQ2	4	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
JQ3	10	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
PA1	4	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Sem tendência

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
BU1	0	-	-	-	-
IN1	0	-	-	-	-
JU1	0	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-21 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
MU1	6	Decrescente	Decrescente	Decrescente
SM1	0	-	-	-
JQ1	3	Decrescente	Decrescente	Decrescente
JQ2	5	Decrescente	Decrescente	Decrescente
JQ3	4	Decrescente	Decrescente	Decrescente
PA1	1	Decrescente	Decrescente	Decrescente
BU1	0	-	-	-
IN1	0	-	-	-
JU1	0	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

As CHs PN1 e PN2 possuem predominância de tendências que indicam a redução das chuvas na UEG dos afluentes do Rio Paranaíba. Na PN3 há números próximos de estações e indicadores em cada uma apontando tanto o crescimento quanto o decréscimo da precipitação. Na análise das vazões houve predominância de tendências decrescentes nas vazões médias na PN1 e nas vazões médias mensais na PN2. Possui tendência de crescimento a vazão máxima anual na PN1 e as vazões médias mensais na PN3, os demais indicadores não apresentaram tendências na UEG.

Quadro 4-22 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
PN1	15	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
PN2	12	Decrescente	Decrescente	Decrescente	Crescente
PN3	12	Equilíbrio	Equilíbrio	Equilíbrio	Crescente

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-23 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
PN1	7	Decrescente	Decrescente	Crescente
PN2	2	Sem tendência	Decrescente	Sem tendência
PN3	3	Sem tendência	Crescente	Sem tendência

Fonte: elaboração própria.

Por fim, os resultados de tendência da precipitação na UEG 7 são em parte “sem tendência”, porém desses a maior parte se deve à CH IB1, que possui apenas uma estação na análise. A PS1 possui equilíbrio nos resultados de vários indicadores, apenas nos índices anuais de aumento da precipitação ocorre a predominância de tendência de crescimento. Na PS2 os conjuntos de indicadores mensais e totais de aumento da precipitação apresentam tendência de crescimento. Em relação às vazões, na PS1 e na PS2 a maior parte dos resultados indica tendência de decrescimento.

Quadro 4-24 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de precipitação.

CH	N estações pluviométricas	Predominância indicadores de aumento de precipitação	Predominância indicadores anuais de aumento de precipitação	Predominância indicadores mensais de aumento de precipitação	Predominância indicador de redução de precipitação
PS1	5	Equilíbrio	Crescente	Equilíbrio	Equilíbrio
PS2	2	Crescente	Sem tendência	Crescente	Sem tendência
IB1	1	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência

Fonte: elaboração própria.

Quadro 4-25 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de vazão.

CH	N estações fluviométricas	Predominância indicador vazão média anual	Predominância indicador vazão média mensal	Predominância indicador vazão máxima anual
PS1	8	Decrescente	Decrescente	Decrescente
PS2	12	Decrescente	Decrescente	Crescente
IB1	1	Sem tendência	Crescente	Crescente

Fonte: elaboração própria.

A partir das análises realizadas até aqui, observa-se algumas diferenças nos resultados de tendências de precipitação e de vazões. Primeiramente, a proporção de resultados que apresentaram tendência, principalmente de decrescimento, em relação aos sem tendência nos indicadores de vazão é muito maior do que nos indicadores de precipitação. Em algumas CHs há predominância de tendências crescentes na precipitação ao mesmo tempo em que as vazões apresentam tendências de decrescimento.

Alguns estudos recentes analisam a relação da mudança na precipitação com a variação nas vazões. A razão entre mudança proporcional da vazão média anual e a mudança proporcional da chuva média anual é chamada de elasticidade de vazão. Neto *et al.* (2022), a partir da modelagem de elasticidade de vazões na América Latina obteve resultados para sensibilidade da Q_{95} , da $Q_{média}$ e da Q_{10} em cenários de variação da precipitação de 10%, 20% e 50%. Observando os resultados na região de Minas Gerais, para os principais cursos hídricos, devido a escala do estudo, tem-se uma elasticidade em torno de 1,5 na Q_{95} , já na $Q_{média}$ a sensibilidade se aproxima do fator 2 e na Q_{10} de 2,5 sem muita variação entre os cenários na região. Uma elasticidade de 2 significa que, por exemplo, no cenário de 20% de redução da precipitação, as vazões devem apresentar redução de aproximadamente 40%. Tais resultados mostram que a partir da relação direta entre chuva e vazões, as vazões devem sempre ter variabilidade consideravelmente maior do que a apresentada pela precipitação. O estudo também menciona que modelagens e análises das mudanças climáticas devem considerar ainda a sensibilidade das vazões em resposta a outras variáveis, como temperatura e evapotranspiração.

Em algumas regiões do estado onde há maior exploração dos recursos hídricos as captações podem ser um fator que contribui para a redução maior das vazões em relação às chuvas, porém de forma geral a sensibilidade das vazões no estado demonstra que essas são bastante afetadas pelos eventos extremos de redução de chuvas. No Mapa 4.65 e no Mapa 4.66 os indicadores de tendência de vazão média e máxima anual apontam redução principalmente no centro e norte do estado, regiões que sofrem com menores precipitações. Na UEG 3 e na UEG 6, regiões que apresentaram maiores volumes de retirada de água por captações conforme o diagnóstico do RP001, não há muitas estações com tendência de decréscimo das vazões. Dessa forma, conclui-se que o principal fator que contribui para tendências de redução de vazões no estado é a precipitação. Apenas a UEG 7 concentrou algumas estações fluviométricas com tendência de aumento das vazões médias e máximas anuais.

Tratando-se dos indicadores de pluviosidade no Mapa 4.60 e no Mapa 4.63, que indicam precipitações máximas, apontando um aumento de eventos extremos de cheias, possuem tendências crescentes algumas estações na parte leste do estado, principalmente na bacia do Rio Doce. Também há alguns pontos com tendência crescente nas demais regiões, porém mais isolados. O número de dias consecutivos sem chuva, Mapa 4.61, único indicador avaliado que, quando crescente, indica uma redução nas chuvas, concentrou resultados de aumento no oeste, na região do triângulo mineiro, em algumas CHs do norte e outros pontos com estações de tendência de decréscimo e de crescimento relativamente próximas.

Os demais indicadores de precipitação representam as chuvas de forma mais distribuída, ou seja, quando crescentes não necessariamente indicam aumento de eventos extremos de cheias, porém quando decrescentes apontam para mais eventos de secas e estiagens. No Mapa 4.58 nas UEGs 1, 2, 4, 5 e 6 há estações distribuídas pela área total com tendências de decréscimo da precipitação. Apenas na CH SF3, próximo ao município de Betim há uma concentração de estações com tendência de redução das chuvas.

O número de dias com chuva, Mapa 4.59, apresentou uma variação maior de estações com resultado de tendência crescente e decrescente por todo o estado. No Mapa 4.62 as porções central, norte e nordeste do estado possuem mais tendências de decréscimo, enquanto no sul e oeste há um equilíbrio maior de estações indicando aumento e estações indicando a redução do número de dias com chuva maior ou igual a 20mm.

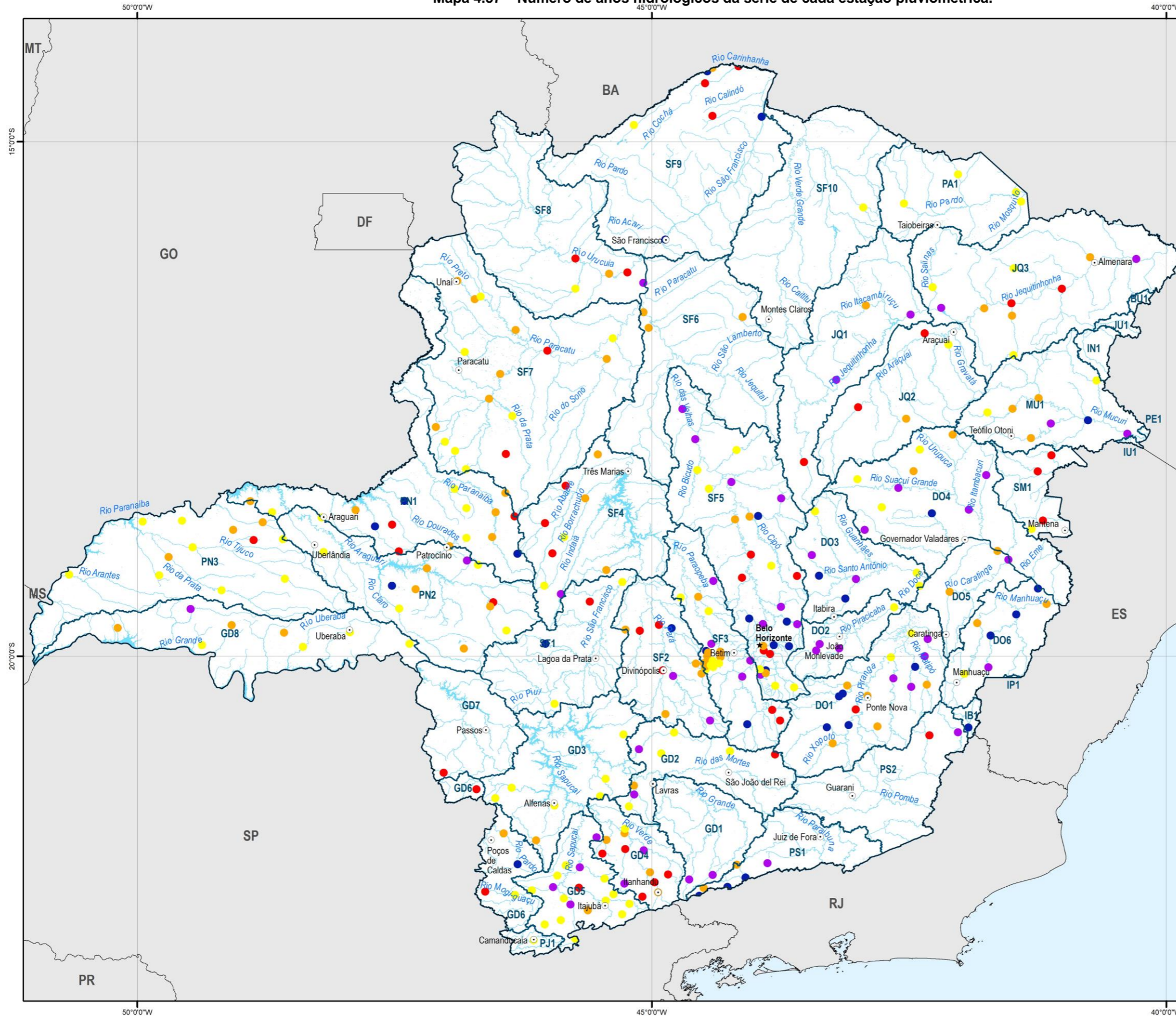
Outros estudos similares no estado apresentaram resultados que indicam ausência de tendência nas precipitações, como os realizados por Queiroz (2013) e Berigo e Thebaldi (2017) para a faixa central de Minas Gerais e por Santos *et al.* (2016) na bacia hidrográfica do Rio Pardo. Em consulta a demais bibliografias foi possível observar tendências de redução das chuvas com o teste de Mann-Kendall para a precipitação principalmente na região nordeste do país, que apresenta maior número de estudos similares. Silva *et al.* (2020) analisou tendências de precipitação na Região Hidrográfica do Rio São Francisco e concluiu que há redução de chuvas na região, corroborando em parte com os resultados obtidos nessa análise.

Em 2022 a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (BRASIL, 2022c) publicou o Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno, estudo que compreende algumas avaliações do comportamento recente das chuvas e vazões no país. Dois dos

indicadores foram a comparação das chuvas e das vazões no ano de 2021 em relação à média histórica e o terceiro o comportamento das vazões no período de 2010 a 2020 em relação à média de 1980 a 2010. Realizando-se o recorte do estudo para o estado de Minas Gerais, foram mais de 100 estações analisadas na diferença das vazões de 2021 e mais de 200 nos outros dois indicadores. Os resultados indicam na maioria das estações a redução das chuvas entre 5% e 50% no ano de 2021 em comparação com a média histórica, com algumas estações que apresentaram redução ainda maior ou então algum aumento nas chuvas. Nas estações fluviométricas a proporção de resultados de redução das vazões foi ainda maior, com poucas estações sem redução ou com aumento da vazão no ano de 2021. Por fim, a diferença nas vazões de 2010 a 2020 também teve grande predominância de estações com redução, sendo que no sul e no oeste do estado a maior parte apresenta reduções de até 25% na vazão e no centro e norte quase todas as estações tiveram suas vazões reduzidas em mais de 25%.

Com as análises realizadas nesse estudo e demais dados encontrados sobre a tendência das precipitações e vazões em Minas Gerais, conclui-se que nem sempre é possível confirmar que ocorre tendência estatística desses parâmetros, porém analisando um grande volume de dados são encontrados números significativos de estações com tendência. Nesses casos em que se pode confirmar tendência no estado, em geral essas indicam uma redução nas chuvas e nas vazões, sendo mais significativas nas regiões norte e nordeste.

Mapa 4.57 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



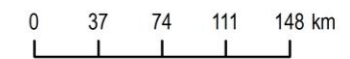
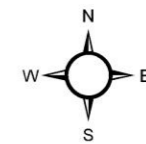
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Número de anos hidrológicos da série por estação pluviométrica

- 30 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 79

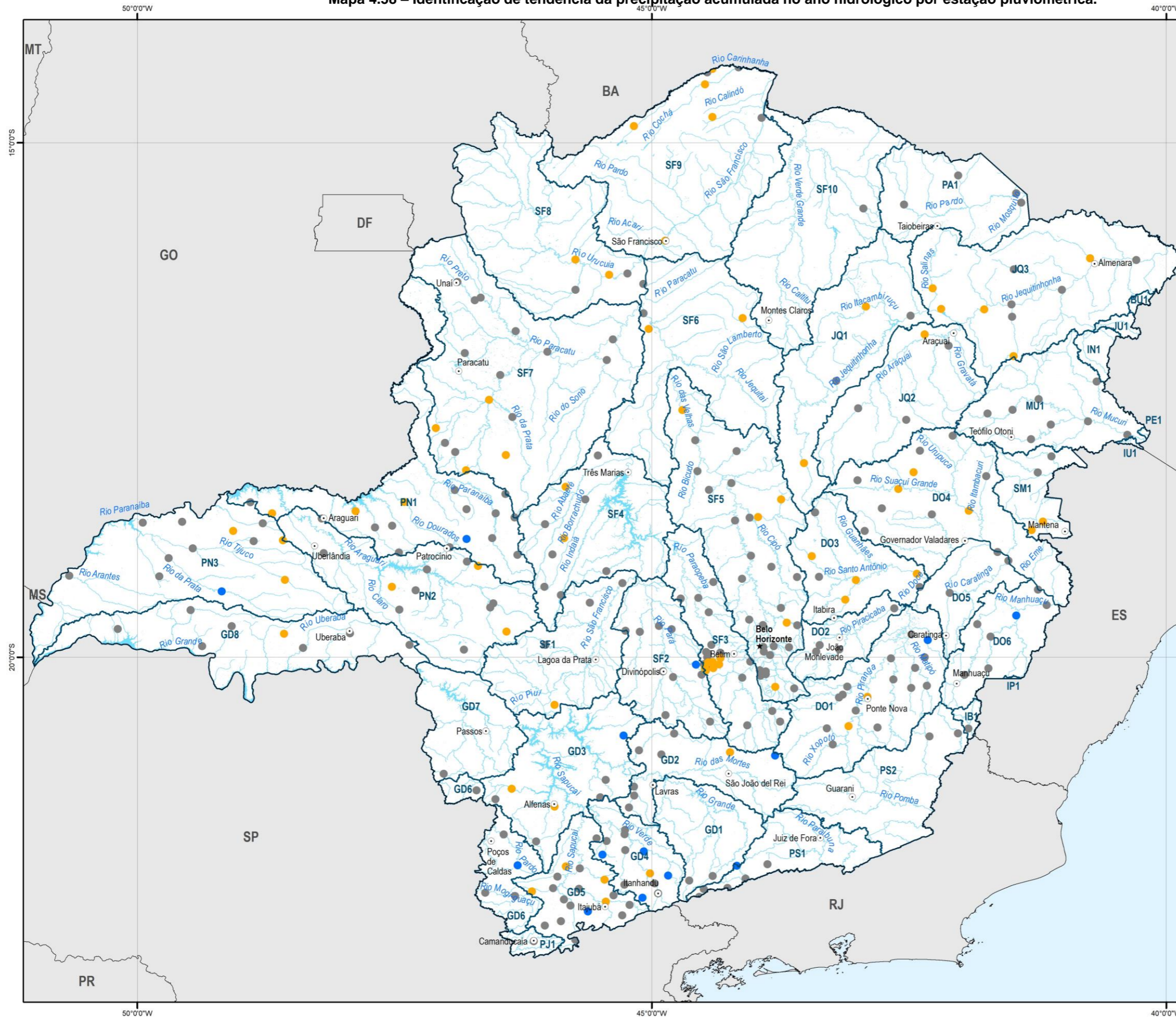
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.58 – Identificação de tendência da precipitação acumulada no ano hidrológico por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



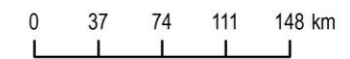
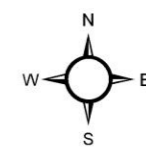
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decrescente

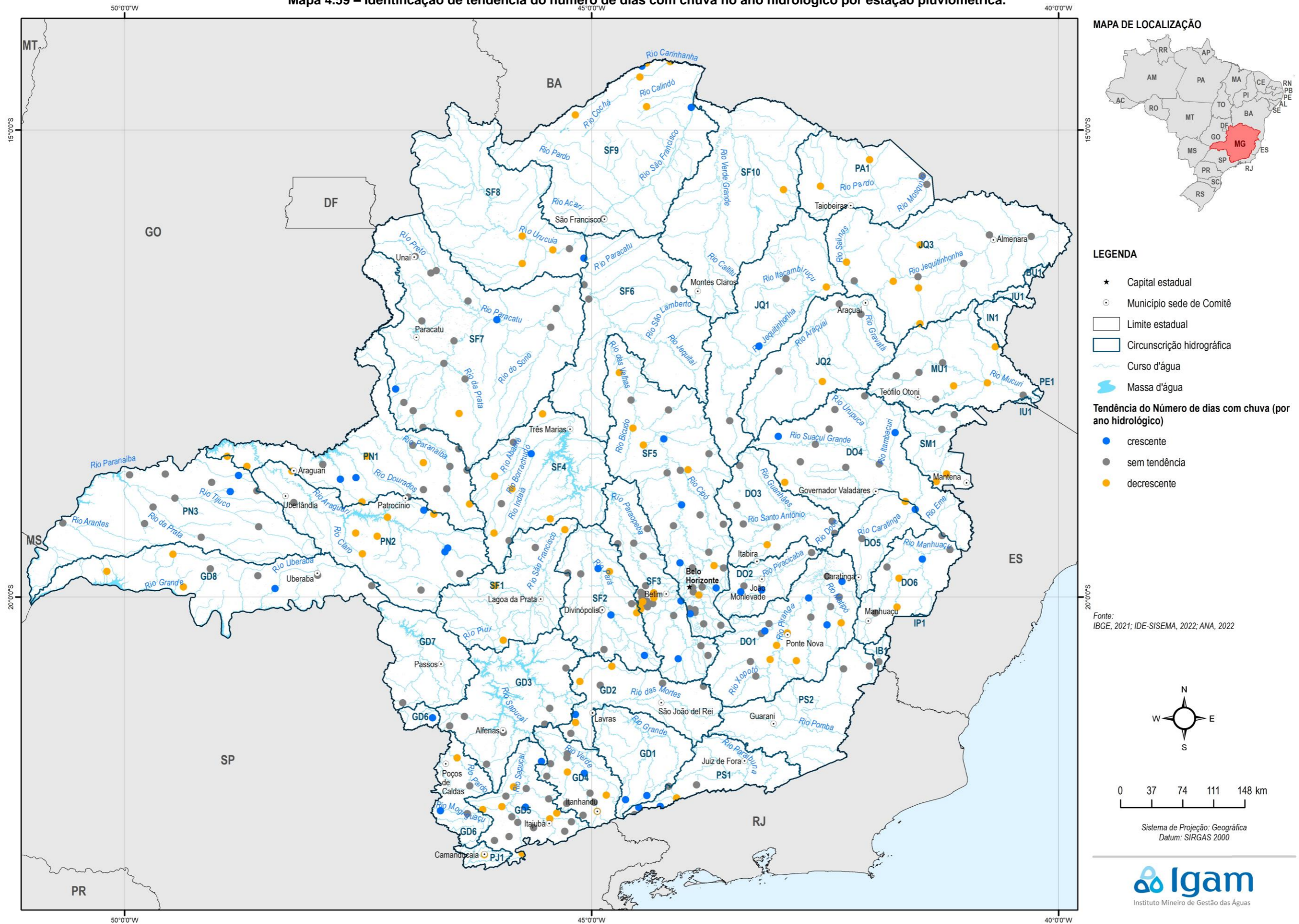
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.59 – Identificação de tendência do número de dias com chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.



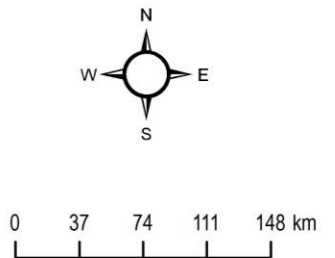
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

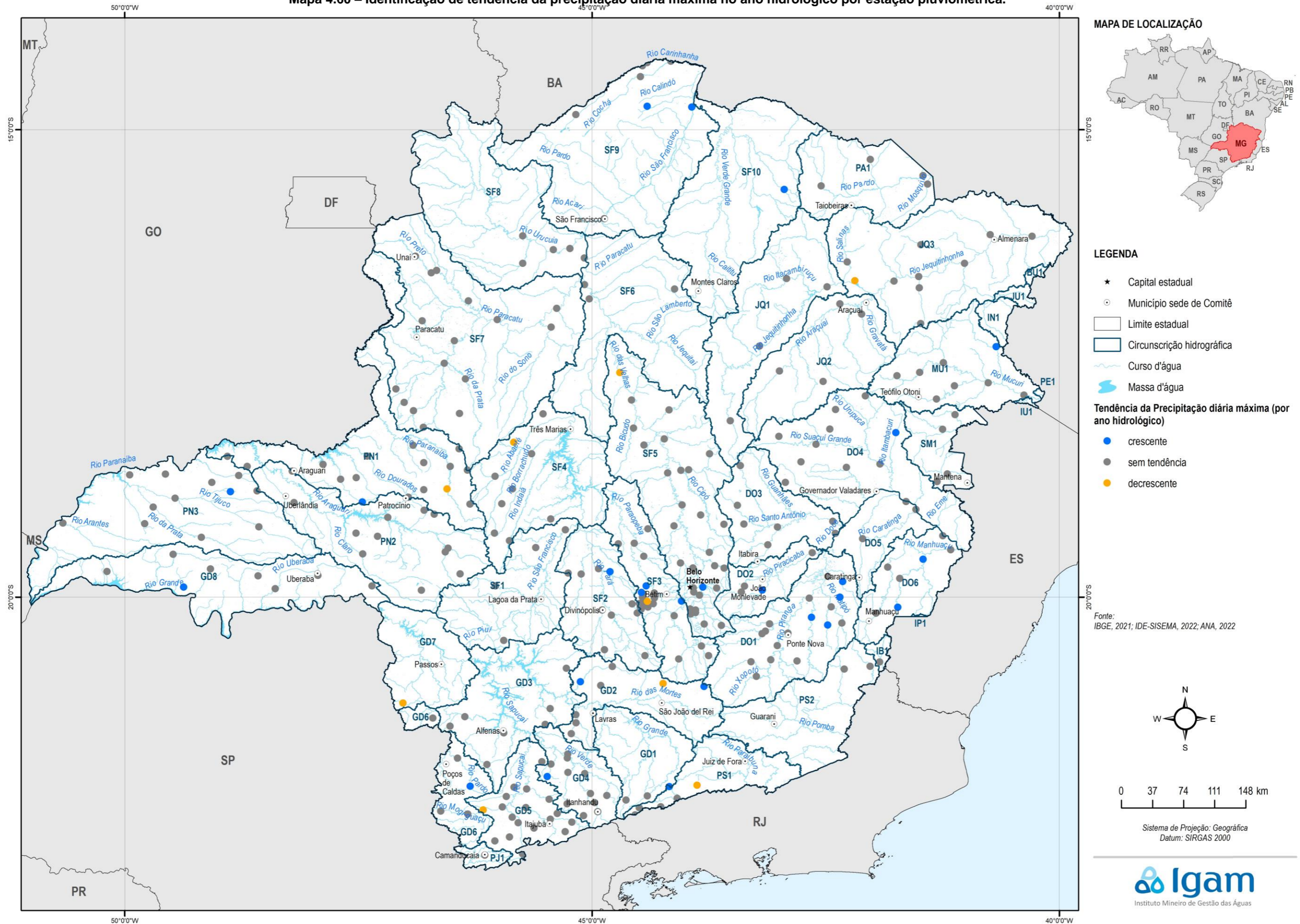
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



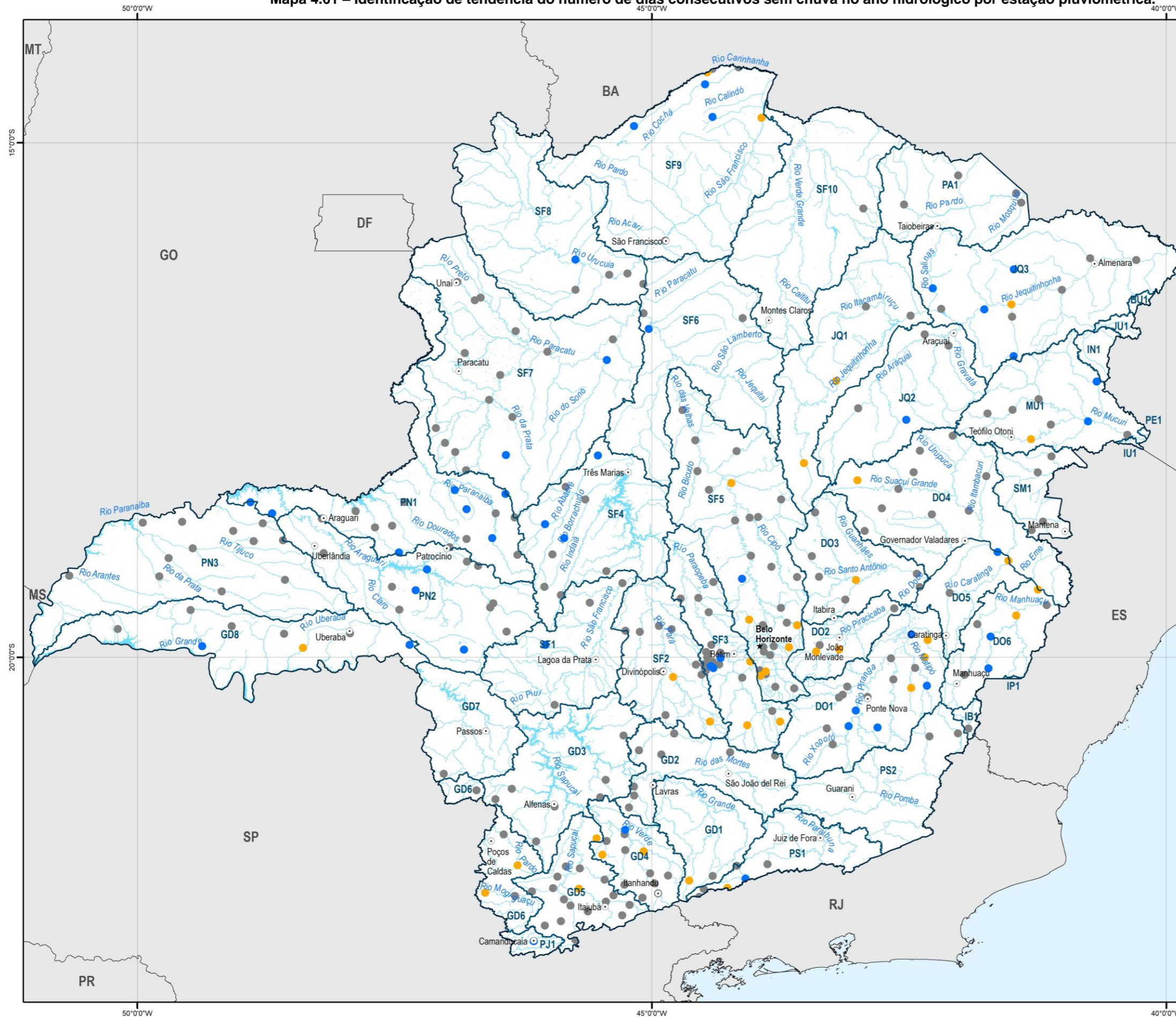
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.60 – Identificação de tendência da precipitação diária máxima no ano hidrológico por estação pluviométrica.



Mapa 4.61 – Identificação de tendência do número de dias consecutivos sem chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



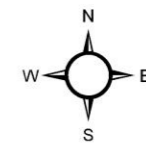
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias consecutivos sem chuva (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022

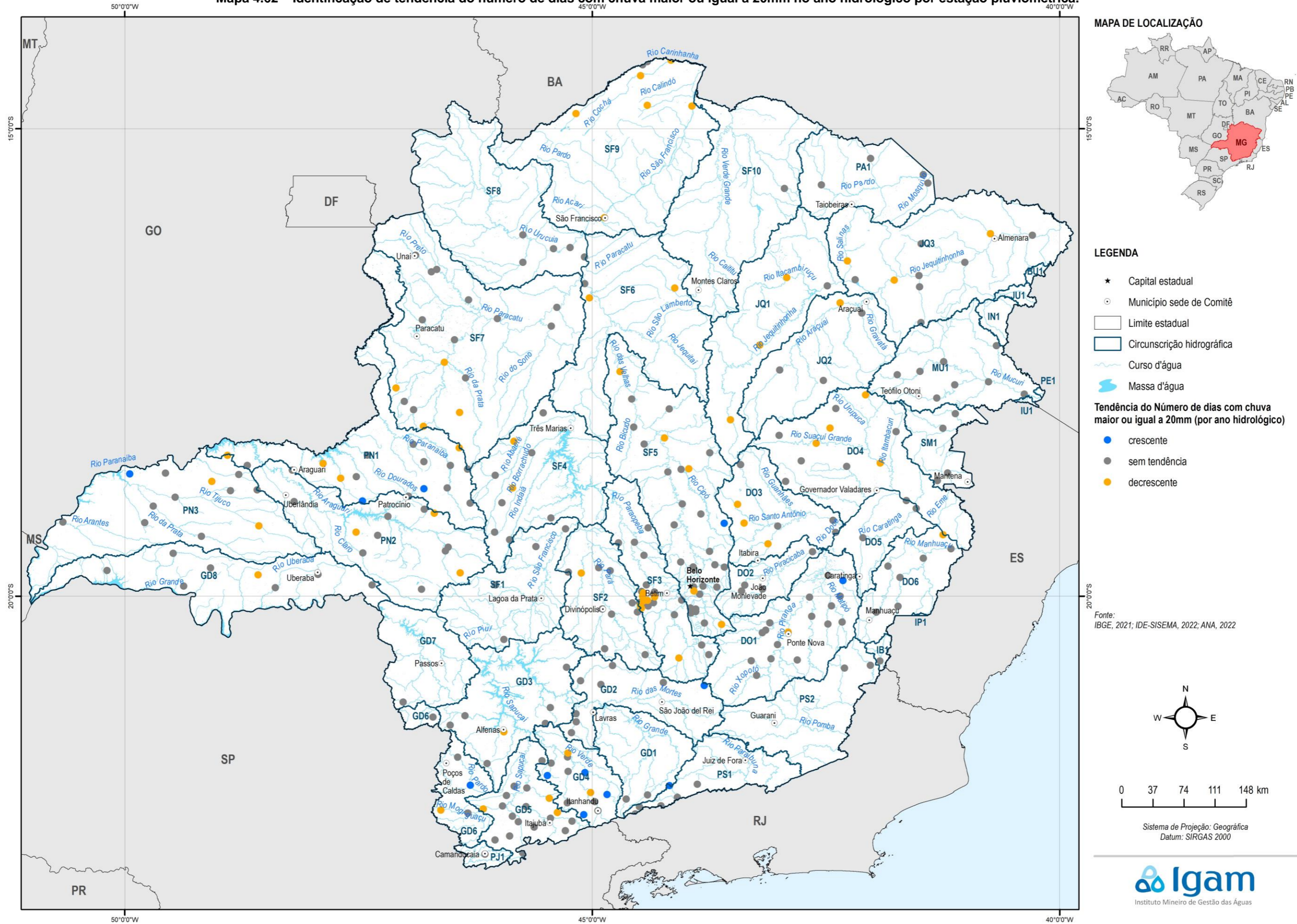


0 37 74 111 148 km

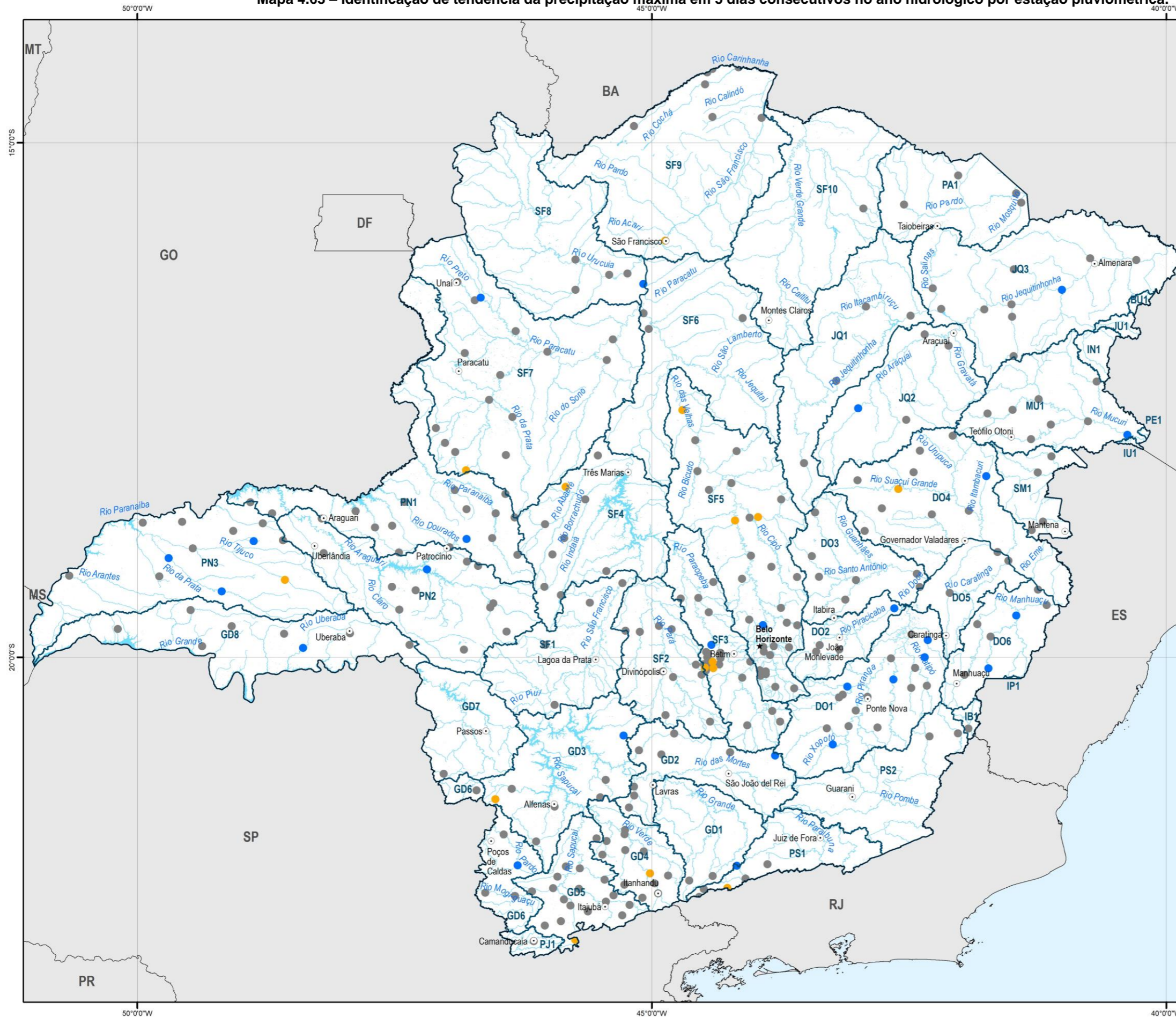
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.62 – Identificação de tendência do número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico por estação pluviométrica.



Mapa 4.63 – Identificação de tendência da precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico por estação pluviométrica.



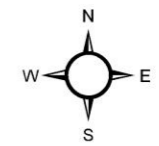
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação máxima em 5 dias consecutivos (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022

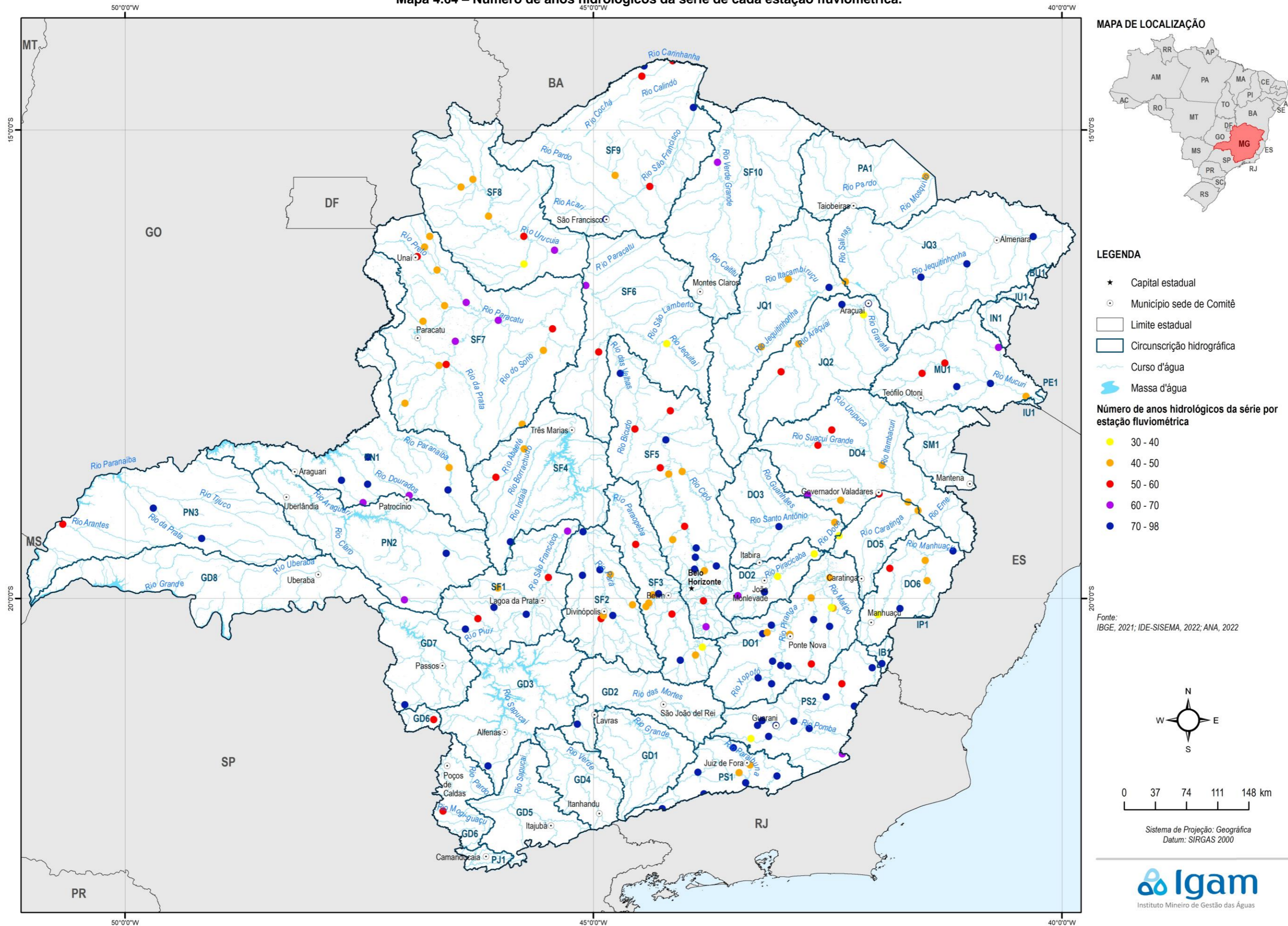


0 37 74 111 148 km

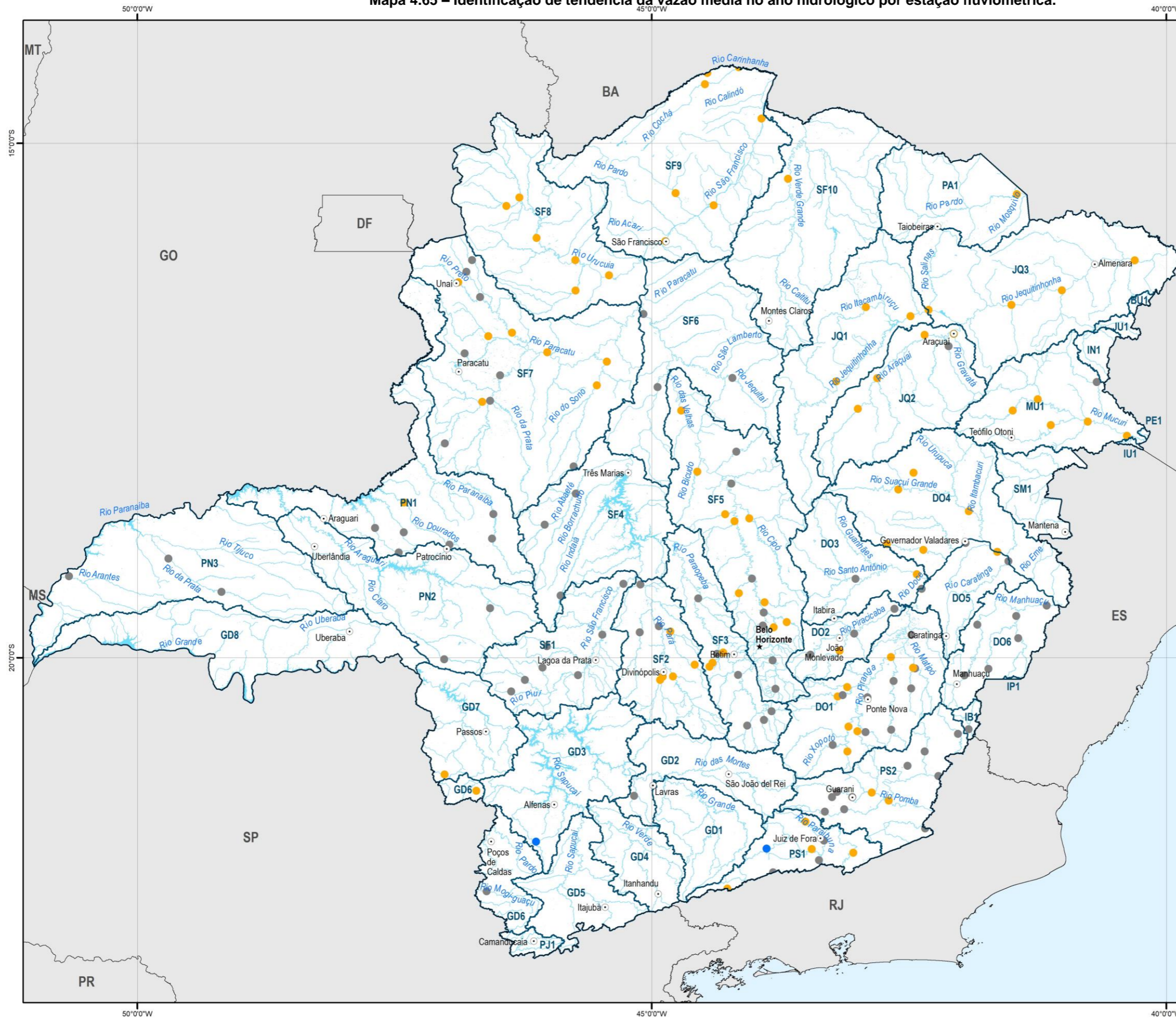
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.64 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação fluviométrica.



Mapa 4.65 – Identificação de tendência da vazão média no ano hidrológico por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



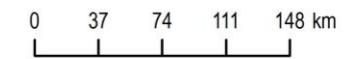
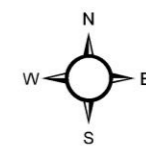
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

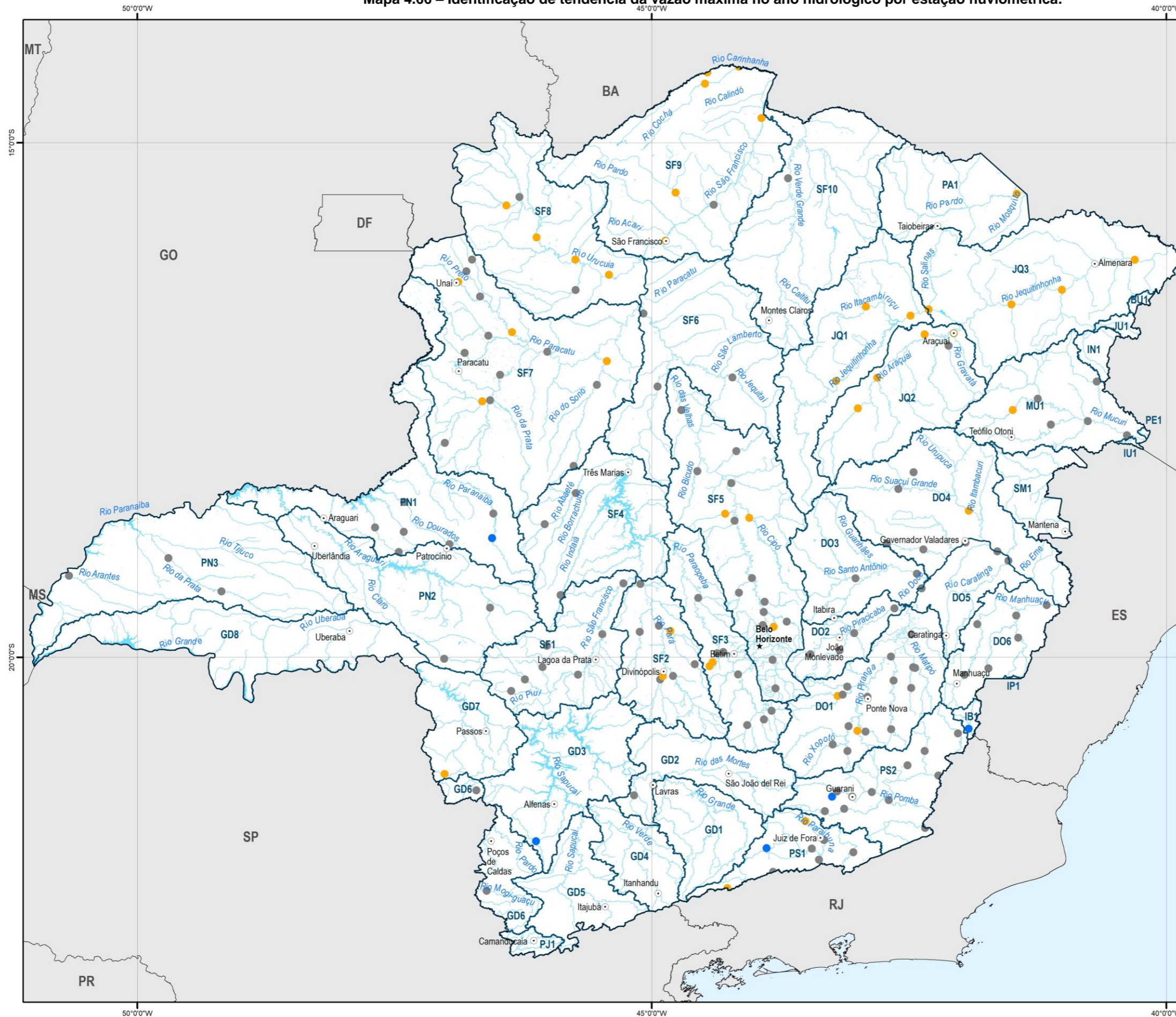
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.66 – Identificação de tendência da vazão máxima no ano hidrológico por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



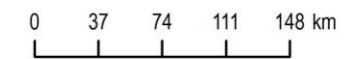
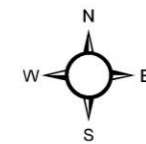
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão máxima (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



4.2.3 Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos extremos, através de indicadores

4.2.3.1 Risco/vulnerabilidade atual para desastres naturais

Considera-se o conceito em que risco é igual à relação entre probabilidade de ocorrência de um evento e o seu impacto ou consequência. Assim, a partir das classificações realizadas de probabilidade de ocorrência e consequências dos eventos extremos em cada CH no diagnóstico desse capítulo, utilizou-se a matriz apresentada no Quadro 4-26 para determinação do risco atual que os eventos extremos representam em cada local.

Quadro 4-26 – Matrix de Riscos 5 x 5.

Risco = Probabilidade x Consequência		Probabilidade (P)				
		Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Consequência	Catastrófica	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto
	Grande	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto
	Moderada	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto
	Pequena	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Alto
	Insignificante	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Moderado

Fonte: elaboração própria.

Após a aplicação da matriz de riscos para as CHs obteve-se os resultados do Quadro 4-27. Há oito CHs com Risco Baixo, 11 com Risco Moderado, 13 com Risco Alto e outras oito com Risco Muito Alto, uma distribuição adequada para a priorização de ações relacionadas à mitigação de impactos dos eventos extremos. No Mapa 4.67 é apresentada essa informação distribuída no estado.

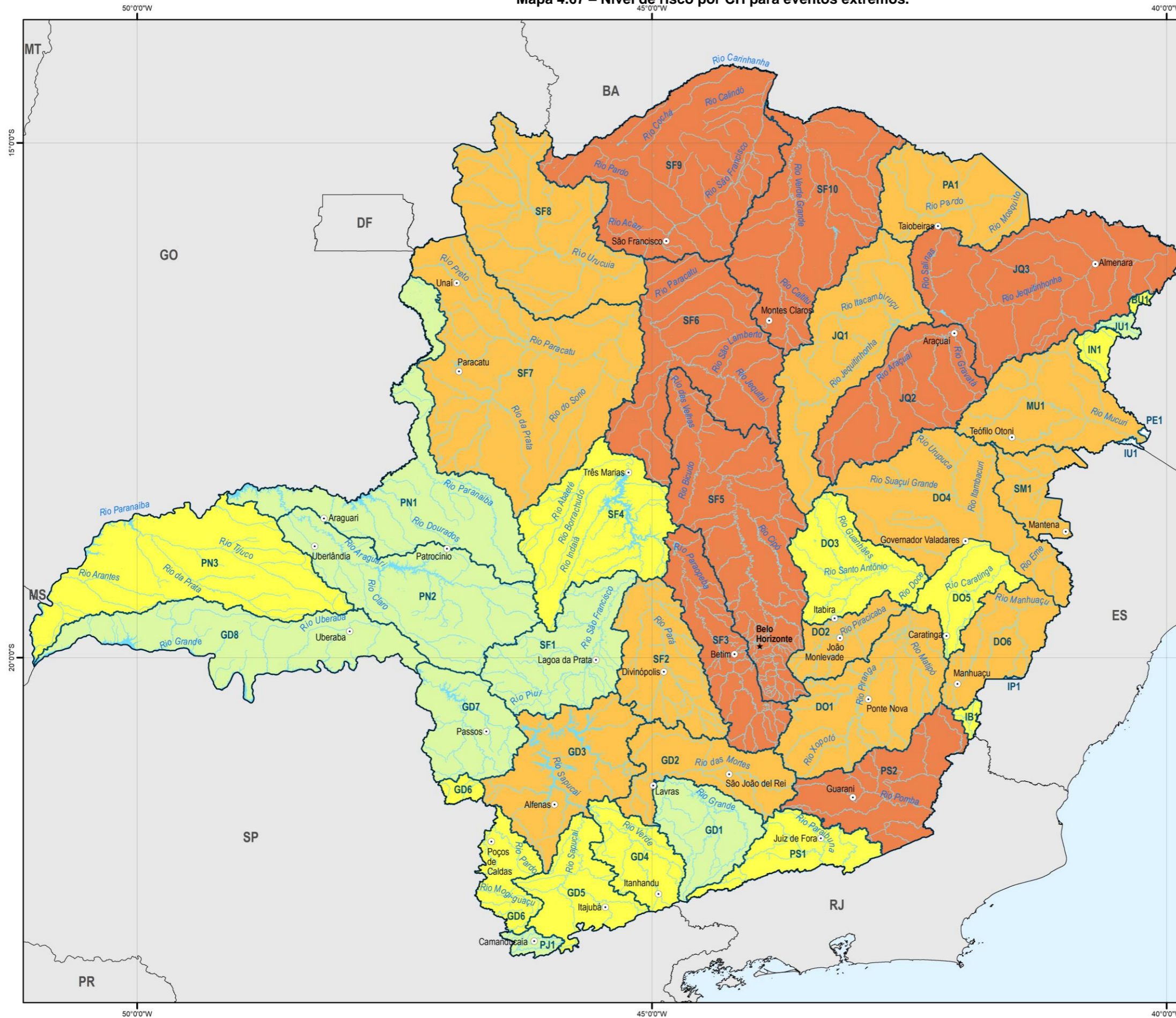
Quadro 4-27 –Risco relacionado a desastres naturais por CH em Minas Gerais.

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Risco
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Risco Baixo
	SF2	Risco Alto
	SF3	Risco Muito Alto
	SF4	Risco Moderado
	SF5	Risco Muito Alto
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Risco Muito Alto
	SF7	Risco Alto
	SF8	Risco Alto
	SF9	Risco Muito Alto
	SF10	Risco Muito Alto
3 Afluentes do Rio Grande	GD1	Risco Baixo
	GD2	Risco Alto
	GD3	Risco Alto
	GD4	Risco Moderado
	GD5	Risco Moderado
	GD6	Risco Moderado
	GD7	Risco Baixo
	GD8	Risco Baixo
4 Afluentes do Rio Doce	PJ1	Risco Baixo
	DO1	Risco Alto
	DO2	Risco Alto
	DO3	Risco Moderado
	DO4	Risco Alto
	DO5	Risco Moderado
	DO6	Risco Alto

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Risco
5 Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	MU1	Risco Alto
	SM1	Risco Alto
	JQ1	Risco Alto
	JQ2	Risco Muito Alto
	JQ3	Risco Muito Alto
	PA1	Risco Alto
	BU1	Risco Moderado
	IN1	Risco Moderado
	JU1	Risco Baixo
6 Afluentes do Rio Paranaíba	PN1	Risco Baixo
	PN2	Risco Baixo
	PN3	Risco Moderado
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	Risco Moderado
	PS2	Risco Muito Alto
	IB1	Risco Moderado

Fonte: elaboração própria.

Mapa 4.67 – Nível de risco por CH para eventos extremos.



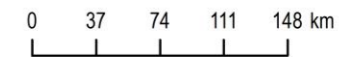
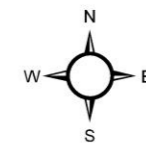
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Risco de ocorrência**
- Baixo
- Moderado
- Alto
- Muito Alto

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; Adaptado de S2ID, 2023.



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



4.2.3.2 Risco/vulnerabilidade projetados

Após a avaliação do risco de cada CH a eventos extremos feita a partir de dados atuais de ocorrência e impactos de desastres naturais, foi aplicada também outra metodologia utilizando os resultados da tendência de precipitações e a projeção populacional. As CHs foram divididas em três faixas de densidade populacional, utilizando projeções a partir do censo demográfico (IBGE, 2023) para os anos de 2033, 2043 e 2053. Quanto maior a densidade populacional, maior serão os potenciais prejuízos causados por um evento extremo.

Em relação às tendências de crescimento de eventos extremos, as CHs foram classificadas a partir da predominância dos resultados obtidos nas estações pluviométricas em seus territórios. A maior parte das CHs tem tendência predominante de redução de chuvas e vazões, indicando um aumento nos eventos de secas e estiagens e apenas quatro CHs não apresentaram tendência nos dados de chuva, todas com pequenos territórios e, assim, poucos dados para avaliação de tendências. O Quadro 4-28 representa a matriz de riscos utilizada, em que ambas as tendências identificadas indicam um aumento na ocorrência de eventos extremos, seja de secas ou de inundações e que mesmo sem uma tendência observada nos dados, o risco da ocorrência de eventos extremos aumenta com a densidade da população.

Quadro 4-28 – Matrix de Riscos 3 x 3.

Risco = Variação de Precipitação x Densidade populacional		Tendência predominante		
		Decrescimento	Sem tendência	Crescimento
Densidade populacional	Faixa 1	Risco moderado	Risco baixo	Risco moderado
	Faixa 2	Risco alto	Risco moderado	Risco alto
	Faixa 3	Risco muito alto	Risco alto	Risco muito alto

Fonte: elaboração própria.

Devido a matriz proposta, observam-se apenas duas CHs, três no ano de 2053, com risco baixo da ocorrência de eventos extremos e, por outro lado, muitas CHs com risco alto e muito alto. Considerando a análise feita anteriormente das tendências de chuva e vazão que indicam possibilidades significativas de piora na situação de ocorrência de desastres naturais, que atualmente já é grave em algumas regiões, esses resultados são avaliados como coerentes. Tais resultados também são justificados pela necessidade de uma avaliação conservadora, visto o nível de incertezas e da gravidade desse tema, sendo desejável que ocorra uma preparação maior para reduzir a vulnerabilidade do estado a eventos extremos.

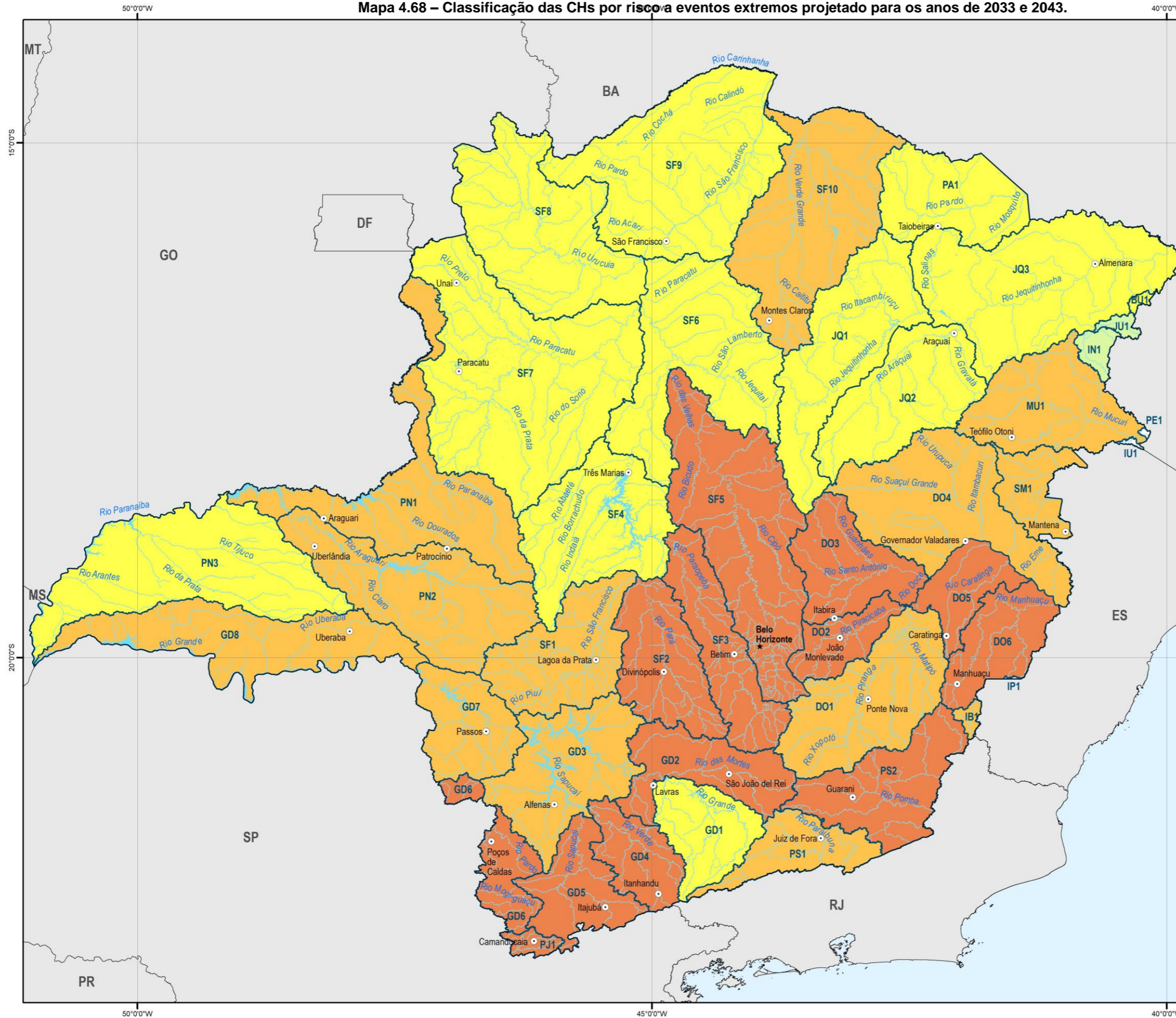
Os resultados para os anos de 2033 e 2043 são idênticos, apresentado no Mapa 4.68, visto que as tendências identificadas não variam nas projeções e a densidade populacional se mantém similar. No ano de 2053 a projeção do risco é alterada em algumas CHs, conforme o Mapa 4.69, devido às taxas de crescimento populacional, que são positivas em alguns municípios e negativas em outros. Assim, nas CHs MU1 e BU1 o risco é reduzido no longo prazo, enquanto na PA1 e na PN3 ele é ampliado.

Quadro 4-29 – Classificação das CHs pelo risco projetado considerando tendências de eventos extremos e densidade populacional.

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Risco 2033	Risco 2043	Risco 2053
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	SF2	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	SF3	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	SF4	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	SF5	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	SF7	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	SF8	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	SF9	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	SF10	Risco alto	Risco alto	Risco alto
3 Afluentes do Rio Grande	GD1	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	GD2	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	GD3	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	GD4	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	GD5	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	GD6	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	GD7	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	GD8	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	PJ1	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
4 Afluentes do Rio Doce	DO1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	DO2	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	DO3	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	DO4	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	DO5	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	DO6	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
5 Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	MU1	Risco alto	Risco alto	Risco moderado
	SM1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	JQ1	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	JQ2	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	JQ3	Risco moderado	Risco moderado	Risco moderado
	PA1	Risco moderado	Risco moderado	Risco alto
	BU1	Risco moderado	Risco moderado	Risco baixo
	IN1	Risco baixo	Risco baixo	Risco baixo
6 Afluentes do Rio Paraíba	PN1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	PN2	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	PN3	Risco moderado	Risco moderado	Risco alto
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	PS2	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	IB1	Risco alto	Risco alto	Risco alto

Fonte: elaboração própria.

Mapa 4.68 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para os anos de 2033 e 2043.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



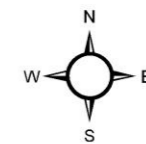
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Risco pela projeção de recorrência dos eventos extremos e densidade populacional para 2033 e 2043

- Risco baixo
- Risco moderado
- Risco alto
- Risco muito alto

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022

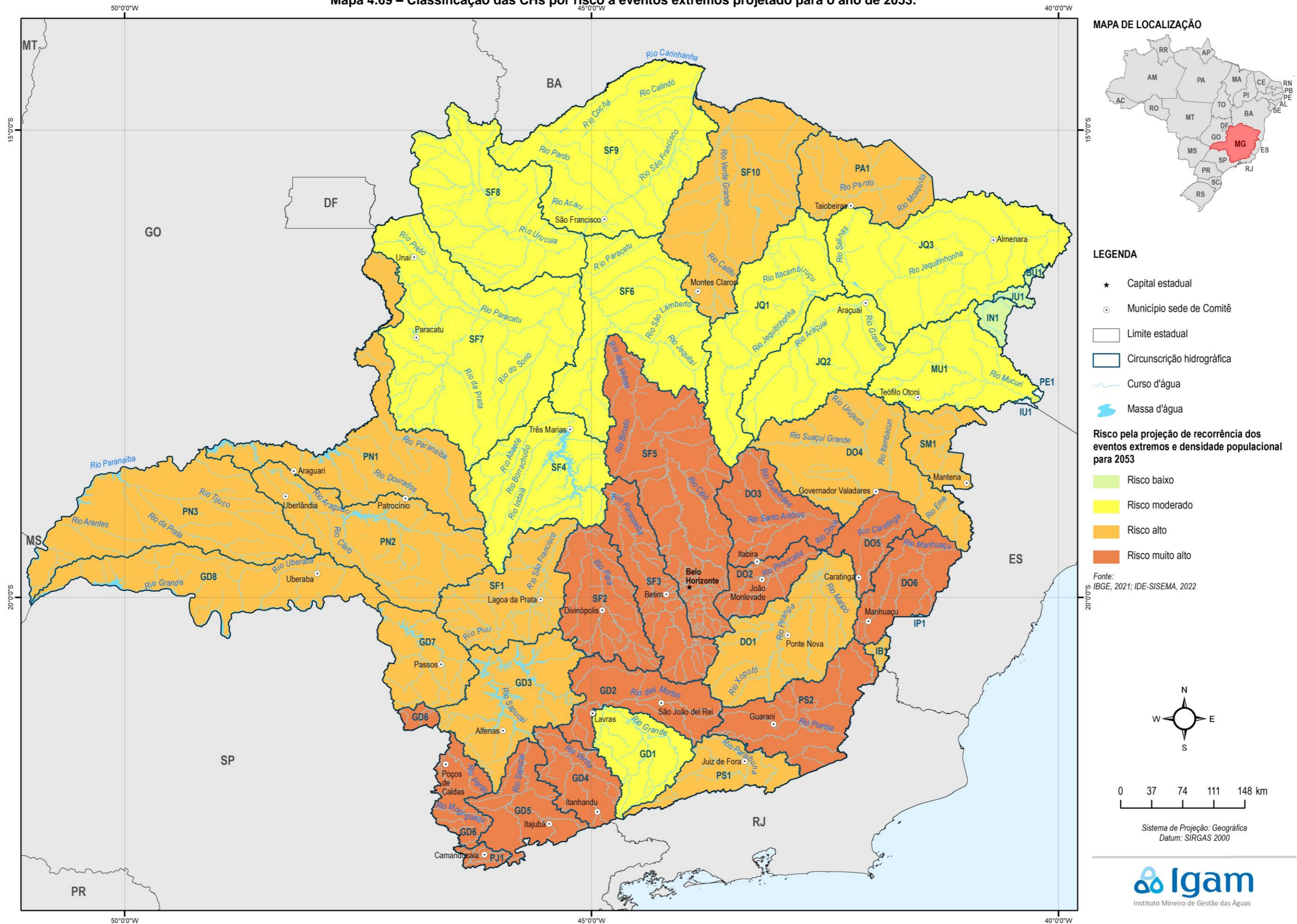


0 37 74 111 148 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.69 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para o ano de 2053.



4.2.3.3 Outros indicadores de risco e vulnerabilidade

A vulnerabilidade hídrica, seguindo a análise de risco realizada até aqui, pode ser dada por meio da relação entre sua exposição aos eventos extremos (probabilidade) e as consequências possíveis de ocorrerem. Neste sentido, a exposição aos eventos críticos e a sensibilidade dos sistemas humanos são componentes diretamente proporcionais aos impactos potenciais: quanto maior a exposição e a sensibilidade, maior será o potencial dos impactos e, conseqüentemente, a vulnerabilidade aos efeitos dos eventos críticos.

Existem diversos indicadores quali-quantitativos que auxiliam na avaliação da segurança hídrica, relacionados aos níveis de probabilidade e consequências de eventos extremos. Alguns indicadores propostos por Mason e Calow (2012) são: recursos hídricos renováveis per capita (m^3 de água disponível/hab/ano); estresse hídrico (hab/m^3 de água disponível); estresse hídrico social, que considera também o IDH; e estresse hídrico relativo (demanda/disponibilidade de água). Utilizando-se os resultados de demandas e disponibilidade obtidos no RP001 do PMSH esses indicadores foram calculados para cada UEG e estão dispostos no Quadro 4-30.

Quadro 4-30 – Indicadores para avaliação da segurança hídrica por UEG.

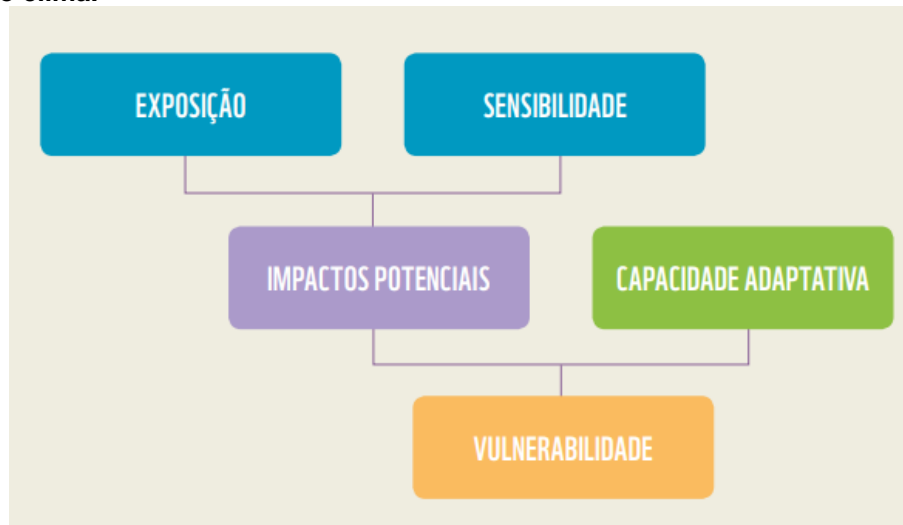
UEG	Recursos hídricos renováveis per capita (m^3 /hab/ano)	Estresse hídrico (hab/m^3)	Estresse hídrico social (hab/m^3)	Estresse hídrico relativo
UEG1	1.514	6,61E-04	9,48E-04	30%
UEG2	5.687	1,76E-04	2,72E-04	32%
UEG3	5.181	1,93E-04	2,76E-04	25%
UEG4	3.282	3,05E-04	4,71E-04	14%
UEG5	3.183	3,14E-04	5,20E-04	17%
UEG6	10.447	9,57E-05	1,34E-04	26%
UEG7	32.464	3,08E-05	4,62E-05	1%
MG	5.992	1,67E-04	2,50E-04	15%

Fonte: elaboração própria.

Os três primeiros indicadores apresentados possuem um comportamento similar, demonstrando uma menor segurança hídrica na UEG1, que engloba a Região Metropolitana de Belo Horizonte e uma população significativamente maior em relação às demais UEGs. No indicador de estresse hídrico relativo, que considera as demandas e não a população da região, a UEG2 se apresenta como a de menor segurança hídrica, apesar de ainda não ser uma proporção muito alta de demandas em relação a disponibilidade de água. Assim, na UEG2 os riscos em relação a segurança hídrica podem ser menores para usos humanos, mas maiores para outros usos, como irrigação.

Conforme a definição proposta pelo IPCC, a vulnerabilidade de um território em relação às mudanças climáticas (ou eventos extremos) depende de seu grau de exposição aos impactos dessas mudanças, dos fatores intrínsecos ao território que o tornam mais sensível a esses impactos e da capacidade do território de enfrentar os efeitos negativos das variações do clima e sua capacidade adaptativa de aproveitar as oportunidades associadas a elas (Figura 4.13).

Figura 4.13 – Estrutura representativa para definição da vulnerabilidade, no contexto da mudança do clima.



Fonte: BRASIL, 2017.

Neste sentido, a exposição e a sensibilidade dos sistemas humanos são componentes diretamente proporcionais aos impactos potenciais: quanto maior a exposição e a sensibilidade, maior será o potencial dos impactos e, conseqüentemente, a vulnerabilidade aos efeitos da mudança do clima. A sensibilidade é definida como a intensidade com a qual um sistema pode sofrer danos, ou ser afetado por perturbações (no caso, climáticas), levando em consideração suas características intrínsecas.

Por outro lado, a capacidade adaptativa é inversamente proporcional à vulnerabilidade. Em teoria, um sistema completamente desprovido de capacidade de adaptação seria diretamente vulnerável a todos os impactos potenciais impostos pela mudança do clima. É importante ressaltar que, por menor que seja a capacidade de adaptação, o sistema não é capaz de intensificar os impactos potenciais, ele apenas não conseguirá reduzi-los e, portanto, não tem a capacidade de se tornar menos vulnerável. Ou seja, a maior condição de vulnerabilidade será definida pela interação entre os vetores exposição e sensibilidade, sendo a capacidade de adaptação um vetor de “amortização” dos impactos potenciais.

Considerando essa metodologia, o Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas (IVDNS) no contexto da mudança do clima (BRASIL, 2017) apresenta uma análise da vulnerabilidade do Brasil a secas, a partir de uma visão integrada do desastre, tendo como ponto de partida um índice composto por variáveis e subíndices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa dos municípios.

Os resultados são apresentados em dois cenários de níveis de emissão (*Representative Concentration Pathways - RCPs*) utilizados para as projeções dos dados climáticos (4,5 e 8,5), oriundos do 5º Relatório do IPCC - AR5 (IPCC, 2014) e a partir de dois modelos climáticos, sendo eles: o Eta-Hadgem ES 2 e o ETA-MIROC 5. Para avaliação espacial em nível estadual, realizou-se uma média do índice de vulnerabilidade municipal em cada UEG, o que é apresentado no Quadro 4-31. Quanto maior o indicador, mais vulnerável é a região em relação a eventos de secas.

Quadro 4-31 – Média do IVDNS municipal para cada UEG em dois cenários (RCP 4.5 e 8.5) e a partir de dois modelos de dados climáticos (Eta-MIROC e HadGEM).

UEG	IVDNS HadGEM 4.5	IVDNS HadGEM 8.5	IVDNS MIROC 4.5	IVDNS MIROC 8.5
UEG1	0,198	0,306	0,368	0,441
UEG2	0,415	0,421	0,259	0,332
UEG3	0,198	0,390	0,409	0,399
UEG4	0,305	0,400	0,401	0,459
UEG5	0,513	0,549	0,269	0,375
UEG6	0,210	0,424	0,328	0,318
UEG7	0,275	0,424	0,396	0,398
MG	0,302	0,416	0,347	0,389

Fonte: elaboração própria, com base em BRASIL (2017).

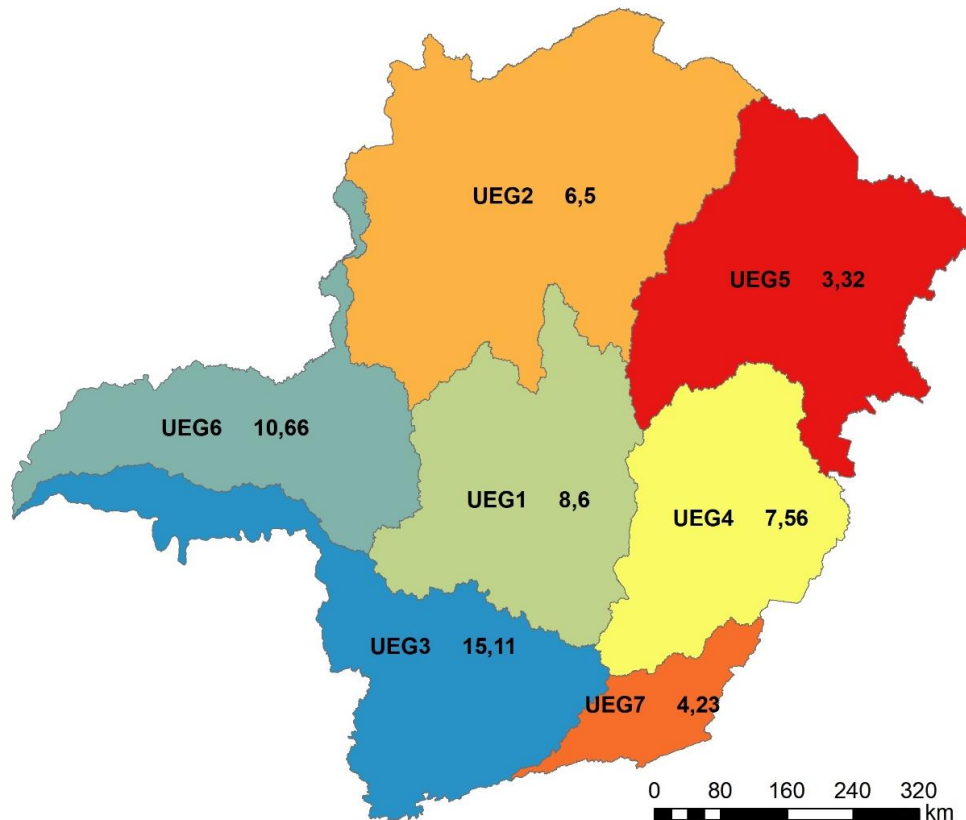
Avalia-se que os diferentes modelos utilizados pelo estudo do MMA (BRASIL, 2017) possuem grandes diferenças nas regiões analisadas para Minas Gerais. Enquanto o HadGEM demonstrou um aumento da vulnerabilidade a eventos de secas em todas as UEGs conforme o aumento do nível de emissões, no modelo Eta-MIROC a UEG3 e a UEG6 teriam uma redução da vulnerabilidade, sendo regiões ao sudeste do estado, área em que algumas projeções relacionadas às mudanças climáticas indicam um aumento de chuvas.

No modelo HadGEM, a UEG5 se destacou sendo a única região com média municipal do IVDNS acima de 0,5. Algumas bacias da UEG5 têm demonstrado uma alta vulnerabilidade a desastres naturais, porém atualmente relacionados a chuvas intensas. A UEG2 também apresentou vulnerabilidade relativamente alta, porém com pouco crescimento entre os dois cenários. A UEG3, a UEG6 e a UEG7, região sul do estado e do triângulo mineiro, teriam as maiores alterações na vulnerabilidade dependendo do nível de emissões, segundo o modelo HadGEM.

O modelo Eta-MIROC, por sua vez, não resultou em diferenças significativas na vulnerabilidade das UEGs para os cenários de emissões 4,5 e 8,5. Em ambos os cenários a UEG4 está entre as de maior vulnerabilidade, a UEG3, apesar de apresentar uma redução, possui o maior IVDNS no RCP 4,5 e a UEG1 está entre as mais vulneráveis no RCP 8,5. As UEGs mencionadas se localizam na parte central, centro-leste e sul do estado, demonstrando uma distribuição espacial dos locais mais vulneráveis a eventos de seca bastante diferente do modelo HadGEM.

A vulnerabilidade a eventos de secas pode impactar também no uso das águas subterrâneas. Em períodos com baixa precipitação é usual que a captação de aquíferos seja ampliada, muitas vezes com custos mais altos ou disponibilidade menor do que a dos mananciais superficiais, nos casos de falta de água para a população a perfuração de poços se torna mais atrativa. A vulnerabilidade relativa à quantidade de água nos aquíferos está relacionada a sua recarga. No RP001 foram estimadas as recargas de aquíferos em cada UEG, conforme apresentado na Figura 4.14, em km³/ano. Comparando-se a recarga, ou então a disponibilidade total dos aquíferos com as explorações, como é realizado no balanço hídrico das águas subterrâneas de Minas Gerais, se observa uma segurança hídrica não condizente quando se analisam apenas os dados por UEG. Ao considerar a distribuição espacial das explorações realizadas pelos poços há regiões de grande demanda de água subterrânea e disponibilidades deficitárias, concentradas em menor ou maior escala em praticamente todas as UEGs. Essas regiões estão normalmente situam-se em áreas urbanizadas, densamente povoadas.

Figura 4.14 – Recarga total dos sistemas aquíferos em km³/ano por UEG.



Fonte: elaboração própria, com base em CPRM (2007).

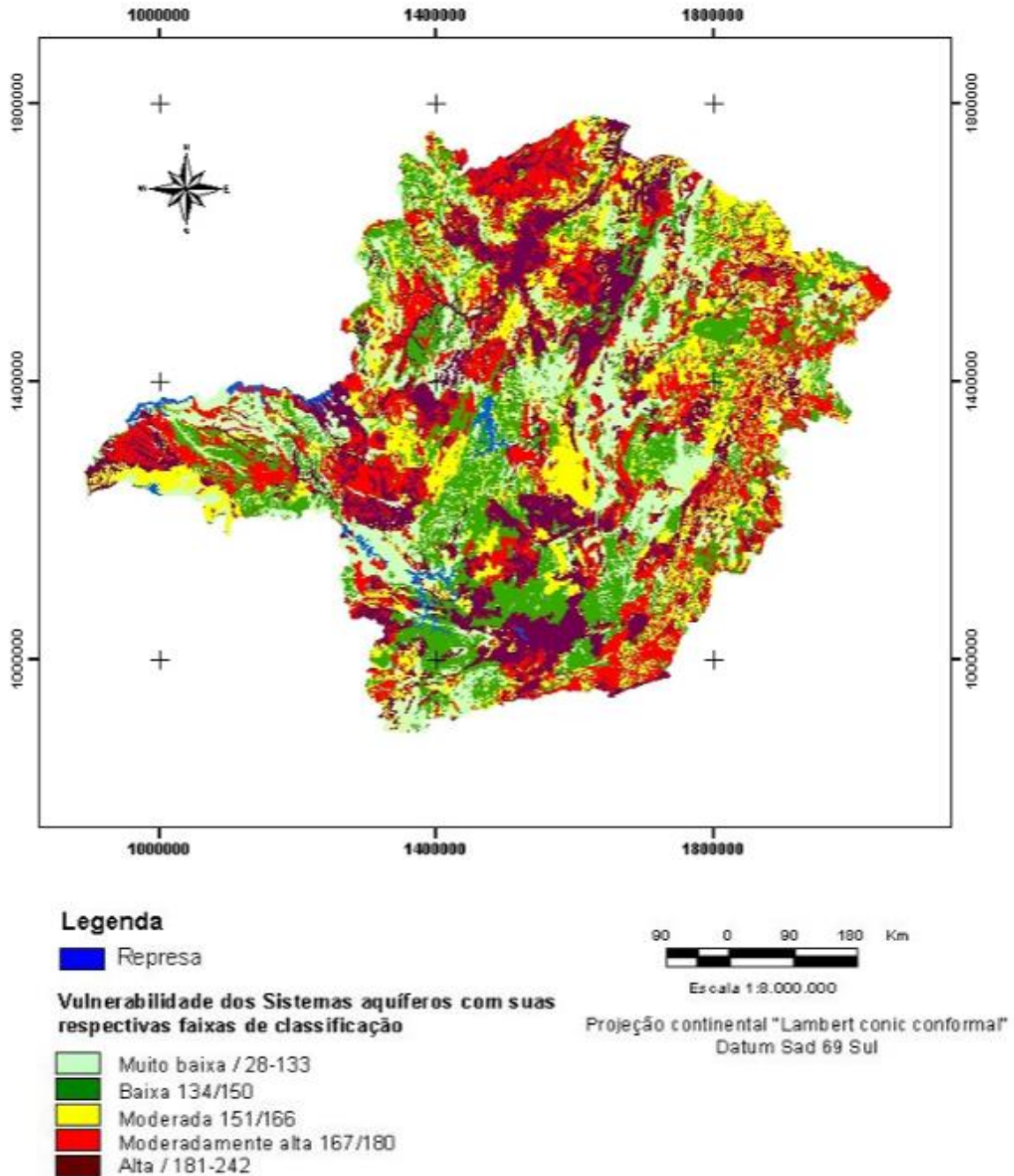
Em períodos de estiagem a utilização da água subterrânea pode ser uma alternativa para abastecimento humano e outros usos, porém se observa ainda falta de informações suficientes para realizar a gestão dessas águas de forma sustentável. Também não foram encontrados estudos relacionando diretamente os eventos extremos com o nível dos aquíferos no estado. Informações do período de estiagem ocorrido em 2014 nos estados de São Paulo e Minas Gerais indicam que havia apenas 50 poços artesanais com monitoramento de nível no estado. Nessa ocasião, em alguns poços do Triângulo Mineiro o nível da água passou de 9,3 metros para 10,7 metros em 2014.

Existem diversas metodologias para se determinar a vulnerabilidade da qualidade da água de aquíferos, sendo DRASTIC, AVI e GOD as mais utilizadas atualmente. Todas devem ser aplicadas através da utilização de sistemas de informações geográficas (SIG), já que ocorre sempre uma sobreposição de mapas de parâmetros. Os resultados de um estudo de vulnerabilidade de aquíferos permitem às autoridades municipais e estaduais gerir seus recursos hídricos de maneira mais eficiente, garantindo um desenvolvimento sustentável (GUIGUER; KOHNKE, 2002).

Lima (2007) realizou o mapeamento de vulnerabilidade de solos e aquíferos à contaminação por metais pesados para o estado de Minas Gerais. Para o estudo da vulnerabilidade dos aquíferos, foi utilizando o método DRASTIC, modificado por Piscopo (2001). Os resultados para vulnerabilidade de aquíferos mostram que aquíferos porosos e cársticos como os sistemas Urucua-Aerado (cretáceo e cenozóico), Bauru- Caiuá (paleozóico) e Bambuí (proterozóico) apresentaram maiores vulnerabilidades. No caso do sistema aquífero Bambuí os resultados

mostram que áreas onde materiais pelíticos e metapelíticos são encontrados apresentaram menor vulnerabilidade enquanto áreas cársticas apresentaram vulnerabilidade elevada. O sistema aquífero escudo oriental apresentou maiores vulnerabilidades a leste graças à grande recarga associada, à vulnerabilidade média dos solos à contaminação por metais pesados e ao meio geológico extremamente fraturado constituído de granitos e gnaisses do Arqueano. Os menores índices de vulnerabilidade nesse sistema aquífero foram encontrados para regiões com relevo muito acidentado, sobretudo áreas de Quartzito, nas serras do Espinhaço, Canastra e Saudade. Já o sistema aquífero Serra-Geral, de idade Paleozóica, apesar do extremo fraturamento, apresentou junto à grande proteção proporcionada pelos solos que o cobrem os menores índices de vulnerabilidade. A Figura 4.15 apresenta o Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados produzido por Lima (2007).

Figura 4.15 - Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesado baseado no índice DRASTIC modificado.



Fonte: Lima (2007).

Rodrigues et. al (2016) atualizou o mapeamento de vulnerabilidade de aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados. O mapa obtido revela a predominância de áreas com vulnerabilidade moderadamente alta (28,86%), seguido de áreas com vulnerabilidade moderada (26,67%), vulnerabilidade baixa (22,66%), vulnerabilidade muito baixa (14,33%) e vulnerabilidade alta (9,33%). As áreas com maiores vulnerabilidades são correspondentes àquelas com influência hidromórfica, sobretudo próximo de cursos d'água superficiais. Regionalmente, o norte e noroeste do estado foram as regiões com maior vulnerabilidade, sobretudo em áreas onde aquíferos cársticos estão presentes, ou sob influência de solos arenosos e/ou de textura média. As áreas classificadas como de menor vulnerabilidade foram aquelas cujos aquíferos são profundos e com material pedológico e/ou

geológico capaz de atuar como retentores dos contaminantes em questão, estando concentradas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mas com ocorrências pontuais em outras áreas do estado. Conforme a Embrapa (2016), essa atualização foi totalmente realizada antes do acidente ocorrido no dia 5 novembro de 2015 no Município de Mariana e, portanto, não aborda os impactos dessa ocorrência.

4.3 Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos

De 2008 até 2015, estima-se que os eventos climáticos extremos, como chuvas intensas e secas prolongadas, tenham causado prejuízos de cerca de 12,8 bilhões de reais ao estado. Se nenhuma ação for tomada, os custos dos impactos econômicos decorrentes das mudanças climáticas em Minas Gerais podem atingir a marca de 450 bilhões de reais no período 2015-2050 (FEAM, 2015).

No presente item foram mensurados os impactos e custos (sociais e econômicos) associados à ocorrência de eventos extremos nos últimos 10 anos nos municípios de Minas Gerais, considerando as informações disponíveis no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2ID).

4.3.1 Mensuração dos impactos e custos associados à ocorrência de eventos extremos

A informação de valores dos danos e prejuízos evitados são aqueles informados pelos municípios aos S2ID. Os impactos econômicos em geral apresentam maiores complexidades para serem estimados, por estarem atrelados a diversas atividades e setores de maneira indireta.

Exemplos de externalidades de eventos extremos são diversos. Um exemplo de externalidade negativa, ou custo externo, de um evento de chuvas intensas seria a perda de dias de trabalho pela paralização dos meios de transporte, que geralmente não são contabilizados pelos municípios. Também poderia ser contabilizado o custo adicional de combustível gasto nos engarrafamentos produzidos pelas chuvas intensas nos meios urbanos.

Pode ocorrer também a interferência no ambiente natural por parte de eventos extremos, por exemplo, a redução de habitats da fauna em ocorrências de inundações. A economia ambiental/ecológica apresenta alternativas para a valoração econômica de efeitos de intervenções no ambiente (TAVARES, RIBEIRO, LANNA, 1999). Elas podem dar margem à realização das mesmas análises usuais de custo-benefício, onde são considerados apenas os efeitos econômicos, ampliando para considerar os impactos sociais e ambientais. Porém, se trata de estimativa complexa que dificilmente poderia ser considerada pelos municípios na inserção de suas informações no S2ID. E, mesmo que o fosse, haveria grandes complexidades de obtenção de estimativas retrospectivamente para gerar uma série de 10 anos de eventos, como solicitado no Termo de Referência.

Feitas estas ressalvas, foi possível obter os valores de danos materiais e prejuízos públicos e privados dos desastres, tendo como base as informações do S2ID, disponíveis para o período 2013-2022. Foram considerados as informações de danos e prejuízos apresentadas no Quadro 4-32. Em seguida foi realizada uma comparação dos prejuízos anuais dos desastres

por município com a evolução do valor adicionado bruto e produto interno bruto, buscando-se reflexos desses eventos na economia municipal.

Quadro 4-32 – Danos ou prejuízos considerados no PMSH.

Categoria	Dano ou prejuízo
Danos materiais	Unidades Habitacionais
	Instalações públicas de saúde
	Instalações públicas de ensino
	Instalações públicas prestadoras de outros serviços
	Instalações públicas de uso comunitário
	Obras de infraestrutura pública
Prejuízos públicos	Assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médicas
	Abastecimento de água potável
	Esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários
	Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo
	Sistema de desinfestação/desinfecção do habitat/controle de pragas e vetores
	Geração e distribuição de energia elétrica
	Telecomunicações
	Transportes locais, regionais e de longo curso
	Distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico
	Segurança pública
Ensino	
Prejuízos privados	Agricultura
	Pecuária
	Indústria
	Comércio
	Serviços

Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Para avaliação dos danos humanos, materiais e custos dos desastres foram selecionados apenas os registros com reconhecimento da defesa civil, visto que os demais apresentaram números muito elevados e não coerentes com os casos reconhecidos. No Quadro 4-33 são apresentados os tipos de desastres e os danos humanos causados por cada um, além do número de registros reconhecidos de cada evento para análise comparativa com os totais de danos.

Os eventos de Tempestade Local/Convectiva – Vendaval em apenas 17 ocorrências afetaram um total de 155.558 pessoas, tendo uma média de danos humanos muito maior do que qualquer outra tipologia, sendo mais de 9.000 pessoas afetadas por registro. Os outros eventos com altas médias de pessoas afetadas também são os com mais afetados no total e com maior número de ocorrências, sendo eles: seca, estiagem, chuvas intensas e inundações. A média geral de pessoas afetadas por registro reconhecido no S2ID é alta, 4.762 pessoas, sendo que 15 milhões foram afetadas de alguma forma nos últimos dez anos por algum desastre natural.

Em relação aos números de mortes e desaparecimentos, os eventos de chuvas intensas se destacam. Como um todo, os eventos relacionados a grandes precipitações apresentam maiores números de desabrigados ou desalojados. Há números altos de feridos ou doentes nos eventos de chuvas intensas e deslizamentos, porém nas secas e estiagem esse tipo de dano é o mais significativo.

Algumas das relações entre os períodos prolongados de baixa pluviosidade e a saúde humana foram reunidas por Alpino *et. al* (2016). A desnutrição e deficiências nutricionais foi a principal correlação observada, também são avaliadas as doenças relacionadas ao saneamento inadequado que possuem características de mais fácil identificação, podendo ser as que estão mais representadas nos números de feridos ou doentes levantados pelos municípios. A falta de condições de higiene adequada e da qualidade da água para consumo humano, assim como o saneamento inadequado que resulta em doenças de transmissão feco-oral (cólera, disenteria, febre tifoide, diarreias e hepatite A), relacionadas à higiene (conjuntivite e doenças da pele) e outras transmitidas através do contato com a água, como leptospirose.

Quadro 4-33 – Danos humanos por tipo de desastre.

Tipologia do desastre	Mor-tos	Feridos ou doentes	Desabrigados ou desalojados	Desapa-recidos	Total de pessoas afetadas	Número de registros	Média de pessoas afetadas por registro
Alagamentos	1	19	4.342	0	47.946	33	1.453
Corridas de Massa - Solo/Lama	0	0	327	0	10.792	6	1.799
Deslizamentos	2	1.006	2.016	0	37.468	19	1.972
Enxurradas	1	209	3.238	0	60.205	31	1.942
Erosão Continental - Boçorocas	0	0	3	0	803	1	803
Erosão de Margem Fluvial	0	0	0	0	500	1	500
Estiagem	0	5.048	209	0	4.643.380	917	5.064
Frentes Frias/Zonas de Convergência	0	2	172	0	174	1	174
Inundações	11	78	24.874	2	312.152	77	4.054
Onda de Frio - Geadas	0	0	0	0	1.179	1	1.179
Quedas, Tombamentos e rolamentos - Matacões	1	0	26	0	27	1	27
Seca	0	2.058	0	0	5.979.674	1.246	4.799
Subsidências e colapsos	0	0	8	0	743	1	743
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	110	7.055	266.587	36	3.904.967	815	4.791
Tempestade Local/Convectiva - Granizo	3	58	6.187	0	87.080	33	2.639
Tempestade Local/Convectiva - Tornados	0	12	140	0	1.352	1	1.352
Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	1	18	1.618	0	155.558	17	9.150
Total Geral	130	15.563	309.747	38	15.244.000	3.201	4.762

Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Os danos materiais cadastrados consistem em moradias, prédios públicos e obras de infraestrutura atingidos, esses dados constam no Quadro 4-34 para o período analisado no estado de Minas Gerais. Em geral, pode-se afirmar que os números de moradias atingidas são os mais significativos em quase todas as tipologias de desastres. Os eventos de granizo foram os que apresentaram a maior média de infraestruturas atingidas por registro, seguido

por deslizamentos, vendaval e chuvas intensas, esse último tem o maior número total de infraestruturas atingidas.

Quadro 4-34 – Danos materiais por tipo de desastre.

Tipologia do desastre	Moradias atingidas	Prédios públicos atingidos	Obras de infraestrutura atingidas	Total de infraestruturas atingidas	Número de registros	Média de infraestruturas atingidas por registro
Alagamentos	997	51	466	1.514	33	46
Corridas de Massa - Solo/Lama	30	0	17	47	6	8
Deslizamentos	6.211	172	263	6.646	19	350
Enxurradas	1.375	31	459	1.865	31	60
Erosão Continental - Boçorocas	1	0	3	4	1	4
Erosão de Margem Fluvial	0	0	0	0	1	0
Estiagem	6.365	259	171	6.795	917	7
Frentes Frias/Zonas de Convergência	53	14	24	91	1	91
Inundações	7.416	178	1.079	8.673	77	113
Onda de Frio - Geadas	0	0	0	0	1	0
Quedas, Tombamentos e rolamentos - Matacões	18	0	6	24	1	24
Seca	3.000	114	245	3.359	1.246	3
Subsídências e colapsos	2	1	0	3	1	3
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	75.060	1.669	15.859	92.588	815	114
Tempestade Local/Convectiva - Granizo	13.548	218	82	13.848	33	420
Tempestade Local/Convectiva - Tornados	83	12	3	98	1	98
Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	3.503	88	37	3.628	17	213
Total Geral	117.662	2.807	18.714	139.183	3.201	43

Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Os danos materiais também são contabilizados em valor das infraestruturas afetadas. Esses valores e os prejuízos econômicos públicos e privados causados pelos desastres são apresentados no Quadro 4-35, em milhões de reais.

Quadro 4-35 – Prejuízos econômicos por tipo de desastre.

Tipologia do desastre	Valor Danos Materiais (Mi)	Prejuízos econômicos públicos (Mi)	Prejuízos econômicos privados - atividades produtivas (Mi)	Total de prejuízos (Mi)	Número de registros	Média de prejuízos por registro (Mi)
Alagamentos	R\$ 101,44	R\$ 12,15	R\$ 13,92	R\$ 127,51	33	R\$ 3,86
Corridas de Massa - Solo/Lama	R\$ 6,02	R\$ 0,70	R\$ 1,75	R\$ 8,46	6	R\$ 1,41
Deslizamentos	R\$ 58,18	R\$ 6,56	R\$ 1,65	R\$ 66,39	19	R\$ 3,49
Enxurradas	R\$ 57,20	R\$ 16,31	R\$ 2,57	R\$ 76,08	31	R\$ 2,45
Erosão Continental - Boçorocas	R\$ 2,34	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 2,35	1	R\$ 2,35

Tipologia do desastre	Valor Danos Materiais (Mi)	Prejuízos econômicos públicos (Mi)	Prejuízos econômicos privados - atividades produtivas (Mi)	Total de prejuízos (Mi)	Número de registros	Média de prejuízos por registro (Mi)
Erosão de Margem Fluvial	R\$ 0,54	R\$ 0,54	R\$ 0,00	R\$ 1,08	1	R\$ 1,08
Estiagem	R\$ 5,30	R\$ 71,16	R\$ 9.985,96	R\$ 10.062,42	917	R\$ 10,97
Frentes Frias/Zonas de Convergência	R\$ 8,12	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 8,12	1	R\$ 8,12
Inundações	R\$ 412,98	R\$ 47,70	R\$ 201,06	R\$ 661,74	77	R\$ 8,59
Onda de Frio - Geadas	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 20,00	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Quedas, Tombamentos e rolamentos - Matacões	R\$ 1,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,25	1	R\$ 1,25
Seca	R\$ 3,53	R\$ 113,44	R\$ 17.526,01	R\$ 17.642,97	1.246	R\$ 14,16
Subsídências e colapsos	R\$ 1,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	R\$ 4.180,21	R\$ 3.753,05	R\$ 6.997,61	R\$ 14.930,87	815	R\$ 18,32
Tempestade Local/Convectiva - Granizo	R\$ 23,69	R\$ 1,26	R\$ 217,91	R\$ 242,85	33	R\$ 7,36
Tempestade Local/Convectiva - Tornados	R\$ 0,96	R\$ 0,32	R\$ 0,55	R\$ 1,83	1	R\$ 1,83
Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	R\$ 12,79	R\$ 3,52	R\$ 26,05	R\$ 42,37	17	R\$ 2,49
Total Geral	R\$ 4.875,54	R\$ 4.026,73	R\$ 34.995,03	R\$ 43.897,30	3.201	R\$ 13,71

Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Com apenas um evento reconhecido no estado no período, a tipologia “Onda de Frio – Geadas” apresentou a maior média de prejuízo, sendo todo ele relacionado à produção agrícola. Os eventos de chuvas intensas, seca e estiagem também apresentaram altas médias de prejuízo e são as três tipologias com maiores valores totais, sendo os únicos com prejuízo de bilhões de reais ao longo de 10 anos: R\$ 17,6 bi para as secas; R\$ 14,9 bi para chuvas intensas; e 10,1 bilhões de reais para estiagens. As secas e estiagens concentram quase todo o valor dos prejuízos no setor privado, com as atividades produtivas do município, enquanto as chuvas intensas geram prejuízos distribuídos entre os danos em infraestrutura, setor público e setor privado.

Os eventos possuem custos e prejuízos variados, não só relacionados a sua tipologia, mas também à intensidade, duração, local de ocorrência, entre outros. Possivelmente, os desastres relacionados a baixa pluviosidade apresentam altos prejuízos, pois costumam ser os mais prolongados, enquanto as chuvas intensas podem ocorrer de forma localizada, porém algumas vezes em cidades sem estrutura adequada para suportar o volume de chuva recebido. Os custos gerados por danos em infraestrutura para todos os eventos extremos analisados nos últimos 10 anos somam R\$ 4,8 bilhões, para o setor público o prejuízo total foi de R\$ 4,0 bi e para o setor privado os prejuízos foram muito maiores, somando R\$ 35 bilhões.

Como avaliação dos impactos associados a eventos extremos na economia municipal, foram obtidas as séries municipais de Valor Adicionado Bruto (VAB) e Produto Interno Bruto (PIB), entre 2010 e 2020, da Fundação João Pinheiro (2022). O PIB e VAB total municipal apresentou um crescimento no período na grande maioria dos municípios, mesmo em anos com prejuízos relacionados a desastres naturais. Conclui-se que as implicações econômicas dos desastres não foram significativas o suficiente para refletir nesses indicadores, podendo ter afetado o crescimento municipal de alguma forma que não se pode verificar.

Foram comparados então os VABs relacionados a agropecuária, indústria, serviços e serviços públicos com os prejuízos econômicos do S2ID para: agricultura e pecuária; indústria; serviços do setor privado; e serviços públicos, respectivamente. No setor de serviços, tanto públicos quanto privados, poucos municípios apresentaram alguma redução no VAB em anos com desastres naturais. Por sua vez, os VABs da indústria e da agropecuária foram menores que a média do período em mais de 100 municípios no ano de 2017. Esse ano foi o primeiro da série analisada no item 4.2.1 com um pico de eventos relacionados a baixa pluviosidade. No setor da agricultura o VAB abaixo da média em mais de 100 municípios ocorreu também em 2018 e 2019, esse segundo ano também apresentou grande número de secas e estiagens.

Apesar desses números apresentarem possíveis indicativos do impacto dos eventos extremos na economia municipal, não se pode afirmar que há relação direta entre eles, muito menos estimar custos a partir deles. Isso se deve aos diversos fatores que podem refletir nos indicadores econômicos, como a economia externa, questões políticas, sociais, entre outros. Avalia-se, portanto, que não dados suficientes para avaliar objetivamente as implicações econômicas de eventos extremos ocorridos no estado, contudo, pode-se afirmar que esses impactaram setores da economia, sendo de forma direta ou indireta, porém a mensuração parte apenas dos danos e prejuízos diretos registrados no S2ID.

4.3.2 Análise de custo-benefício da implementação do PMSH

O custo-benefício do PMSH está relacionado aos investimentos previstos para a sua implementação com os custos evitados, em grande parte associados à prejuízos que seriam causados por eventos extremos. Nesta etapa do trabalho, o valor total para a implementação do PMSH ainda não é conhecido, sendo que os investimentos relacionados às obras e projetos que devem prevenir e mitigar os efeitos de desastres naturais serão orçados no Produto 4 - Banco de Projetos.

Assim, pode-se mensurar como prejuízos relacionados aos desastres naturais os apresentados no item anterior. Em eventos de secas e estiagens combinados a média de prejuízos é de R\$ 12,8 milhões nos desastres reconhecidos pela defesa civil. Nos eventos relacionados a altas precipitações (chuvas intensas, enxurradas, alagamentos, inundações e deslizamentos) a média de prejuízo por evento é de 16,27 milhões de reais.

Não há como prever a quantidade de desastres que podem ocorrer nos próximos anos por eventos extremos, porém, considerando tendências de aumento principalmente de eventos de estiagem distribuídos pelo estado e de chuvas intensas no nordeste de Minas Gerais, conforme o relatório 6 do IPCC (2022), estima-se que os prejuízos serão ainda maiores do que os do período analisado. O total de prejuízos causados por desastres naturais entre 2013 e 2022 foi de quase R\$ 44 bilhões, apenas com os impactos diretos à infraestrutura, aos

municípios e aos setores produtivos, visto que os impactos econômicos indiretos não puderam ser estimados.

A partir dos estudos realizados ao longo de todo o PMSH poderão ser propostas medidas estruturais, como construção de reservatórios para mitigar o impacto de estiagens em algumas regiões, investimento em infraestrutura de drenagem urbana nas cidades e medidas não estruturais como a implementação de programas de incentivo à restauração ambiental e a desocupação de áreas de risco de deslizamentos, por exemplo. Essas medidas servirão para mitigar ou até evitar alguns impactos causados por desastres naturais.

Com o conhecimento do custo das medidas propostas nesse Plano, poderá ser realizada uma análise de custo-benefício considerando-se os investimentos e custos evitados conhecidos. Sabe-se, porém, que tanto o impacto econômico total dos desastres naturais, quanto o alcance de cada medida mitigadora muitas vezes são maiores do que os conhecidos, devido à complexidade dos sistemas naturais e sociais em uma região ampla e heterogênea como o estado de Minas Gerais.

4.4 Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente ao rompimento de barragens

A segurança de barragens é um tema que passou a ser mais discutido conforme o aumento da construção dessas estruturas e ganhou maior notoriedade frente à sociedade após a ocorrência de desastres decorrentes de rompimentos de barragens, no Brasil especialmente os ocorridos em Minas Gerais em 2015 e 2019. No ano de 2010 foi criada a Lei Federal nº 12.334, que teve como um dos seus objetivos aumentar a segurança e as fiscalizações das barragens, criando-se a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A PNSB tem como objetivo garantir os padrões de segurança destinados à barramentos com acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Após a regulamentação nacional houve a mobilização de diversos órgãos fiscalizadores buscando levantar informações e incentivar os empreendedores a regularizar as barragens com as ferramentas criadas pela PNSB.

A Política Nacional de Segurança de Barragens abrange estruturas com altura maior ou igual a 15 metros ou volume de 3 hm³ ou maior, ou ainda que contenham resíduos perigosos ou Dano Potencial Associado médio ou alto, porém todas as barragens devem ser cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). O SNISB é um dos instrumentos da PNSB, assim como o sistema de classificação de barragens por categoria de risco (CRI) e por dano potencial associado (DPA) e o Plano de Segurança de Barragem, que inclui as Inspeções Regulares (ISR) e Especiais (ISE), o Plano de Ações de Emergência (PAE) e revisão periódica de segurança (RPSB). Por fim, também é um instrumento da PNSB o Relatório de Segurança de Barragens (RSB), que tem por objetivos apresentar um panorama da evolução da segurança das barragens brasileiras e da implementação da PNSB, além de apontar diretrizes para a atuação de fiscalizadores e empreendedores. Todos os instrumentos mencionados aqui são utilizados neste capítulo como referência para o inventário de barragens, a avaliação de risco e vulnerabilidade a eventos de rompimento de

barragens e para a identificação de estruturas hidráulicas que podem oferecer risco à segurança hídrica no estado de Minas Gerais.

Em 2015 o rompimento da Barragem do Fundão, em Mariana, evidenciou a necessidade de ampliar os sistemas de levantamento e fiscalização de barragens, assim como os demais instrumentos que auxiliam na sua segurança. Com um impacto ainda maior na perda de vidas humanas, em janeiro 2019 ocorreu um segundo desastre de rompimento de barragem em Minas Gerais: a Barragem I da mina Córrego do Feijão, pertencente à mineradora Vale S.A, localizada em Brumadinho na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Ambas essas barragens possuíam a função de contenção de rejeitos da mineração e alteamento de montante, método construtivo considerado menos seguro, que utiliza os próprios rejeitos como base para novos diques no aumento da sua estrutura. Após o segundo evento de rompimento citado, esse método construtivo foi proibido, primeiramente pela Política Estadual de Segurança de Barragens de Minas Gerais, Lei Estadual nº 23.291/2019 e, posteriormente pela Lei Federal nº 14.066/2020, que altera a Política Nacional de Segurança de Barragens.

4.4.1 Inventário de reservatórios *off-stream*, barragens de rejeito, resíduos perigosos e água

Para consolidação de um inventário de barragens de Minas Gerais foram consultadas diversas fontes com cadastros de reservatórios no estado. Primeiramente realizou-se consulta ao cadastro do SNISB 2021 (BRASIL, 2022a), mais atual disponível, no qual há 1.002 barragens cadastradas no estado. Outros cadastros nacionais utilizados foram da Agência Nacional de Mineração (ANM), o SIGBM (BRASIL, 2023d) e da Agência Nacional de Energia Elétrica, o SIGEL (BRASIL, 2023e).

O SIGBM apresentou 354 barragens cadastradas em Minas Gerais e apenas 9 não constavam no SNISB, sendo então adicionadas ao inventário. Considerando também algumas especificidades observadas no cadastro de barragens de mineração e a importância desses reservatórios no estado, foram adicionadas ao inventário informações de minério principal e método construtivo dessas barragens. Devido ao simples cruzamento de informações observado entre o SNISB e o SIGBM e à alta completude de informações em ambos os cadastros, foi possível adicionar dados de altura e volume faltantes no SNISB, mas registrados na ANM. Ainda, após verificação de coerência entre os dados nessas planilhas, foram identificados alguns casos em que se acredita haver erro na capacidade de reservatórios do SNISB devido à unidade utilizada (hm^3), esses foram destacados e corrigidos no inventário consolidado.

No SIGEL, por outro lado, houve 336 barragens que não constavam no SNISB em Minas Gerais, porém dessas, grande parte se encontra em etapas anteriores à implantação e ainda não foram construídas. Foram importadas para o inventário 77 barragens de hidrelétricas a partir do cadastro da ANEEL, é importante ressaltar que esse contém informações bastante específicas de geração de energia e não possui dados importantes dos reservatórios como: Dano Potencial Associado, Categoria de Risco, altura e volume. Foi consultado também o cadastro da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para massas d'água, esse, porém, a maior parte das feições delimitadas como massa d'água não possui nenhuma informação de identificação do reservatório, excluindo-se também corpos d'água naturais, foi possível identificar apenas um reservatório que ainda não constava nos cadastros já analisados, a Barragem Bico da Pedra, de abastecimento humano.

Por fim, foram consultados cadastros estaduais de barragens, a partir do IDE-Sisema (2023) obteve-se a planilha de barragens de contenção de rejeitos e resíduos da FEAM. Nela, foram identificados 318 empreendimentos coincidentes com os cadastros já consolidados até então e os demais 321 registros foram importados para o inventário. Na data de 11/01/2023 o IGAM disponibilizou o seu cadastro estadual de barragens que também foi avaliado e apresentou 372 registros já presentes no inventário e mais 615 barragens não identificadas no SNISB e demais fontes. Entre as 615, porém, 40 não possuem nenhuma informação no cadastro, assim, as 575 barragens restantes foram inseridas no inventário do estado.

Complementou-se ainda as informações estaduais com o cadastro de outorgas de barramentos do estado. Dentre as outorgas de águas superficiais para barramento foram identificadas 396 em todo o estado e outras 26 outorgas coletivas para barramento. Foi possível observar que 23 desses barramentos já constavam no inventário por meio das outras fontes consultadas, assim, 399 novos cadastros foram incluídos, porém com informações bastante reduzidas sobre as estruturas, não constando por exemplo o nome das barragens.

Após a união de todos os reservatórios identificados, esses foram espacializados por meio de ferramentas de SIG e notou-se algumas inconsistências quanto à localização das barragens. Assim, realizou-se uma consolidação dos pontos que não se encontravam próximos a reservatórios nas imagens analisadas, recorrendo-se também a buscas por informações que auxiliassem na localização de alguns reservatórios específicos.

Com essa espacialização foi possível a realização de estimativas de volumes de algumas barragens que não possuíam essa informação. Para tanto, os seguintes procedimentos foram adotados.

Inicialmente, estabeleceu-se uma relação entre os pontos de contenção e as massas de água. Este processo envolveu a utilização de ferramentas de correlação espacial, que permitiu a integração de tabelas de atributos com base na proximidade ou sobreposição espacial das feições, e a seleção por localização, que identifica feições com base na proximidade ou sobreposição. Para garantir a consistência do processo, as distâncias calculadas entre os pontos originais e as feições correlatas foram utilizadas para visitar as feições com as maiores distâncias, a fim de confirmar a correção das relações estabelecidas.

Uma vez efetuada a correlação, foi calculado o volume a partir da área do espelho d'água, utilizando-se como referência o fator de conversão validado no Plano de Trabalho e no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (SEMA, 2016), que foi baseado em cerca de 920 açudes pesquisados, correspondendo a um volume de 23.000 m³/ha. Ao aplicar esse fator de correção, foi possível expandir o conjunto de barragens com volume conhecido em 60 unidades.

Porém, uma estimativa correlata não foi aplicada com base na utilização de modelo de terreno. Isso se deve a diversos fatores, incluindo a baixa acurácia das coordenadas dos barramentos disponíveis nos cadastros, a ausência de barramentos identificáveis em imagens de satélite num raio superior a 500m do ponto indicado do barramento, a ocorrência de casos onde o mesmo ponto pode ser atribuído a mais de uma barragem identificada em imagem de satélite, a incerteza associada à localização do ponto que influencia grandemente a estimativa baseada em modelo de terreno, e a falta de um mapeamento preexistente, que dificulta a validação das estimativas a serem realizadas com base em modelos de terreno.

Devido aos diferentes níveis de informação sobre os reservatórios em cada fonte consultada, infelizmente, algumas das análises de diagnóstico que serão apresentadas a seguir possuem um grande número de estruturas sem informação. Essa questão, assim como a dificuldade de relacionar os cadastros entre si, resultando em checagens manuais para cruzamento das barragens presentes em mais de uma fonte de dados - o que aumenta as chances de erros no inventário -, pode ser trabalhada em ações relacionadas ao cadastramento. Sabe-se que o estado de Minas Gerais possui um amplo trabalho de identificação e cadastro das barragens, que está em desenvolvimento. Para que esses resultados possam ser utilizados em diversas aplicações, recomenda-se que haja um aprofundamento no relacionamento direto com os cadastros nacionais e que se busque manter, no mínimo, o mesmo nível de informação apresentado no SNISB.

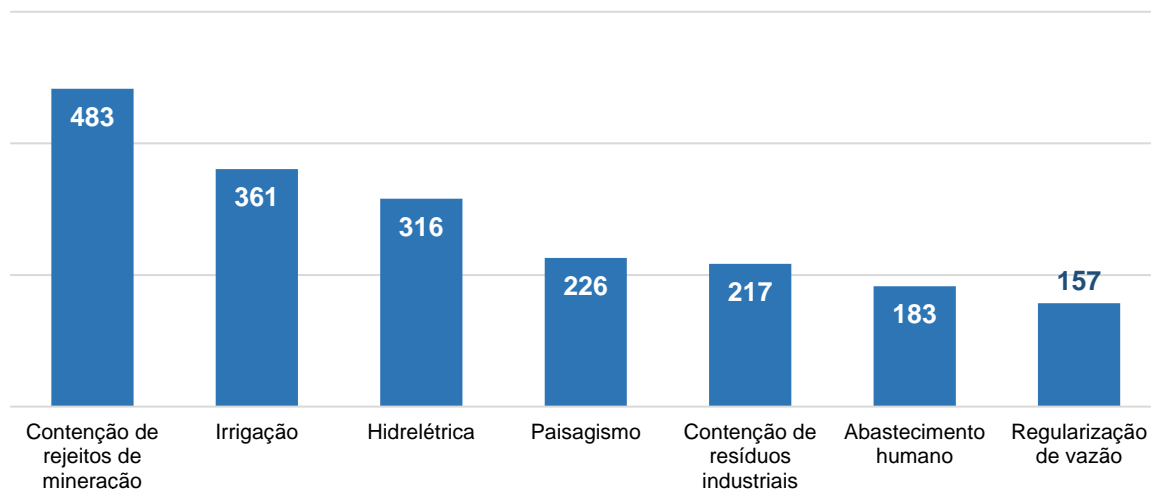
A partir do inventário realizado, conclui-se que há um total de 2.384 barragens cadastradas no estado. No Quadro 4-36 estão colocadas as quantidades de barragens levantadas por tipo de uso. Avaliando-se a Figura 4.16, percebe-se que grande parte possui função de contenção de rejeitos de mineração (483) e de irrigação (361), seguidos pela geração de energia elétrica (316), esses três usos concentram quase a metade das barragens do inventário. Em quarto lugar estão as barragens para paisagismo, classe com número relativamente alto de estruturas, seguida pela contenção de resíduos industriais. O abastecimento humano aparece em sexto lugar no número de barragens cadastradas no estado, com poucos reservatórios a mais do que os utilizados para regularização de vazão. Os demais usos representam uma quantidade pequena de barramentos em comparação com o total do estado.

Quadro 4-36 - Número de barragens por tipo de uso.

Uso Principal	Total
Abastecimento humano	183
Aquicultura	18
Consumo agroindustrial	14
Contenção de águas pluviais	1
Contenção de rejeitos de mineração	483
Contenção de resíduos industriais	217
Contenção de Sedimentos	14
Defesa contra inundações	19
Dessedentação Animal	96
Hidrelétrica	316
Industrial	46
Instruções e atividades militares diversas para o pessoal do exército	2
Irrigação	361
Paisagismo	226
Patrimônio histórico	1
Proteção do meio ambiente	1
Recreação	45
Regularização de vazão	157
Travessia	1
Não informado	183
Total	2.384

Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Figura 4.16 - Número de barragens por uso principal, categorias mais recorrentes.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Em relação aos empreendedores responsáveis pelos barramentos, foram identificados 973 diferentes, sendo que 630 possuem apenas uma barragem cadastrada e 153 possuem duas, esses casos incluem diversas pessoas físicas com barragens em fazendas, mas também pequenas mineradoras e empresas geradoras de energia. Outros 178 empreendedores possuem entre 3 e 14 barragens no estado e em 23 reservatórios cadastrados não há informação do empreendedor. Destacam-se, porém, os 11 empreendedores que possuem 16 ou mais barragens no estado, apresentados no Quadro 4-37, sendo que a companhia de saneamento do estado e a VALE S.A. possuem números consideravelmente maiores que os demais (147 e 144, respectivamente), seguida pela companhia energética do estado (41). Entre as barragens da COPASA a maior parte, 120 das 147, são barragens de nível, ou seja, normalmente estruturas pequenas que servem apenas para elevar o nível da água em determinado ponto para permitir a captação para o abastecimento.

Em geral, percebem-se diversas mineradoras e algumas companhias de geração de energia elétrica entre os empreendedores com mais barragens em Minas Gerais. A importância de conhecer os responsáveis por cada empreendimento, para a segurança de barragens, está associada ao cumprimento das determinações legais que garantem a segurança e ações a serem seguidas em caso de emergência.

Quadro 4-37 – Empreendedores com mais barragens cadastradas no estado.

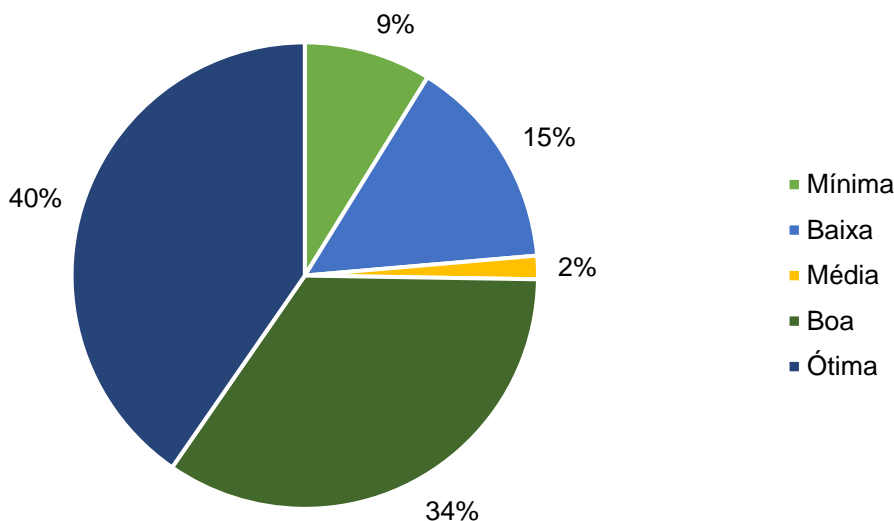
Empreendedor	Barragens cadastradas
COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS - COPASA	147
VALE S.A.	144
COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG	41
MINERAÇÃO USIMINAS S.A.	24
MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA	23
JC GROSSI & FILHOS AGRÍCOLA LTDA	23
BIOENERGETICA VALE DO PARACATU S.A	22
MAMONEIRA AGROPASTORIL S/A	18
FURNAS-CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.	17
ANGLOGOLD ASHANTI CÓRREGO DO SÍTIO MINERAÇÃO S.A.	17
SAMARCO MINERAÇÃO S.A.	16

Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Alguns empreendedores importantes não apresentaram nenhum cadastro na principal fonte de dados nacional de barragens, o SNISB, é o caso da JC GROSSI & FILHOS AGRÍCOLA LTDA, BIOENERGETICA VALE DO PARACATU S.A. e MAMONEIRA AGROPASTORIL S.A. Todas essas possuem registros no cadastro do IGAM, sendo uma oportunidade de atividade para os órgãos estaduais a solicitação de regularização desses empreendedores no âmbito do PNSB, que exige o cadastramento de todas as barragens no SNISB.

Como já observado, estão submetidas à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) as estruturas com altura maior ou igual a 15 metros ou volume de 3 hm³ ou maior, ou ainda que contenham resíduos perigosos ou Dano Potencial Associado médio ou alto. Tal exigência inclui 840 das barragens cadastradas no estado, 1.096 não se enquadram nesses critérios e 448 não possuem dados suficientes para realizar a classificação quanto à submissão à Lei nº 12.334/2010. A partir do SNISB, tem-se um Indicador de Completude da Informação, conforme apresentado na Figura 4.17, ele mostra que 74% das barragens cadastradas no SNISB se encontram na faixa boa ou ótima relacionada à quantidade de dados disponíveis e apenas 9% na faixa mínima. Em relação às demais fontes de barragens cadastradas, pode-se dizer que o SIGEL possui um nível muito baixo de informações sobre os barramentos e seus reservatórios, essa fonte representa 336 barragens do inventário. Os dados obtidos da FEAM possuem um nível médio de informações, sendo 488 barragens do inventário provenientes dessa fonte. Por fim, o SIGBM e o cadastro disponibilizado pelo IGAM apresentam um nível alto de informações apresentadas sobre os empreendimentos de barragens, sendo 578 cadastros obtidos dessas duas fontes de informação.

Figura 4.17 - Indicador de Completude da Informação - SNISB.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a).

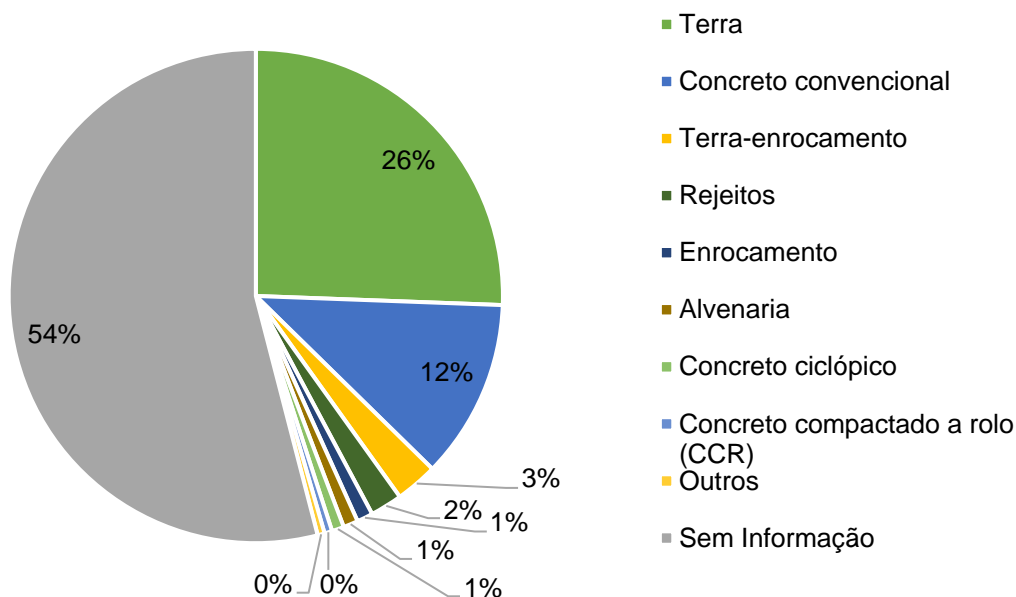
Algumas das principais características das barragens obtidas dos cadastros são apresentadas nos gráficos da Figura 4.18 à Figura 4.20. Quanto ao material de construção dos maciços, mais da metade das barragens não possui informação, entre os materiais conhecidos, a maioria é feita de terra e uma quantidade significativa de concreto convencional. Os principais usos das barragens de terra são: contenção de rejeitos de mineração, irrigação e paisagismo.

As barragens de concreto convencional, por sua vez, são quase todas utilizadas para hidrelétricas e abastecimento humano.

Para as informações de altura e volume das barragens a falta de dados é reduzida, em comparação ao tipo de material, porém ainda é bastante significativa, sendo 23% do total de cadastros no inventário e reduzida para 20% nos dados de volume devido às estimativas realizadas. Grande parte possui até 15 metros (60%), altura a partir da qual a barragem passa a se enquadrar na PNSB. Um número considerável de barragens tem entre 15 e 60 metros de altura. Acima de 60 metros há 59 barragens, sendo que na maior faixa (mais de 100 metros) são 12, seis de contenção de rejeitos de mineração e seis de hidrelétricas.

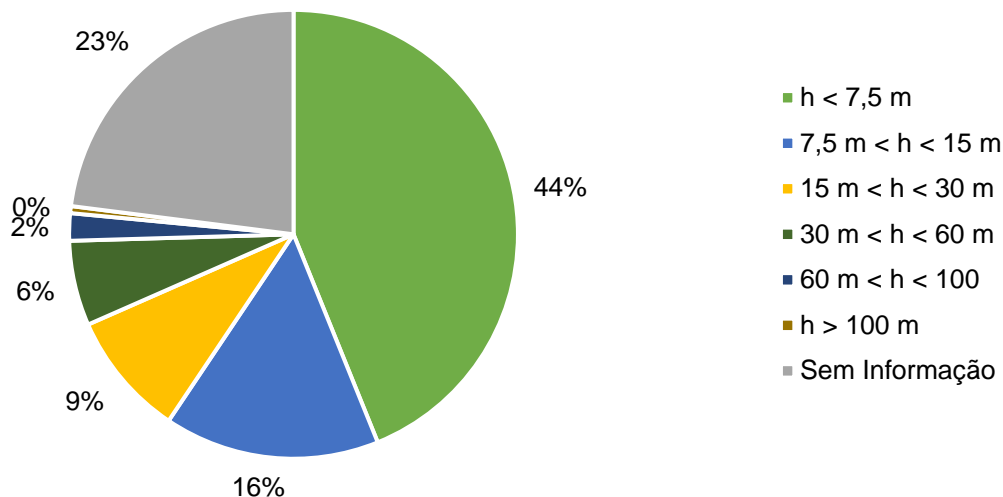
A capacidade das barragens cadastradas é majoritariamente pequena, com menos de 1 hm³. Observa-se uma quantidade relativamente alta de barragens entre 5 e 75 hm³, sendo a maioria delas para contenção de rejeitos de mineração e, em seguida, de hidrelétricas. Nas faixas de volume “Grande” e “Muito grande” há 67 barragens, sendo que dessas 46 são de hidrelétricas, nove de contenção de rejeitos de mineração, sete para abastecimento humano, três de irrigação e as duas restantes para dessedentação animal e regularização de vazão. Entre as barragens com mais de 200 hm² chamam atenção 15 barramentos de terra, sendo três deles de contenção de rejeitos: Pontal, em Itabira, Barragem Eustáquio e Barragem Santo Antônio, em Paracatu.

Figura 4.18 - Material das barragens.



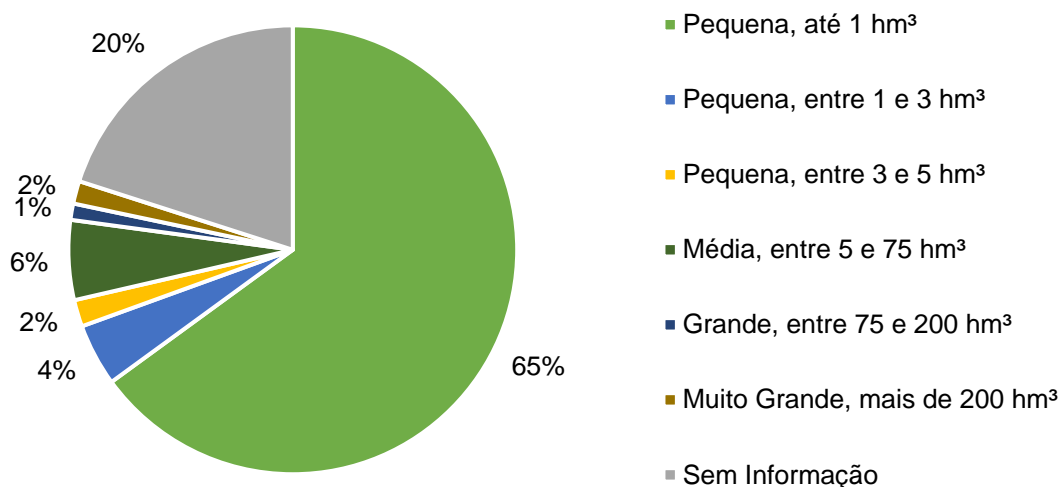
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Figura 4.19 - Barragens por faixas de altura.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Figura 4.20 - Barragens por faixas de volume (capacidade).



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A localização das barragens é apresentada no Mapa 4.70 e no Quadro 4-38, que contém o total de barragens por Unidade Estratégica de Gestão e Circunscrição Hidrográfica. Observa-se um grande número de estruturas na UEG1 – Afluentes do Alto Rio São Francisco, que compreende quase a totalidade da Região Metropolitana de Belo Horizonte e o quadrilátero ferrífero, esse último sendo possivelmente o maior responsável pelo alto número de barragens na UEG, pois mais da metade delas possui finalidade de contenção de rejeitos de mineração. O quadrilátero ferrífero é uma estrutura geológica que coincide com a maior concentração observada de barragens da mineração e ocorre na região divisória das bacias dos Rios Paraopeba (SF3) e das Velhas (SF5), CHs que possuem mais barramentos dentro da UEG1.

A UEG6, que se encontra na região do Alto Paranaíba e em grande parte do Triângulo Mineiro, é a que possui maior número de barragens e, assim como a UEG2 que abrange o norte do estado, se destaca pelo alto número de reservatórios para irrigação. Na UEG2 as barragens se concentram na SF7, porção noroeste de Minas Gerais.

Na UEG4 há muitas barragens tanto para contenção de rejeitos de mineração, quanto de hidrelétricas, sendo concentradas na sua porção sudoeste, com as CHs: DO1, DO2 e DO3; mais próximas à região metropolitana e ao quadrilátero ferrífero. A UEG3 se destaca pelo grande número de hidrelétricas, assim como a UEG7, que apesar de ser a segunda com menor número de barragens, só está depois da UEG6 na concentração de barramentos por área. A UEG5 apresenta a menor quantidade de barragens no estado, sendo que a maior parte delas é para abastecimento humano.

Quadro 4-38 – Número de barragens por UEG e CH.

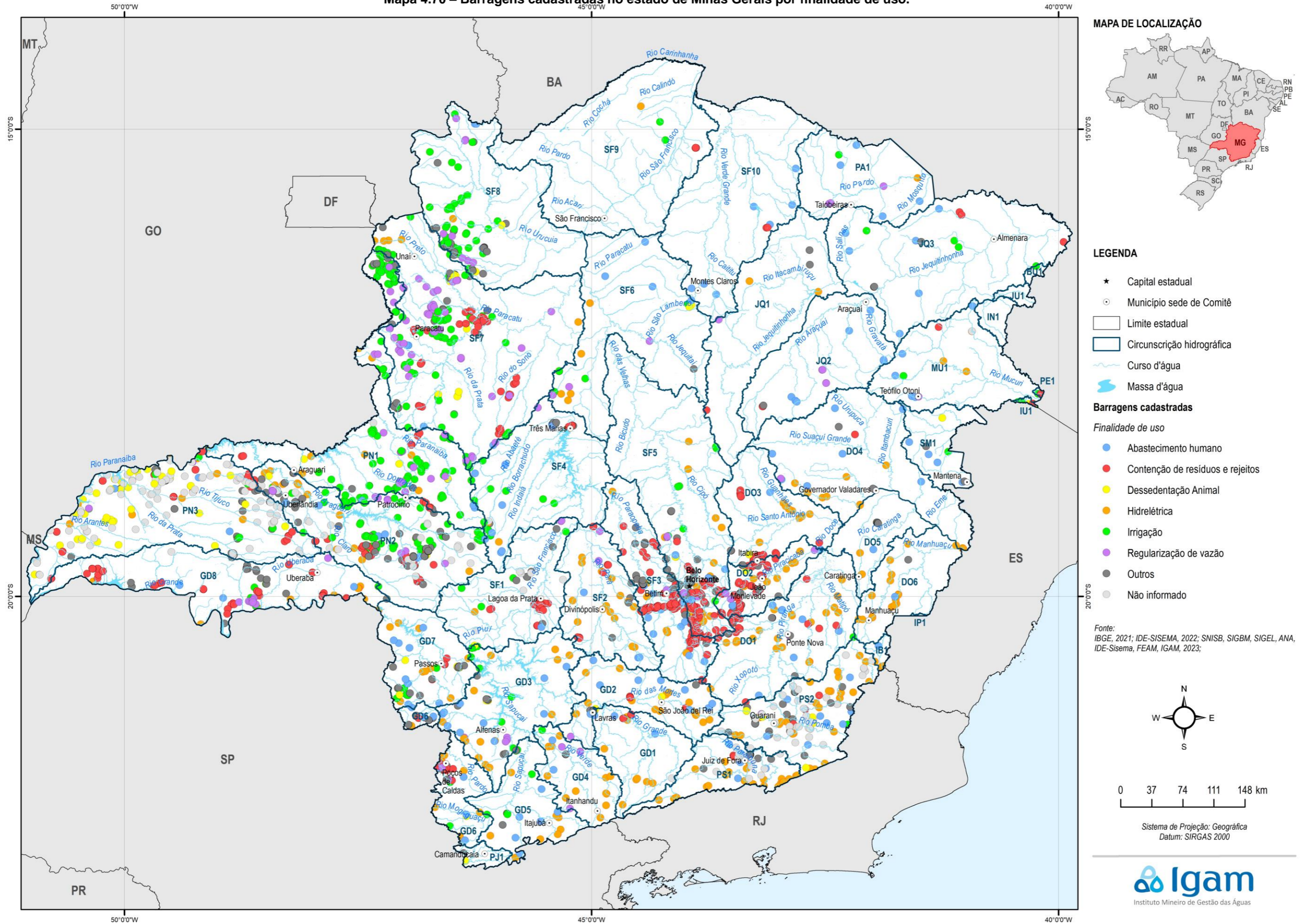
Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Número de barragens
1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	45
	SF2	39
	SF3	218
	SF4	37
	SF5	186
Total UEG1		525
2 - Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	21
	SF7	226
	SF8	79
	SF9	6
	SF10	9
Total UEG2		341
3 - Afluentes do Rio Grande	GD1	21
	GD2	47
	GD3	51
	GD4	21
	GD5	26
	GD6	57
	GD7	51
	GD8	96
	PJ1	2
Total UEG3		372
4 - Afluentes do Rio Doce	DO1	65
	DO2	105
	DO3	36
	DO4	24
	DO5	15
	DO6	19
Total UEG4		264
5 - Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	MU1	12
	SM1	8
	JQ1	6
	JQ2	15
	JQ3	16
	PA1	9
	BU1	1
	IN1	0
	IU1	7
PE1	3	
Total UEG5		77
6 - Afluentes do Rio Paranaíba	PN1	183
	PN2	224

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Número de barragens
	PN3	224
Total UEG6		631
7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	53
	PS2	118
	IB1	3
Total UEG7		174

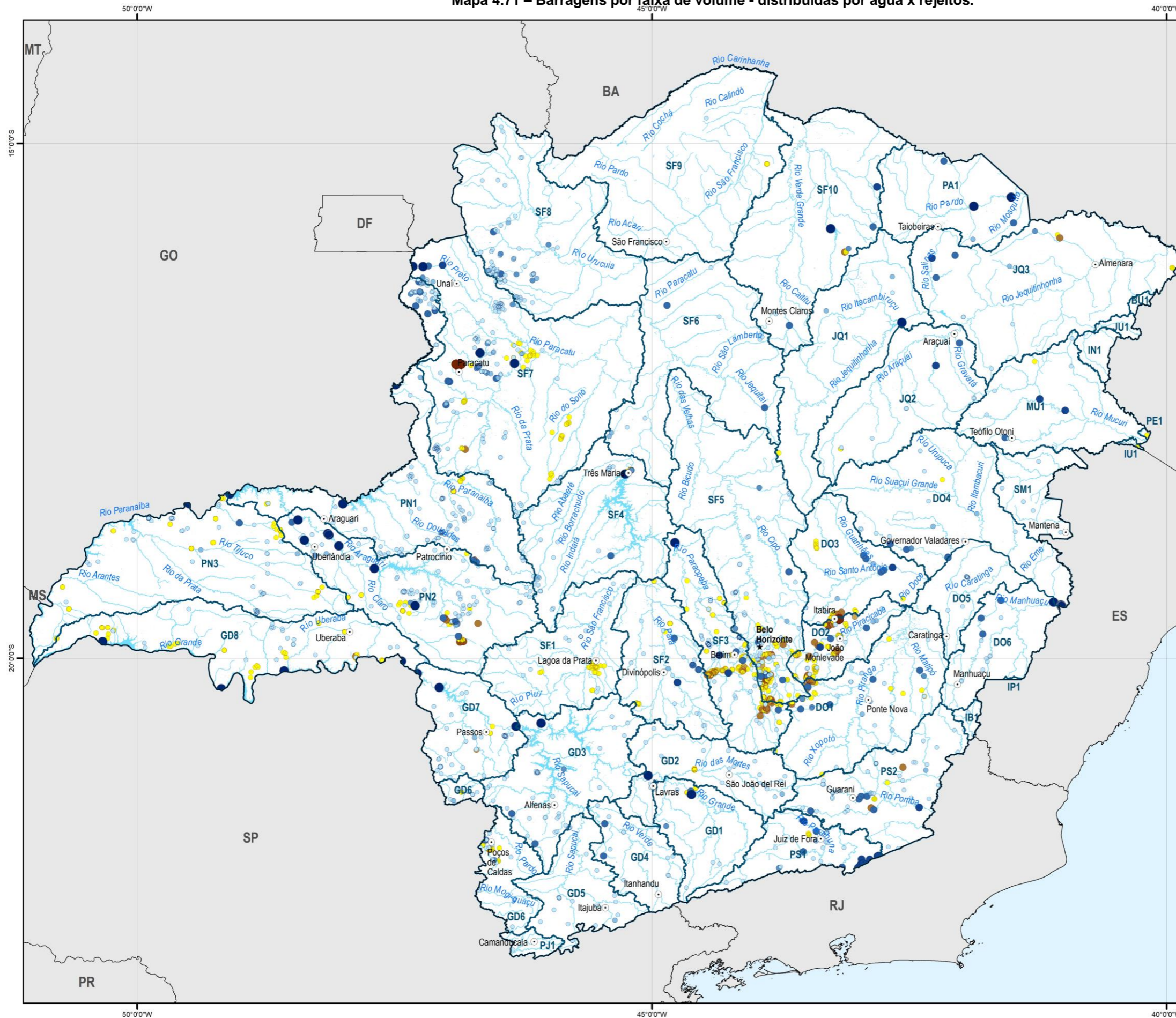
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Em seguida, o Mapa 4.71 apresenta a distribuição dos reservatórios de água e de rejeitos ou resíduos com indicação das suas faixas de volume.

Mapa 4.70 – Barragens cadastradas no estado de Minas Gerais por finalidade de uso.



Mapa 4.71 – Barragens por faixa de volume - distribuídas por água x rejeitos.



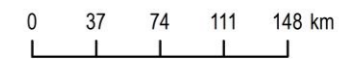
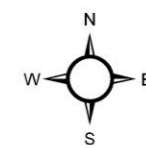
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscritão hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Faixa de volume**
- Barragens de água**
- Muito Grande
- Grande
- Média
- Pequena (3 - 5 hm³)
- Pequena (1 - 3 hm³)
- Pequena (< 1 hm³)
- Barragens de rejeito**
- Muito Grande
- Grande
- Média
- Pequena (3 - 5 hm³)
- Pequena (1 - 3 hm³)
- Pequena (< 1 hm³)

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Barragens *off-stream*, localizadas fora de canais de drenagem, não possuem um inventário no âmbito nacional. Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) iniciou o cadastramento de reservatórios (piscinões) escavados em solo com formação de aterro compactado para as atividades do agronegócio. Foram obtidos os dados disponíveis até o momento junto ao IGAM e observa-se um cadastro de 393 piscinões. As informações levantadas são de grande importância para a identificação dos proprietários desses reservatórios e para um diagnóstico inicial, porém faltam dados como coordenadas para a sua localização. Entende-se, contudo, que essas barragens existem principalmente com a finalidade de reservação de água para períodos de estiagem em áreas rurais, garantindo a manutenção da agricultura irrigada. A ampliação do uso dessas estruturas e a ocorrência de alguns rompimentos levou a uma ampliação na regulação e cadastro dos reservatórios fora do leito pelo IGAM, porém, ainda muito recente. Há registro desses rompimentos principalmente na região noroeste do estado (MOREIRA *et al.*, 2022). É possível também que em áreas mais urbanas ocorram reservatórios desse tipo para amortecimento de enxurradas e alagamentos, como por exemplo no município de Belo Horizonte, que sofre constantemente com esse tipo de evento.

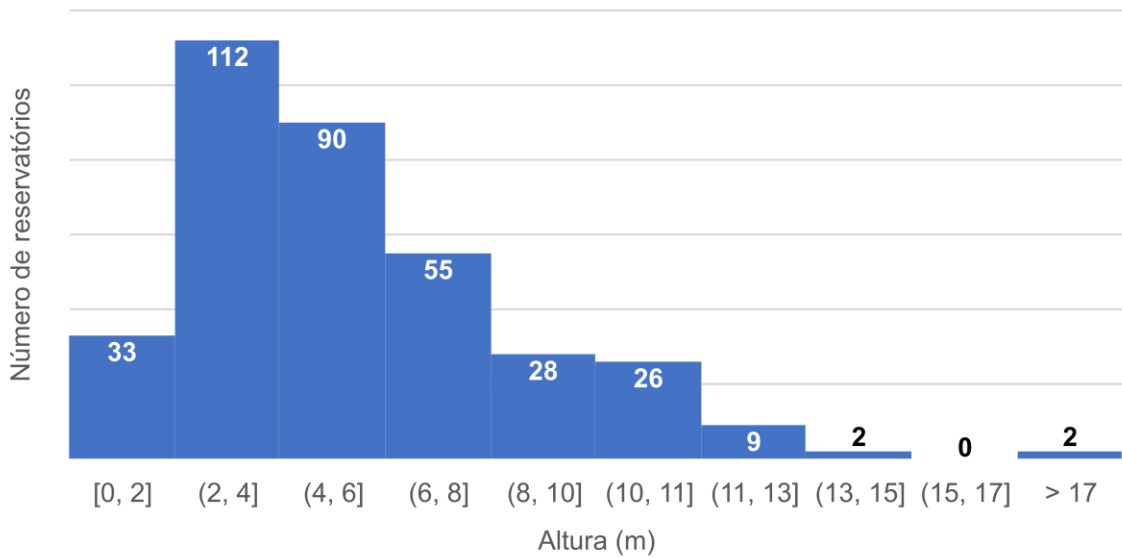
A partir da observação dos dados disponíveis pode-se inferir que a maior concentração de reservatórios do tipo piscinão está de fato nas regiões caracterizadas pelo destaque da agropecuária, conforme o Quadro 4-39. Na Figura 4.21 e na Figura 4.22 estão distribuídos os números de reservatórios *off-stream* por altura e volume informados. A grande maioria dos piscinões possui alturas e volumes pequenos, sendo 79% deles com capacidade menor que 1 m³. O barramento mais alto está localizado na Fazenda Marrecos "Capão", com 53 metros de altura, porém apenas 0,012 m³. Na Fazenda Abaeté dos Mendes se encontra o piscinão de maior volume do cadastro, com 2,28 hm³, cadastrado nas URGAs TM/AP.

Quadro 4-39 - Número de barragens *off-stream* cadastrados por URGA.

UNIDADES REGIONAIS DE GESTÃO DAS ÁGUAS – URGAS	Número de piscinões
Unidade Regional de Gestão das Águas Noroeste de Minas – URGA NOR	127
Unidade Regional de Gestão das Águas Sul de Minas – URGA SM	8
Unidade Regional de Gestão das Águas Triângulo Mineiro – URGA TM e Unidade Regional de Gestão das Águas Alto Paranaíba – URGA AP	242
Unidade Regional de Gestão das Águas Jequitinhonha – URGA JEQ	9
Unidade Regional de Gestão das Águas Norte de Minas - URGA NM	3
Unidade Regional de Gestão das Águas Leste Mineiro – URGA LM	1
Unidade Regional de Gestão das Águas Central Metropolitana – URGA CM	3

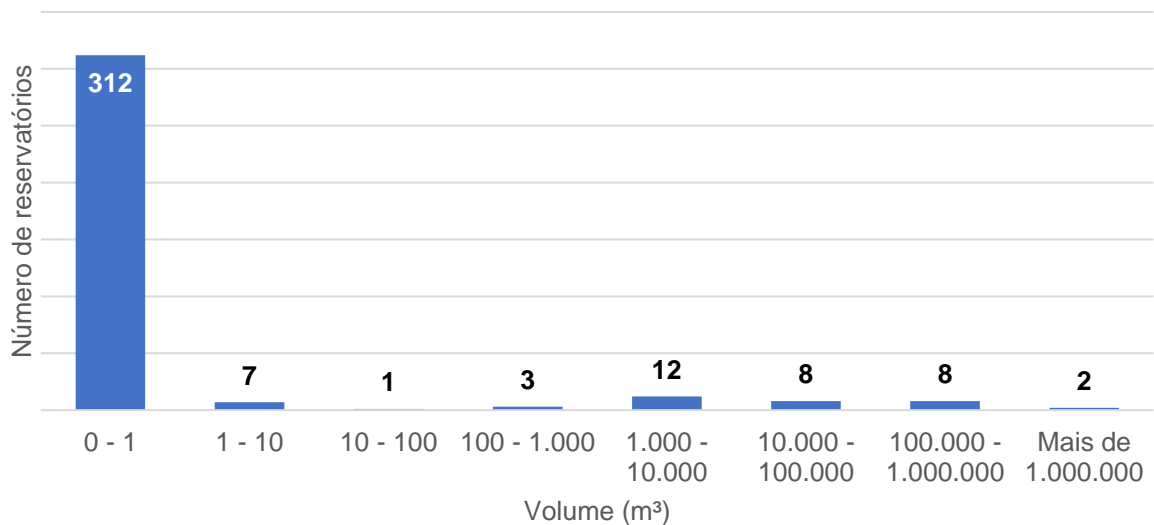
Fonte: IGAM (2023).

Figura 4.21 – Barragens *off-stream* por altura.



Fonte: IGAM (2023).

Figura 4.22 – Barragens *off-stream* por volume.



Fonte: IGAM (2023).

4.4.2 Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos de rompimento de reservatórios

Dois instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens estão diretamente relacionados a avaliação de risco e de vulnerabilidade de rompimento de barragens: o índice de Categoria de Risco (CRI) e o índice de Dano Potencial Associado (DPA).

O índice de Categoria de Risco (CRI) de uma barragem diz respeito aos aspectos da própria barragem que possam influenciar na probabilidade de um acidente: aspectos de projeto, integridade da estrutura, estado de conservação, operação e manutenção, atendimento ao Plano de Segurança, entre outros aspectos. O Mapa 4.72 apresenta a distribuição de CRI das barragens no estado.

Já o índice de Dano Potencial Associado (DPA) é o dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais. O DPA de cada barragem no território de Minas Gerais pode ser observado no Mapa 4.73.

As metodologias de classificação dos índices CRI e DPA são descritas no Produto 4 dos documentos estruturantes do Plano Nacional de Segurança de Barragens (PSNB), realizados no âmbito do Contrato entre a ANA e o Banco Mundial contendo definições e boas práticas para a estruturação da PNSB. Após a definição dos índices, a Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado (Quadro 4-40), presente na Resolução ANA nº 91/2012, art. 3º/Anexo I, determina classes a partir das quais são indicadas as periodicidades das revisões periódicas da segurança de barragens e o escopo que cada Plano de Segurança de Barragens deve conter.

Quadro 4-40 - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.

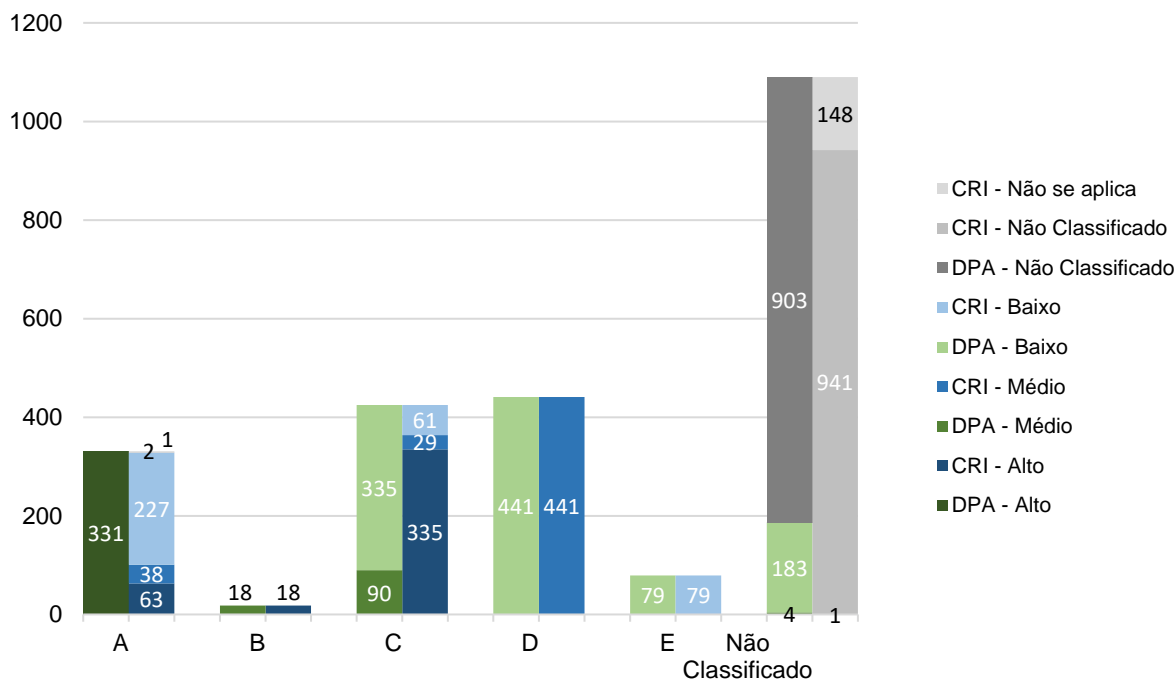
Categoria de Risco	Dano Potencial Associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	C	D
Baixo	A	C	E

Nota: A ANA pode rever a classificação da barragem em função de uma modificação estrutural na mesma ou de mudanças nas áreas a jusante que exigem uma revisão de categoria de risco ou de dano potencial associado.

Fonte: BRASIL (2014).

Das 2.384 barragens do inventário de Minas Gerais, 902 não possuem classificação de CRI nem de DPA, principalmente devido aos cadastros da ANEEL, FEAM e outorgas do IGAM que não trazem tais informações. Outras 190 possuem apenas informação do DPA e uma apenas do CRI. A classe A, que contém todas as barragens com DPA alto, contempla 331 barragens, já as classes C e D concentram grande parte dos cadastros, com mais de 400 empreendimentos em cada categoria. A Figura 4.23 apresenta a distribuição dos índices CRI e DPA das barragens de cada classe e em seguida no Mapa 4.74 são representadas as classes das barragens de forma espacializada no estado. A partir da identificação das barragens com pouca ou nenhuma informação relevante para a avaliação de risco, as ações estaduais referentes à fiscalização e regularização dessas estruturas podem concentrar seus esforços nesses locais.

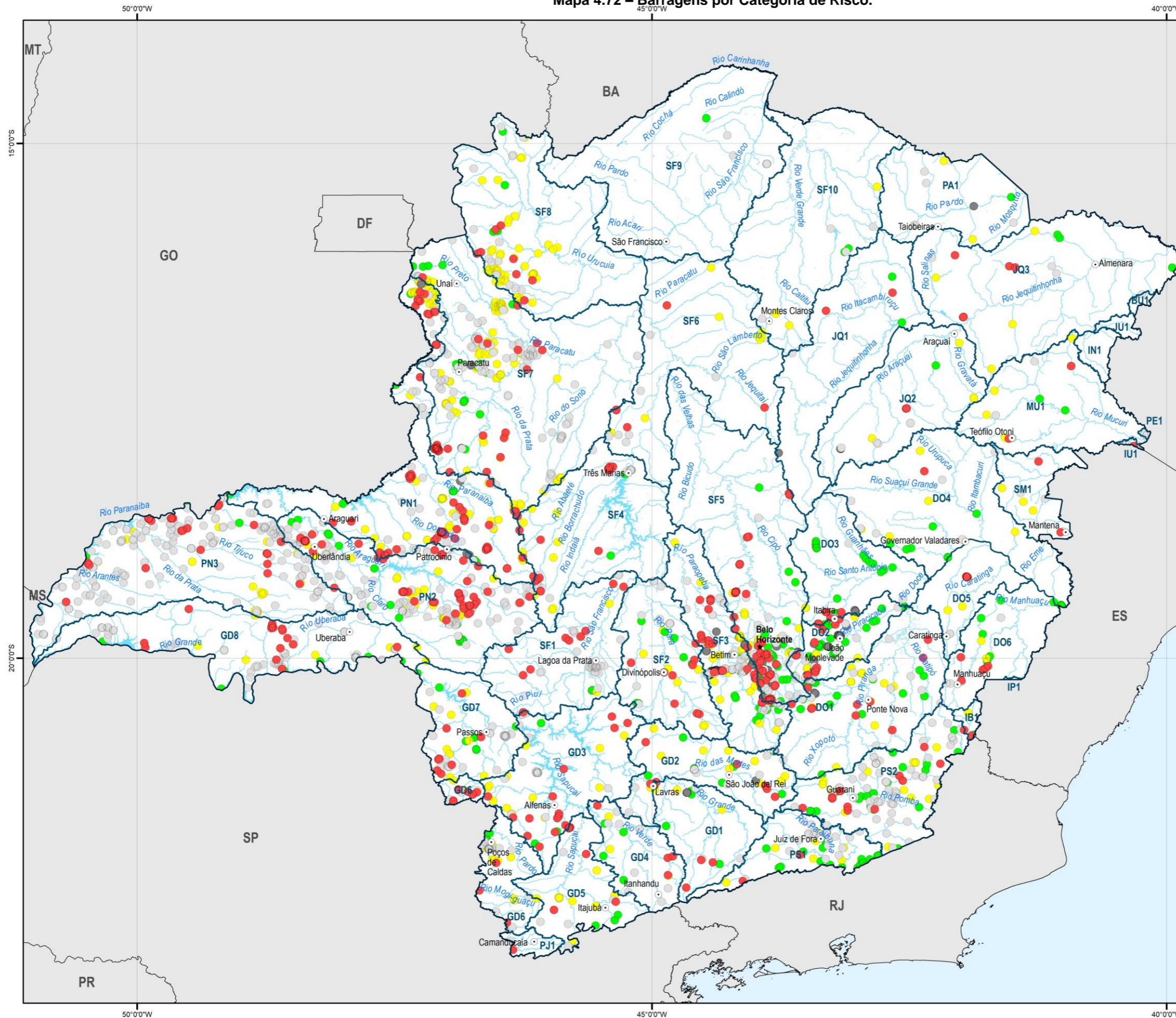
Figura 4.23 - Distribuição das barragens em classes e seus índices DPA e CRI.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Relativamente ao risco que as barragens oferecem, o índice CRI é um dos principais indicativos existentes, ele considera pontuações para características como: altura; comprimento; tipo de barragem quanto ao material de construção; tipo de fundação; idade da barragem; e vazão de projeto. Quanto a vulnerabilidade da região à eventos de rompimento de barragens, o índice DPA avalia principalmente a área afetada diretamente, considerando o volume da barragem, impactos ambientais e socioeconômicos na área e, principalmente, o potencial para a perda de vidas humanas, ou População em Risco (PeR). A PeR corresponde basicamente ao número de pessoas que teriam que ser evacuadas de áreas a jusante no caso de um rompimento de barragem. Conclui-se que, em evento de rompimento de barragem no estado, em pelo menos 331 delas os danos seriam altos, sendo que 63 estruturas dessa categoria possuem também CRI alto.

Mapa 4.72 – Barragens por Categoria de Risco.



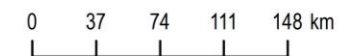
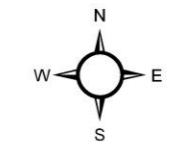
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - ▭ Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Barragens**
- Categoria de risco*
- Baixo
 - Médio
 - Alto
 - Não Classificado
 - Não se aplica

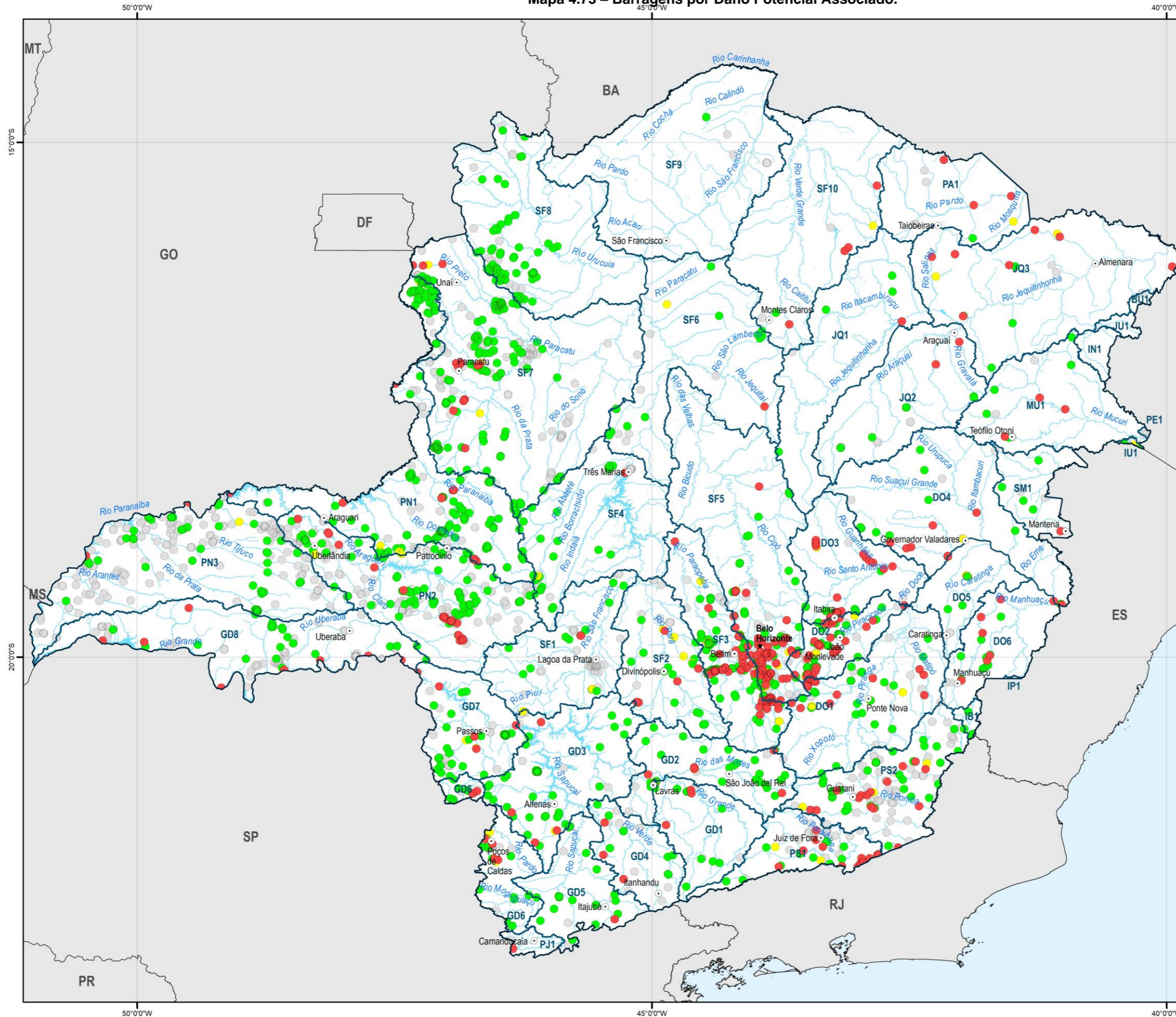
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.73 – Barragens por Dano Potencial Associado.



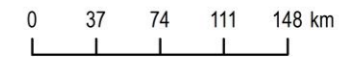
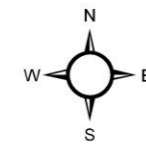
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - ▭ Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Barragens**
- Dano potencial*
- Baixo
 - Médio
 - Alto
 - Não Classificado

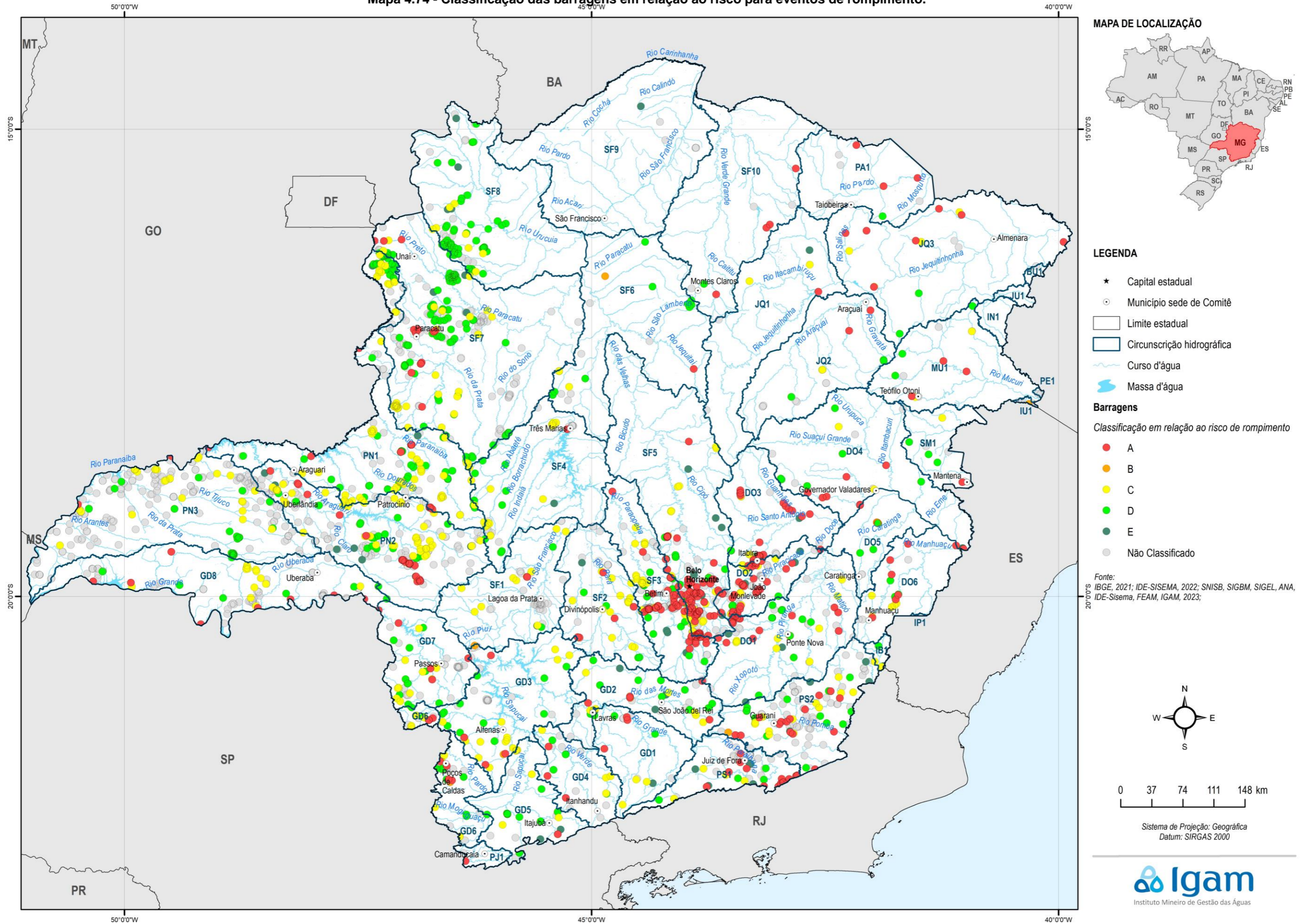
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 4.74 - Classificação das barragens em relação ao risco para eventos de rompimento.



Sabendo-se que grande parte das barragens do estado contém rejeitos de mineração e após os eventos ocorridos de rompimento de barragens desse tipo, é importante avaliar também a vulnerabilidade de locais mais distantes do rompimento, porém que podem ser afetados consideravelmente pela contaminação da água com os rejeitos. O Atlas Águas (BRASIL, 2021) traz uma análise com esse viés para classificar a vulnerabilidade de captações de abastecimento público com barragens a montante.

No referido estudo foram definidos os trechos de influência a jusante das barragens, e o impacto por características dessas, sendo maior para barragens de rejeitos, por exemplo, e identificadas as captações para abastecimento público localizadas sobre esses trechos. As captações foram então classificadas em situação de atenção, sendo de alta, média ou baixa. Em todo o estado de Minas Gerais há 131 captações para abastecimento público com barragens a montante, 26 se encontram em estado de atenção alta e são responsáveis por abastecer 2,9 milhões de pessoas em áreas urbanas. Desse total, 2,3 milhões se devem a uma única captação, do Sistema Integrado Rio das Velhas na RMBH. Há 80 captações em atenção média e essas abastecem uma população urbana de 4,4 milhões de pessoas. Por fim, em estado de atenção baixa no estado há 25 captações de abastecimento urbano, que atendem 580 mil pessoas.

No Relatório de Segurança de Barragens 2021 (BRASIL, 2022b) foram constatadas 187 barragens no território nacional que preocupam os órgãos fiscalizadores, sendo 66 delas em Minas Gerais. O estado de conservação e a classificação quanto ao DPA e à CRI são os principais fatores utilizados para a inclusão de barragens nessa lista. No período analisado no RSB 2021 foram registrados 7 acidentes e 14 incidentes com barragens em Minas Gerais, grande parte deles relacionada às chuvas intensas ocorridas nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro. A localização das barragens consideradas críticas no Relatório de Segurança de Barragens 2021 no estado pode ser observada no Mapa 4.75.

Mapa 4.75 – Barragens consideradas críticas no RSB 2021.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

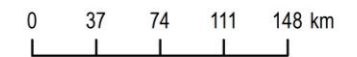
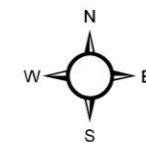
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Barramentos críticos conforme o SNISB

Finalidade de uso

- Abastecimento humano
- Contenção de rejeitos de mineração
- Contenção de resíduos industriais
- Irrigação
- Paisagismo

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, Igam, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Destaca-se que das 66 barragens na lista de preocupantes da ANA, 59 são de rejeitos de mineração, com fiscalização da ANM e as outras sete possuem responsabilidade de fiscalização estadual, todas essas são colocadas no Quadro 4-41. Considerando a finalidade majoritária das barragens nessa lista, também deve-se colocar a preocupação com o método de alteamento realizado nas barragens de mineração. O alteamento a montante foi proibido pela Lei nº 14.066/2020, que altera a Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), seu Art. 2º-A coloca:

Fica proibida a construção ou o alteamento de barragem de mineração pelo método a montante.

§ 1º Entende-se por alteamento a montante a metodologia construtiva de barragem em que os diques de contenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado.

§ 2º O empreendedor deve concluir a descaracterização da barragem construída ou alteada pelo método a montante até 25 de fevereiro de 2022, considerada a solução técnica exigida pela entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária e pela autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama).

§ 3º A entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária pode prorrogar o prazo previsto no § 2º deste artigo em razão da inviabilidade técnica para a execução da descaracterização da barragem no período previsto, desde que a decisão, para cada estrutura, seja referendada pela autoridade licenciadora do Sisnama.”

A atualização na legislação federal foi realizada logo após a instituição da Política Estadual de Segurança de Barragens com a Lei Estadual nº 23.291/2019, popularmente conhecida como Lei “Mar de Lama Nunca Mais”. Há diversos pontos semelhantes entre a legislação de Minas Gerais com a alteração da lei federal. Entre eles estão a proibição da construção de barragens quando identificadas comunidades nas zonas de autossalvamento e da utilização do método a montante para a construção e alteamento de barragens, além da obrigação de descaracterização das barragens a montante já existentes.

Adicionalmente, a Lei “Mar de Lama Nunca Mais” veda também a construção de novos barramentos para disposição de rejeitos quando houver melhor técnica disponível. No ano de 2019 existiam 51 barragens com alteamento a montante que precisariam ser descaracterizadas no estado e até o prazo inicial, fevereiro de 2022 apenas oito foram desativadas (BRASIL, 2022c). No relatório trimestral mais recente da ANM (BRASIL, 2023f) é informado que ainda existem 39 barragens com alteamento a montante em Minas Gerais.

Em 24/02/2022, na véspera da data prevista para conclusão das descaracterizações de barragens alteadas a montante, o Governo de Minas Gerais firmou um Termo de

Compromisso com mineradoras para que cumpram a descaracterização de 41 estruturas. O acordo ocorreu por meio da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) e o Ministério Público Federal (MPF), com interveniência da Agência Nacional de Mineração (ANM). Com a assinatura do Termo de Compromisso, as empresas ficam obrigadas a executar a descaracterização das barragens no menor tempo possível e terão 15 dias para contratar uma equipe técnica especializada e independente para auxiliar a ANM e a Feam no acompanhamento do processo de extinção das estruturas. Como contrapartida, terão que pagar, anualmente, valores referentes a danos morais coletivos. Os valores serão destinados a projetos sociais e ambientais, preferencialmente em municípios situados na mancha de inundação. Ainda, ações de fiscalização foram ampliadas por parte da Semad e da ANM, que destinou em fevereiro de 2023, 17 servidores para apoiar essa atividade em Minas Gerais.

Quadro 4-41 – Lista de barragens que preocupam os órgãos fiscalizadores conforme o RSB 2021.

Código SNISB	Nome da Barragem	Uso Principal	CRI	DPA	Alteamento	CH
20390	Pilha 01	Contenção de rejeitos de mineração	Médio	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
1121	Barragem Mina Engenho	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
690	Barragem B1A Ipê	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento por linha de centro	SF3
925	Conceição	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
704	BARRAGEM B4	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
21916	7a	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
20388	Pilha 02	Contenção de rejeitos de mineração	Médio	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
696	BARRAGEM B2 AUXILIAR	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
1158	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	GD2
702	B3/B4	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
6998	BARRAGEM DO VIGIA	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
1037	Cava do Germano	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO1
1061	PARACATU	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Médio	Etapa única	DO2
734	Barragem II Mina Engenho	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
758	Barragem Central	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	-	SF3
953	Grupo	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
770	Marés II	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF3
875	Barragem 03 - Zé da Grota	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
621	5 (MAC)	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
727	Campo Grande	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
23899	Barragem Usina Ariadnópolis	Irrigação	Alto	Não Classificado	-	GD3

Código SNISB	Nome da Barragem	Uso Principal	CRI	DPA	Alteamento	CH
6989	Maravilhas II	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a jusante	SF5
6927	ÁREA DE RESÍDUO DE BAUXITA 6A (ARB 6A)	Contenção de resíduos industriais	Não Classificado	Não Classificado	-	GD6
877	Barragem 01 - Jose Jaime	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	-	SF3
943	Doutor	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO1
23897	Barramento	Paisagismo	Alto	Alto	-	GD6
26136	Dique de Pedra	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Médio	Etapa única	SF5
6993	Vargem Grande	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
693	BARRAGEM B2	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Baixo	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
941	Dicão Leste	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	DO2
7007	Água Fria	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO1
938	BARRAGEM REJEITOS	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	GD7
697	Barragem B2 - Mina Tico-Tico	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
21918	Área IX	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
835	Sul Inferior	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	DO2
1020	Alemães	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
779	Peneirinha	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Médio	Alteamento a jusante	SF5
1021	B1	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
732	Barragem de Germano	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO1
1114	Barragem B5	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	PN2
622	5 (Mutuca)	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a jusante	SF5
21914	6	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
837	Sul Superior	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
680	BARRAGEM AUXILIAR DO VIGIA	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	-	SF3
20379	B	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
20392	PDE 3	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Baixo	Etapa única	DO2
23898	BARRAGEM DA CAATINGA	Paisagismo	Alto	Alto	-	SF6
742	Norte/Laranjeiras	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	DO2
752	Forquilha III	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
20430	ED Monjolo	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
937	Barragem de Rejeitos	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3

Código SNISB	Nome da Barragem	Uso Principal	CRI	DPA	Alteamento	CH
809	Pontal	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
20433	Xingu	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
6983	Capitão do Mato	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	SF5
1157	Volta Grande 1	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	-	GD2
965	Forquilha I	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
820	Santana	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a jusante	DO3
20396	ED Vale das Cobras	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	DO2
26137	Barragem Quéias	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento por linha de centro	SF3
687	Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
753	Forquilha II	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Alteamento a montante ou desconhecido	SF5
721	Borrachudo II	Contenção de rejeitos de mineração	Alto	Alto	Etapa única	DO3
6964	Barragem B1 - Mina Ipê	Contenção de rejeitos de mineração	Baixo	Médio	Alteamento a montante ou desconhecido	SF3
26645	Barragem Córrego Vereda da Campina	Irrigação	Não Classificado	Não Classificado	-	SF8
26647	Barragem B5	Paisagismo	Não Classificado	Não Classificado	-	SF3
26646	Barragem Brejo Grande	Abastecimento humano	Não Classificado	Não Classificado	-	GD5

Fonte: SNISB (BRASIL, 2022a).

Outra avaliação que pode ser realizada em relação à vulnerabilidade ao rompimento de barragens é a contaminação das águas subterrâneas. Um estudo que avaliou a vulnerabilidade natural dos aquíferos na área do quadrilátero ferrífero buscou determinar o potencial de contaminação das atividades de extração na área (SABADINI, 2017). Concluiu-se que a área apresenta em sua maior parte, níveis baixos de vulnerabilidade natural à contaminação, com níveis mais altos ao longo das serras do quadrilátero ferrífero onde atualmente se desenvolve, de forma expressiva, extração de minério de ferro. Assim, a atividade minerária em si impacta na qualidade da água dos aquíferos da região.

A vulnerabilidade relacionada ao rompimento dessas barragens de mineração não foi devidamente estudada, porém podemos observar os danos causados nos desastres de Mariana e Brumadinho às águas subterrâneas. Em 2017, estudo da UFRG em parceria com o *Greenpeace* encontrou contaminação por metais pesados em poços na região do Rio Doce. Por falta de estudos anteriores não é possível afirmar que a contaminação ocorreu devido ao rompimento da barragem Fundão, em Mariana. Considerando-se, porém, a grande concentração desses contaminantes na água superficial e o acúmulo de lama nas planícies do rio, ao passo que as várzeas possuem solo arenoso, sendo mais permeáveis, a relação da contaminação subterrânea com o rompimento da barragem é provável.

Em 2021 a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES) apontou que a água subterrânea de Brumadinho e de outras 15 cidades na Região Metropolitana de Belo Horizonte não é potável para o consumo humano. Foram identificados resultados

insatisfatórios para os parâmetros legais da água subterrânea como, excesso de microbiológicos, de ferro e turbidez e, ainda, presença excessiva de outros metais, como chumbo e bário. Nesse estudo também não foi possível concluir que a piora dos índices está relacionada diretamente ao rompimento da barragem do Córrego do Feijão.

4.4.3 Identificação das estruturas hidráulicas que poderão oferecer risco a segurança hídrica

A segurança hídrica de Minas Gerais é composta pelos seus reservatórios de usos múltiplos, para abastecimento humano, irrigação, geração de energia, regularização de vazão, entre outras finalidades que devem ser garantidas à população. Assim, avaliam-se as estruturas que podem sofrer no caso de acidentes ou incidentes e que, por consequência, afetariam a segurança hídrica do estado.

Para essa avaliação são considerados riscos à garantia da segurança hídrica, além dos fatores estruturais das próprias barragens analisados anteriormente, os reservatórios que se encontram a montante das barragens de usos múltiplos. Conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), o abastecimento humano é considerado uso prioritário da água e foram identificadas 183 barragens no estado de Minas Gerais com essa finalidade, 121 sendo barragens de nível, que dificilmente são geradoras de risco para a população, o meio ambiente ou outras estruturas, mas podem ser afetadas por rompimentos de barragens a montante, colocando em risco o abastecimento das comunidades.

Outro tipo de barramento que costuma ser de pequeno porte, sem oferecer risco considerável para a área a jusante, são os cadastrados como usos insignificantes no estado. Tais barramentos não estão presentes nos cadastros de reservatórios analisados até aqui pois, como demonstrado no RP001, constituem um número muito elevado de barramentos com volume irrisório, sendo identificados apenas no cadastro estadual referente ao uso de água, não nos cadastros de reserva disponibilizados pelos órgãos federais e estaduais. Por outro lado, para a análise realizada no presente item deve-se mencionar que os barramentos de usos insignificantes, se afetados por contaminação do manancial ou rompimento em cascata, causados por rompimento de barragem a montante, irão comprometer o uso destinado naquele ponto.

Dessa forma, as barragens de água de pequeno porte, que realizam a manutenção do nível da água em um determinado ponto do curso d'água para permitir a captação para abastecimento ou outro uso com vazão considerada insignificante contribuem para a segurança hídrica e os usos múltiplos da água em escala local, em muitos casos de uso em apenas uma propriedade. Seguindo-se o proposto no item 7.4 – Identificação de reservatórios estratégicos para a Segurança Hídrica do RP001 do PMSH, para a identificação das estruturas que contribuem para a segurança hídrica estadual, devem ser considerados principalmente os reservatórios com capacidade de regularização de vazão.

O estudo realizado no Atlas Águas demonstrou ter dados insuficientes para avaliar os riscos de rompimentos a montante na maioria das barragens de abastecimento. Nos casos em que foi possível estudar, as barragens foram classificadas com situação de atenção alta, média ou baixa em relação a presença de outras barragens de qualquer finalidade a montante que possam oferecer risco ao seu uso para abastecimento. Foram classificadas 23 barragens utilizadas para abastecimento, 9 em situação de atenção alta, 13 em atenção média e uma

em atenção baixa. Observa-se que 15 das 23 barragens avaliadas possuem como uso principal a geração de energia, sendo secundário o uso para abastecimento.

Para a identificação das barragens que mais contribuem à segurança hídrica foram selecionadas as estruturas com uso de abastecimento humano, hidrelétricas e de regularização de vazão e excluídas as de faixa de volume pequeno. Uma das principais dificuldades encontradas, porém, é a grande quantidade de barramentos com esses usos sem informação do volume do reservatório, nesses casos considerou-se que as hidrelétricas, exceto PCHs, contribuiriam para a segurança hídrica em escala mais ampla. Foram localizadas assim 183 reservatórios com potencial de contribuir para a segurança hídrica, 55 sem dados da faixa de volume.

Considera-se que o risco à segurança hídrica oferecida pelas barragens de usos múltiplos está atrelado, principalmente, ao rompimento de barragens a montante. Esse risco foi separado em duas tipologias: o de contaminação da água devido ao rompimento de barragem de acumulação de rejeitos e resíduos; e o de rompimento em cascata no caso de recebimento de um alto volume da água.

Complementando a identificação das barragens foi realizada uma análise para identificar os trechos de rio potencialmente impactado pelo rompimento. A rede hidrográfica otocodificada serviu como alicerce para essa análise. Para viabilizar o uso desta rede, foi necessário realocar os pontos dos barramentos para posições que coincidisse com a rede de drenagem.

Esse processo de realocação utilizou a ferramenta "Snap" do ArcGIS, que move o ponto para uma posição coincidente com outra feição, baseando-se em critérios predefinidos. O limite máximo de movimentação do ponto foi estabelecido em 500 metros, uma medida motivada pela observação de casos em que o curso d'água da barragem era alocado erroneamente, geralmente a distâncias superiores a 500 metros. A partir deste processo automático, mais de 200 pontos precisaram ser manualmente alocados às linhas de drenagem.

No caso de tanques e outras estruturas que não se encontram diretamente sobre cursos de água, a alocação manual baseou-se no modelo de terreno para identificar qual ponto da drenagem seria afetado. Foi nesse local que o ponto de referência da estrutura foi reposicionado.

Após a conclusão da alocação dos pontos sobre a rede de drenagem, aplicaram-se critérios para a determinação do impacto do rompimento das barragens. Para as barragens de rejeitos de mineração, resíduos industriais e contenção de sedimentos, os critérios de definição de extensão para jusante foram: (i) para volume acumulado maior ou igual a 0,01 hm³, todo o curso de água até a foz; e (ii) para volume acumulado menor que 0,01 hm³, extensão de 100 km.

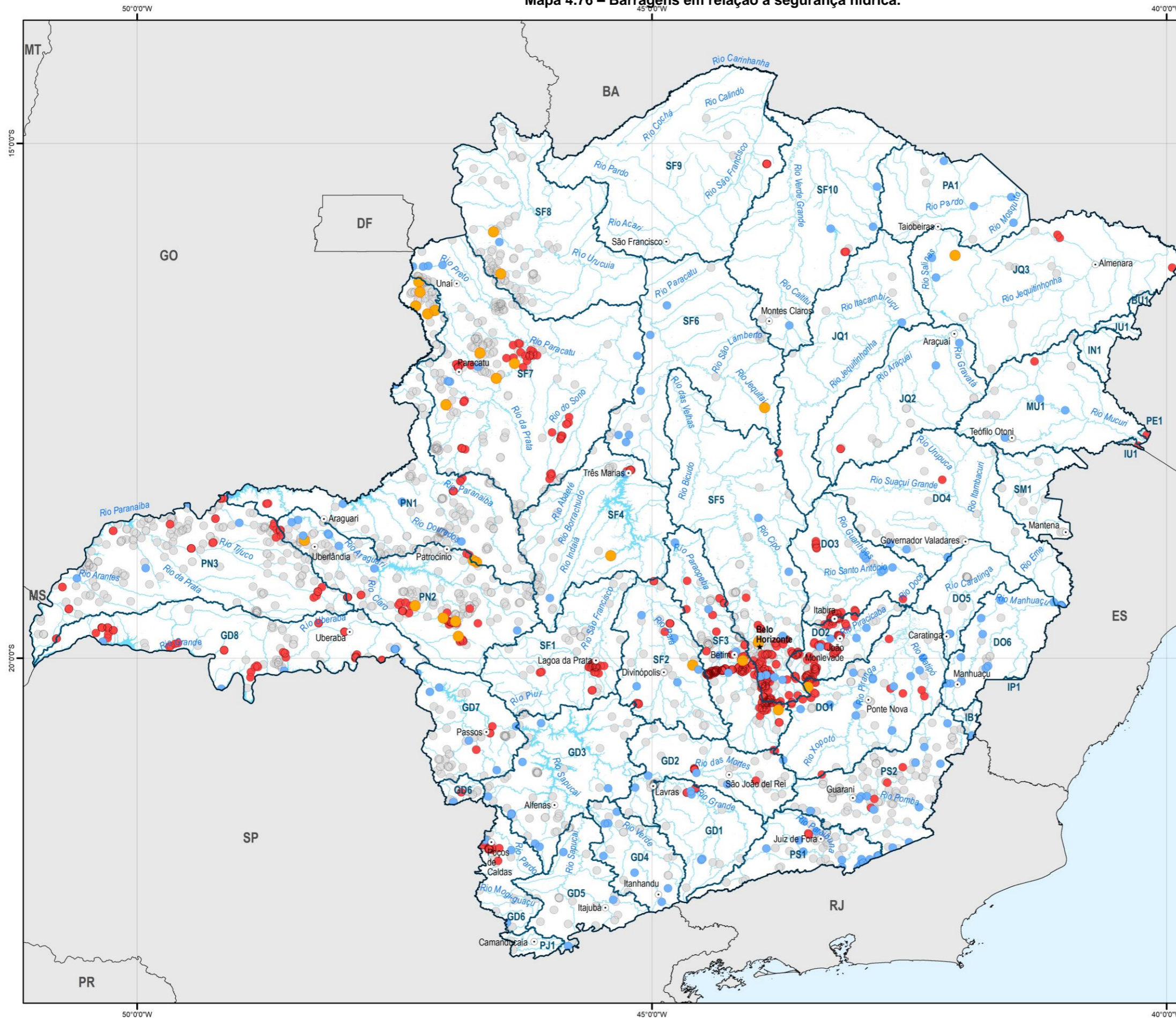
Para as demais tipologias de barragens, a extensão do trecho para jusante foi calculada pela equação do estudo da ANA (2017c) multiplicada por um fator igual a 2, para representar uma situação mais conservadora, visto que a referida equação foi baseada em metodologia simplificada para determinação de manchas para classificação de barragens quanto ao Dano Potencial Associado.

Em situações em que não foi possível obter os volumes dos barramentos, mesmo após a consulta aos cadastros e a aplicação de estimativas baseadas nas áreas dos espelhos d'água, a determinação do trecho impactado não foi realizada devido à impossibilidade de cálculo.

Como resultado, obtiveram-se os trechos de drenagem que poderiam ser impactados pelo rompimento de cada um dos reservatórios inventariados. Para cada reservatório, foi realizado um levantamento dos reservatórios a montante e jusante que representam potenciais riscos e potenciais impactados, respectivamente.

Para a avaliação por CH realizada a seguir, as barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais compõem uma classe ilustrada em vermelho nas figuras, as barragens identificadas com potencial de contribuir para a segurança hídrica do estado são representadas em verde, as demais barragens com faixas de volume médio ou maior estão em azul, colocando o risco de rompimento em cascata para as barragens a jusante e, por fim, as barragens de água com volumes pequenos, que não representam contribuição favorável à segurança hídrica, mas também não são um risco para ela, estão apresentadas em rosa nas figuras. O Mapa 4.76 apresenta essas informações para todo o território de Minas Gerais.

Mapa 4.76 – Barragens em relação à segurança hídrica.



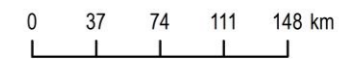
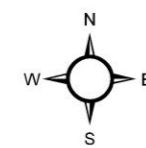
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Barragens**
- Riscos a segurança hídrica**
- Garante a segurança
- Oferece risco de contaminação
- Oferece risco devido ao volume
- Outras

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000

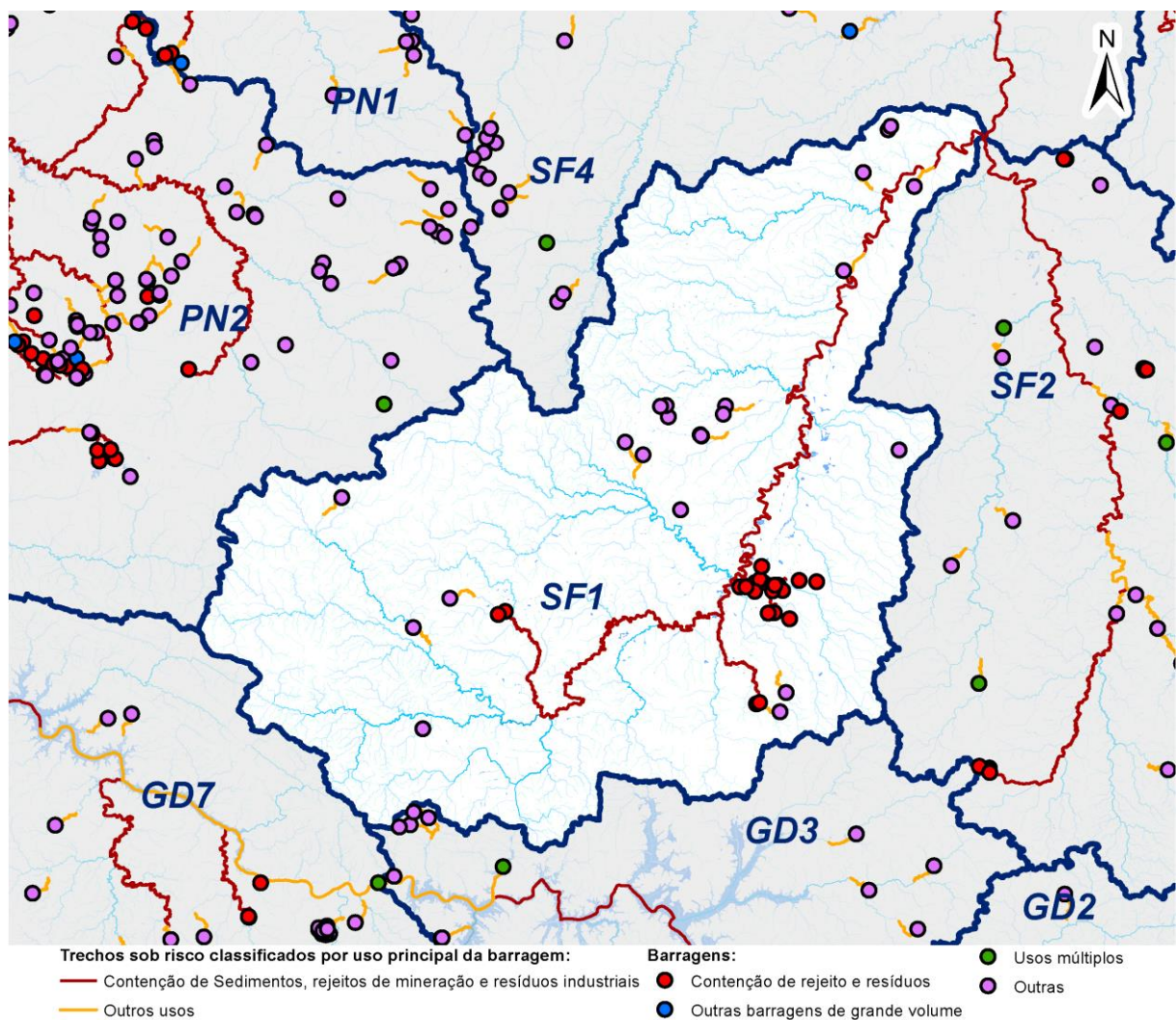


4.4.3.1 UEG1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco

A UEG1 compreende cinco CHs de afluentes do Rio São Francisco, sendo o território em que também ocorre a Região Metropolitana de Belo Horizonte e o quadrilátero ferrífero (com muitas barragens de mineração). As estruturas que contribuem para a segurança hídrica e os riscos que podem apresentar por rompimento de barragens a montante são apresentadas para cada CH a seguir.

A SF1 tem um total de 45 barragens, 24 de água com usos variados. Outras 21 são de contenção de resíduos e rejeitos, conforme a Figura 4.24 essas estão concentradas principalmente na parte sudeste da CH. No caso de rompimento de alguma barragem de resíduos ou rejeitos, não haveria reservatórios contribuintes a segurança hídrica afetados dentro da CH, podendo atingir algumas das pequenas barragens de água mais próximas à foz. Por se tratar de uma CH na cabeceira do Rio São Francisco, porém, caso ocorra a contaminação das águas desse curso hídrico essa pode se propagar por grandes distâncias.

Figura 4.24 - Distribuição das barragens na CH SF1, classificadas em relação à segurança hídrica.

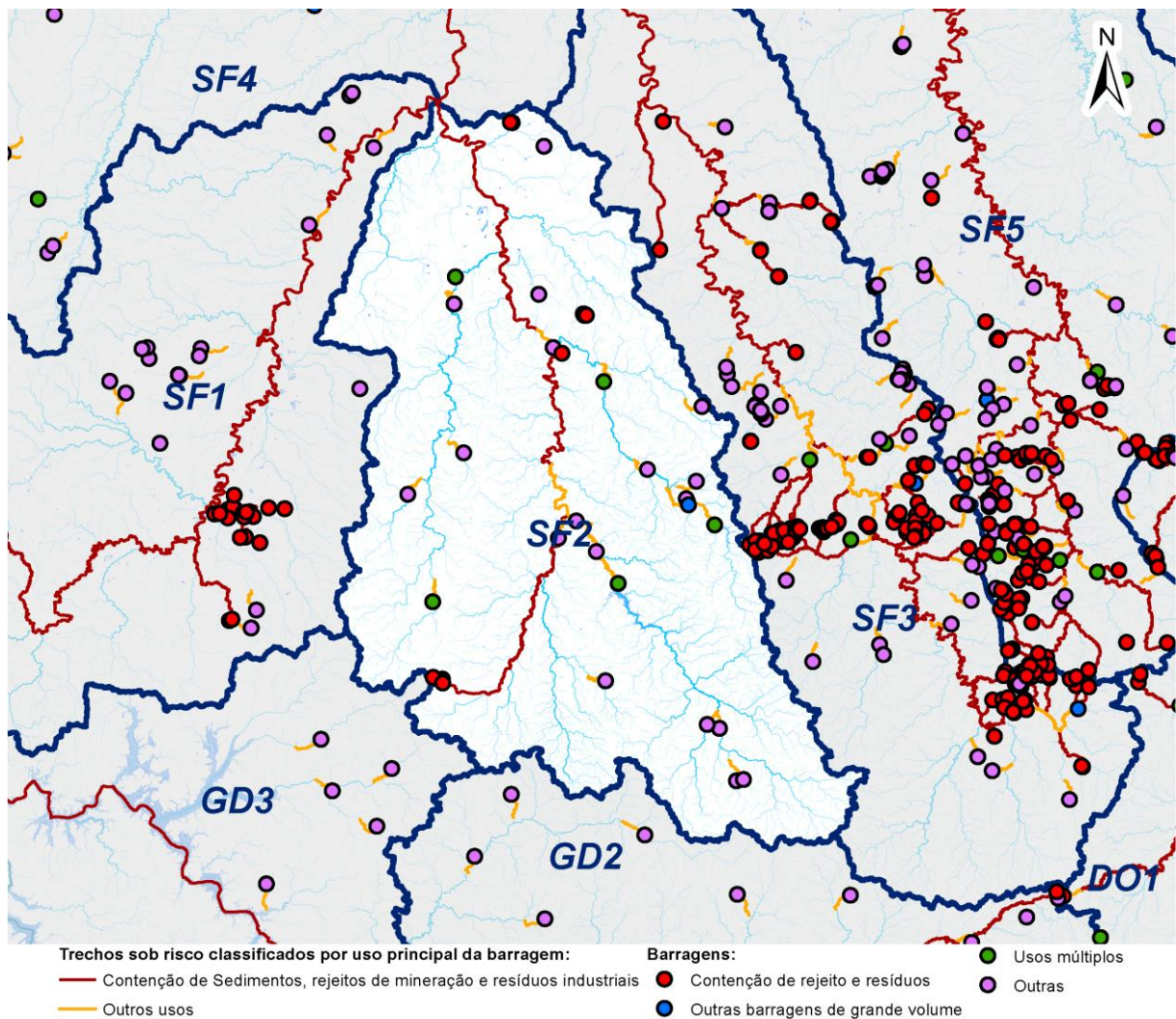


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A SF2 apresenta situação mais favorável em relação à segurança hídrica que a CH anterior. São cinco reservatórios de usos múltiplos e nenhum deles está a jusante de alguma barragem de contenção de resíduos ou rejeitos. Destaca-se a UHE Cajuru, com capacidade de 192 hm³. Há 13 barramentos de resíduos e rejeitos concentrados em alguns pontos da CH, todos eles com menos de 2 hm³. Esses não contaminariam a água de nenhum reservatório de usos múltiplos em caso de rompimento, mas a contaminação pode seguir para CHs a jusante da SF2.

A CGH Companhia Tecidos Santanense - CARIOCA está localizada a jusante de um reservatório de água de grande volume, porém pela estimativa de trecho da hidrografia afetado no caso de rompimento, essa não está em situação de risco. Ressalta-se que as próprias barragens que contribuem para a segurança hídrica podem oferecer esse risco umas às outras, quando a montante. Dessa forma, todas elas devem receber atenção não somente pela importância de preservar as suas estruturas de forma a garantir a segurança hídrica, mas também para evitar rompimentos em cascata.

Figura 4.25 - Distribuição das barragens na CH SF2, classificadas em relação à segurança hídrica.

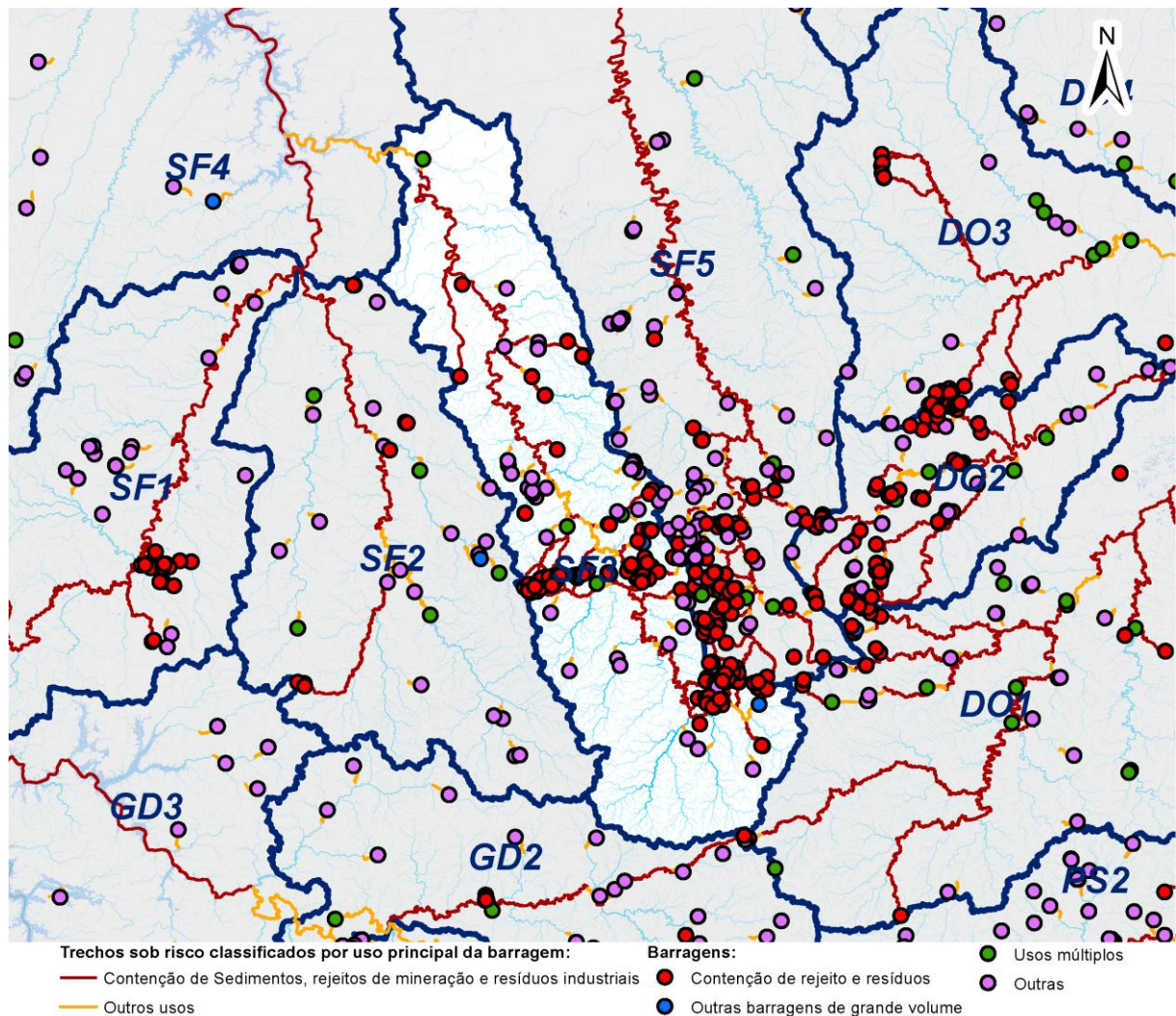


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na SF3 nota-se um número muito grande (218) de barramentos e grande parte deles relacionados à mineração (154). Nas porções alta e média da CH está localizado o quadrilátero ferrífero, o que explica a concentração dos pontos de barragens de rejeitos. A Barragem Casa da Pedra é a de maior volume entre as de mineração, com 65 hm³. Essa está localizada no aglomerado de barragens ao sul que pode ser visualizado na Figura 4.26. Outras nove barragens de contenção de rejeitos apresentam volumes entre 5 e 15 hm³.

São no total cinco reservatórios de usos múltiplos na CH, com destaque para a UHE Retiro Baixo que possui um volume de 241 hm³. Essa está localizada na foz da CH, acumulando o risco oferecido por todas as demais barragens da região. Apenas a Barragem Rio Manso contribui para a segurança hídrica sem apresentar risco por rompimento de barragens a montante.

Figura 4.26 - Distribuição das barragens na CH SF3, classificadas em relação à segurança hídrica.



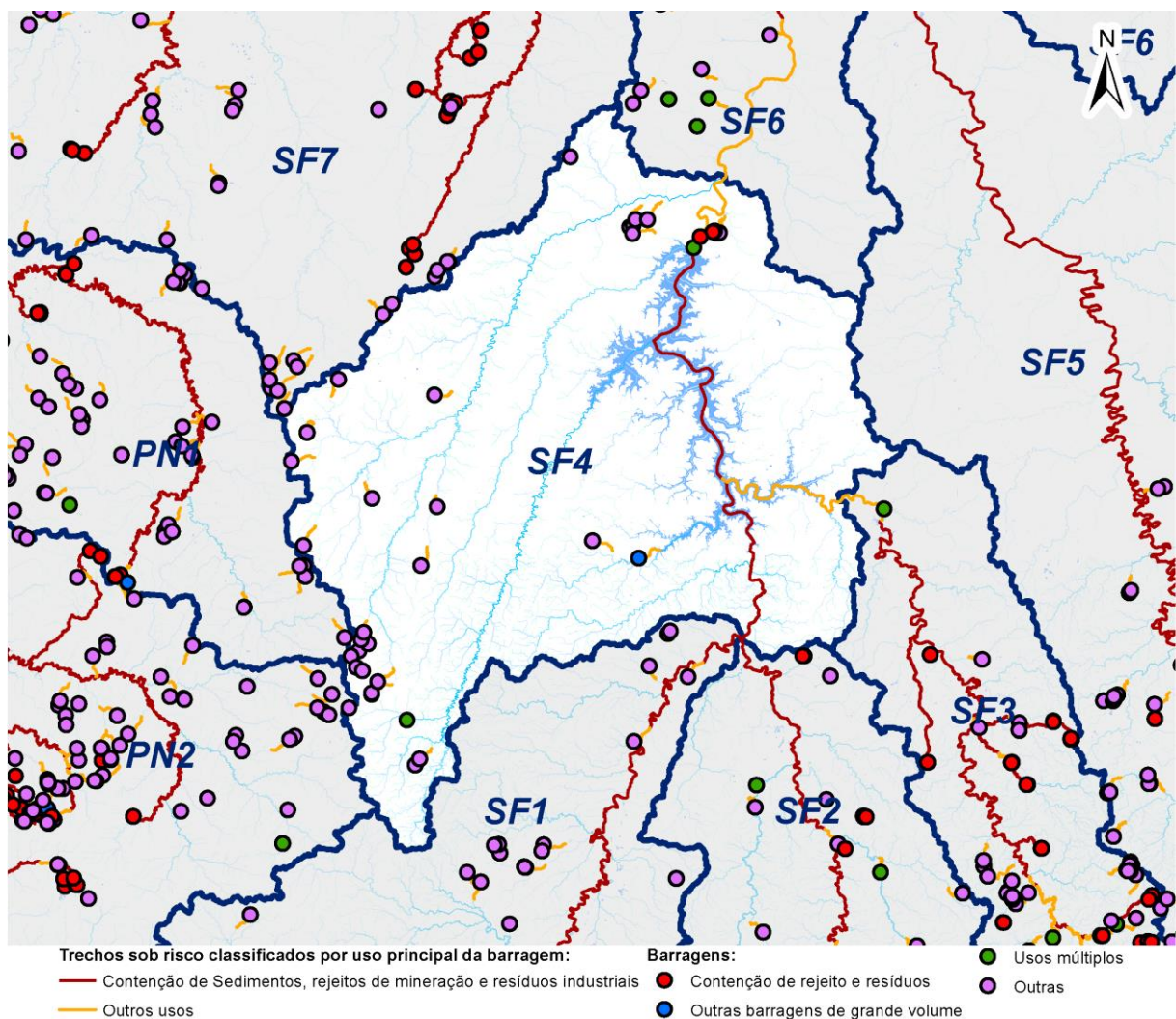
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A SF4 contém 37 barragens no total, sendo a maioria pequenas barragens de água, sem capacidade de regularização de vazão para contribuir com a segurança hídrica, porém

também não oferecem riscos às demais. Há dois reservatórios de usos múltiplos, um na região de cabeceira da CH, sem apresentar risco devido a rompimentos de barragens a montante. O principal reservatório da SF4, a UHE Três Marias com capacidade de 19.528 hm³ recebe risco de contaminação proveniente das CHs a montante.

Os barramentos de mineração (4) estão concentrados logo a jusante da UHE Três Marias. O Depósito Mucuri - Central tem capacidade de armazenamento de rejeitos de 9,47 hm³, os demais possuem menos de 3 hm³. Essa disposição de barramentos na SF4 não incrementa o risco para os reservatórios da CH, podendo, porém, causar contaminação da água que deságua na SF6.

Figura 4.27 - Distribuição das barragens na CH SF4, classificadas em relação à segurança hídrica.



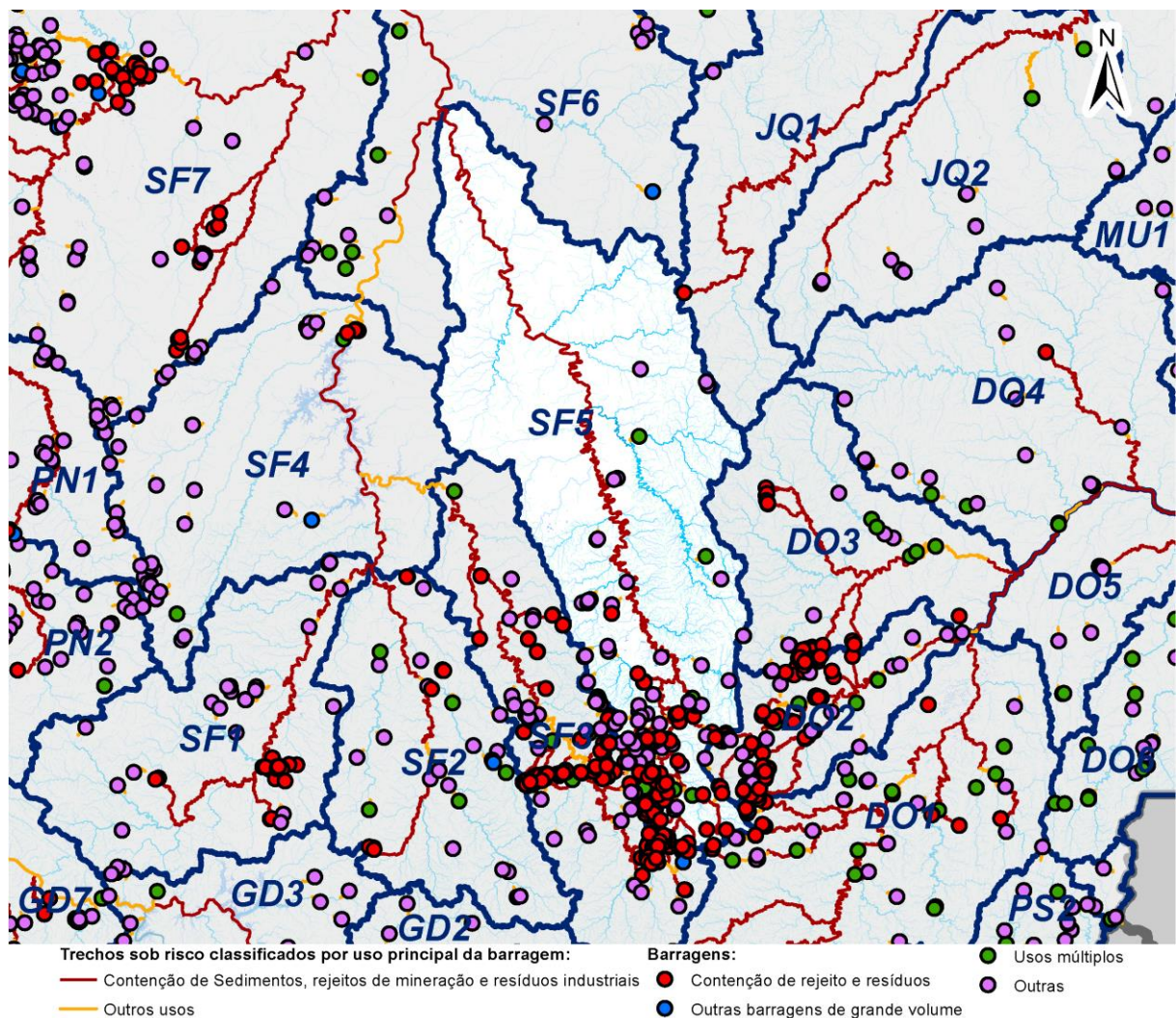
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A SF5 está localizada a Leste da SF3, com uma disposição similar das barragens. A alta concentração de barragens de mineração na região de cabeceiras oferece risco a grande parte das demais barragens da CH. Os dois reservatórios de usos múltiplos localizados na parte mais central e a Leste da SF5 estão livres desses riscos, porém os cinco demais

reservatórios que contribuem para a segurança hídrica estão localizados próximos às barragens de mineração e sob risco de contaminação de suas águas.

Do total de 186 barramentos, 107 são de contenção de rejeitos de mineração, a Barragem Maravilhas II se destaca, com 90 hm³ e a Maravilhas III com 27 hm³. As Barragens Forquilha I, II e III também tem volumes relativamente grandes, entre 10 e 25 hm³, porém a maioria das barragens de mineração está em faixa de volume pequeno.

Figura 4.28 - Distribuição das barragens na CH SF5, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

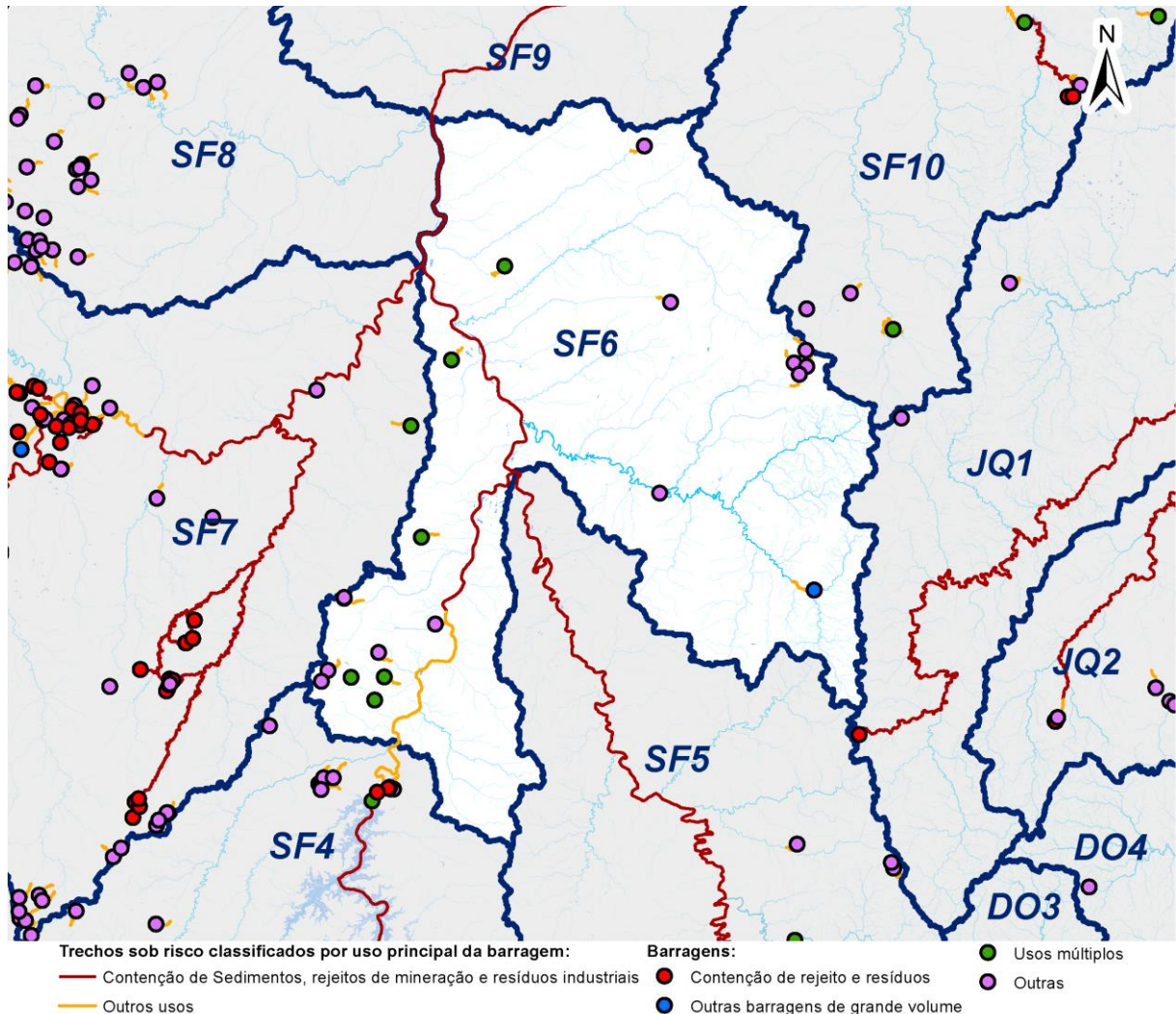
4.4.3.2 UEG2 - Afluentes do Médio Rio São Francisco

Na UEG2 observa-se uma ocupação mais rural, com mais barragens para irrigação e de uso industrial, concentradas principalmente no oeste do estado. As CHs que abrangem a porção mais ao norte de Minas Gerais possuem uma menor concentração de barragens no geral.

A CH dos Rios Jequitáí e Pacuí possui apenas 21 barragens e 14 delas são pequenos reservatórios de água. Alguns trechos de rios possuem risco de contaminação no caso de

rompimento de barragens em outras CHs, porém não afetariam nenhum barramento dentro da SF6. Entre os reservatórios que contribuem para a segurança hídrica, cinco são de hidrelétricas sem volume informado pela ANEEL, porém três apresentam estimativa que os coloca na faixa abaixo de 1 hm³, um é de abastecimento humano, a barragem São Gregório da CODEVASF com 10 hm³.

Figura 4.29 - Distribuição das barragens na CH SF6, classificadas em relação à segurança hídrica.

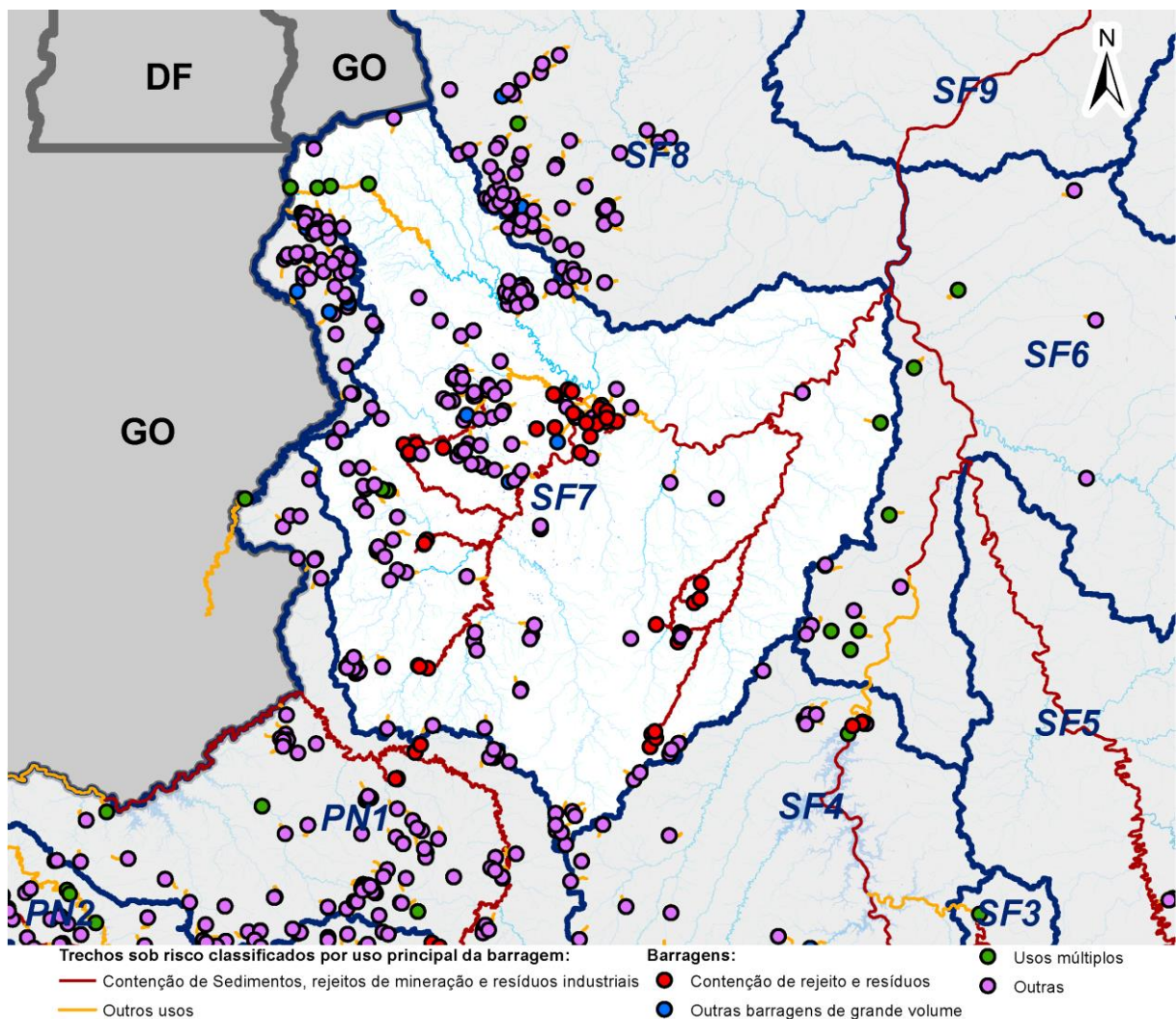


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Por sua vez, a SF7 concentra um alto número de barragens (226), sendo que a maioria delas não interfere na segurança hídrica de forma positiva ou negativa, são pequenos reservatórios usados principalmente para irrigação. Há oito reservatórios de usos múltiplos e 46 de resíduos industriais e rejeitos de mineração.

Dos reservatórios que contribuem para a segurança hídrica, nenhum possui barramentos de mineração a montante. Apesar de haver diversos barramentos de mineração, grande parte tem menos de 2 hm³. Duas barragens de rejeitos se destacam devido aos seus volumes: a Barragem de Rejeitos Santo Antônio, com 393 hm³; e a Barragem Eustáquio, com 272 hm³.

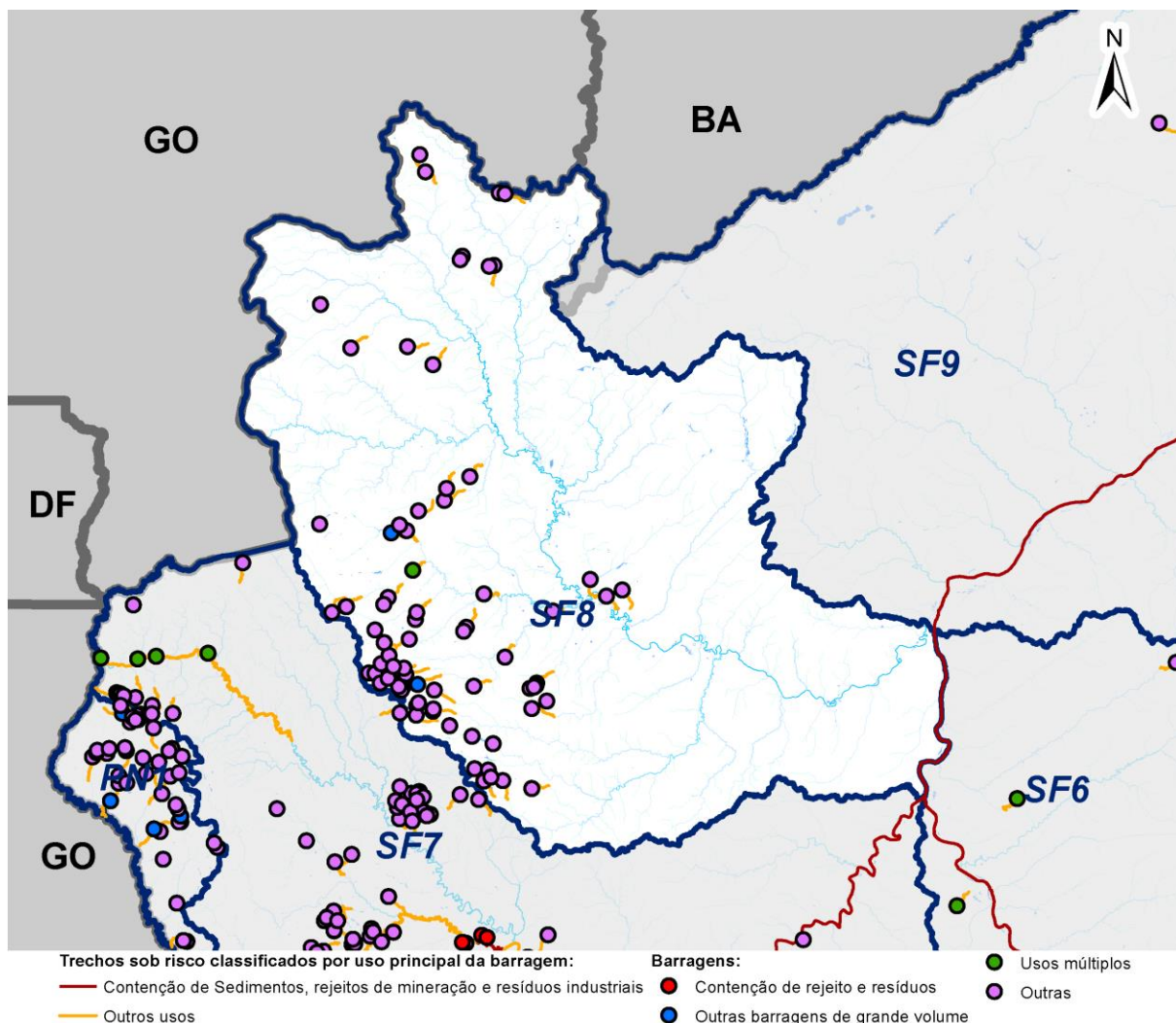
Figura 4.30 - Distribuição das barragens na CH SF7, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A SF8 não possui nenhuma barragem de contenção de rejeitos ou resíduos no seu território, a maioria são barragens de irrigação, duas delas, porém com volume médio, 5 e 12 hm³. Há apenas um reservatório que contribui para a segurança hídrica na CH e esse não está a jusante dos barramentos que podem oferecer risco de rompimento em cascata.

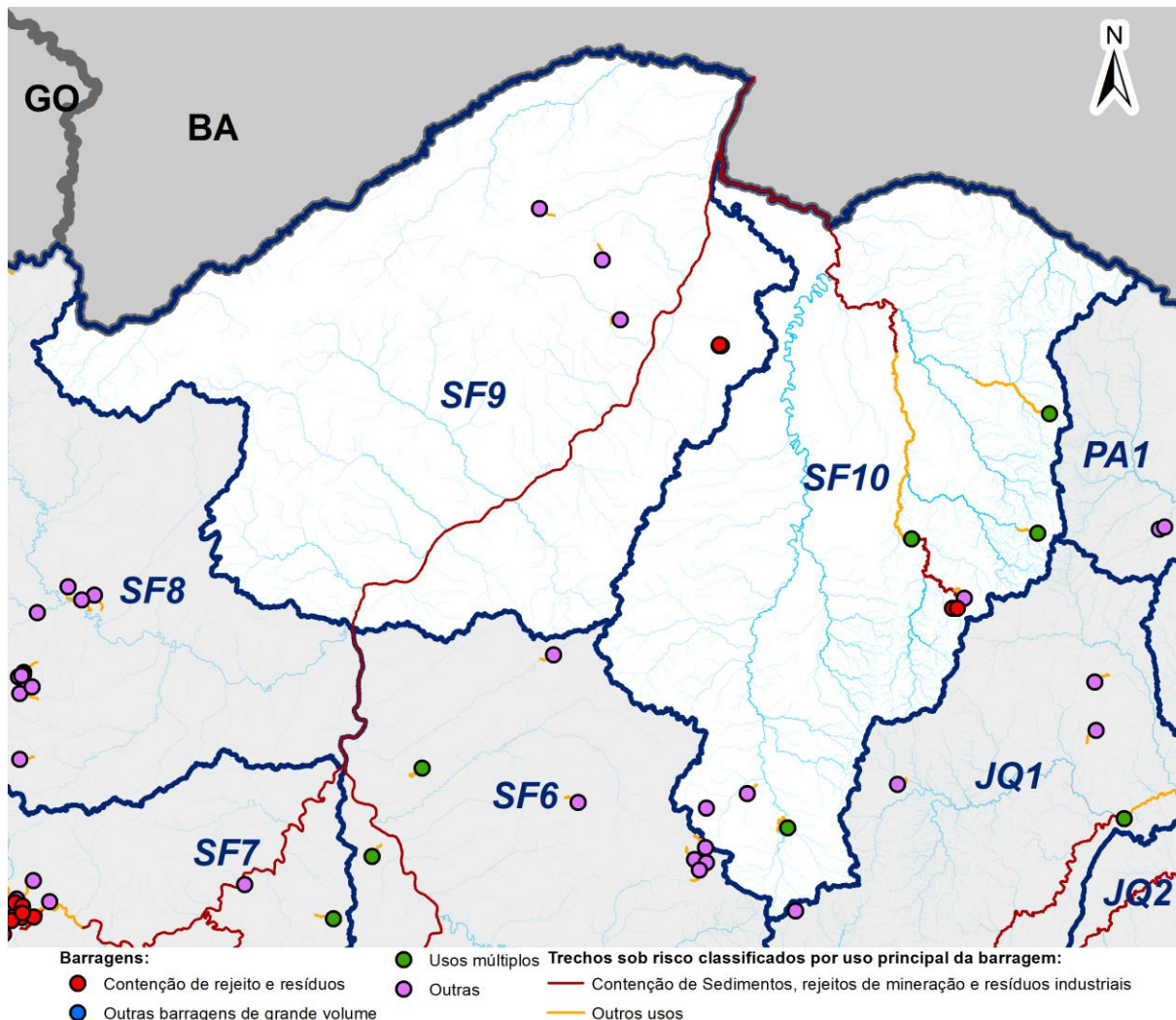
Figura 4.31 - Distribuição das barragens na CH SF8, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na SF9 há um total de seis barragens, três de água com volume pequeno e outras três de contenção de resíduos de destilarias de álcool, bastante próximas, essas com volumes menores que 0,01 hm³. A SF10 apresenta algumas barragens que contribuem com a segurança hídrica, com destaque para a Barragem Bico da Pedra, com 530 hm³ e a Barragem de Viamão, com 120 hm³. Oferecem risco na CH dois reservatórios de contenção de rejeitos de mineração, um deles com volume significativo (12 hm³). Esses barramentos estão a montante da Barragem Bico da Pedra, utilizada para abastecimento humano, sendo o único reservatório com risco de contaminação da água no caso de rompimentos a montante e o mais importante para a segurança hídrica da região, devem portanto receber atenção.

Figura 4.32 - Distribuição das barragens nas CHs SF9 e SF10, classificadas em relação à segurança hídrica.



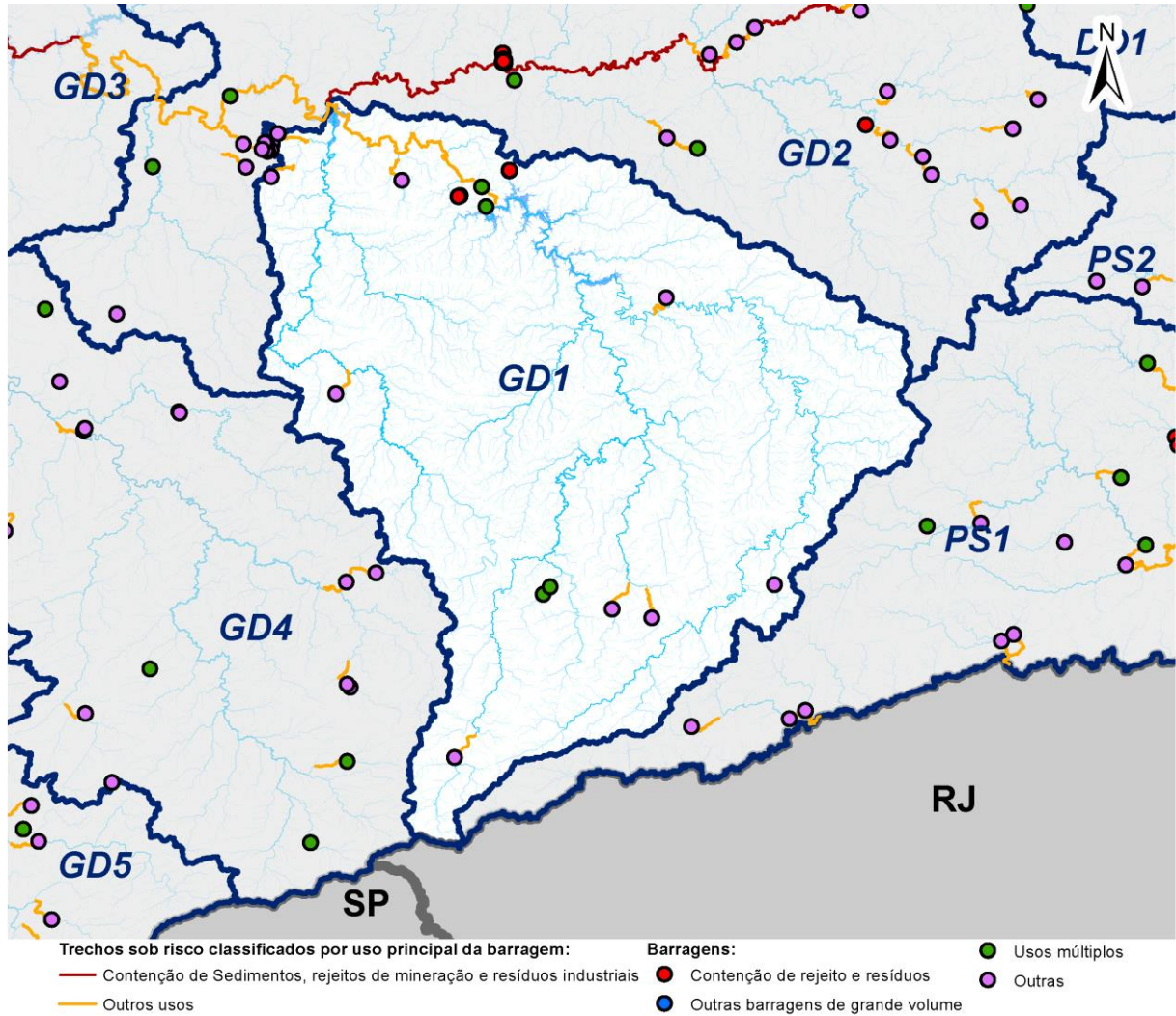
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

4.4.3.3 UEG3 - Afluentes do Rio Grande

A UEG3 se caracteriza por um maior número de hidrelétricas, algumas com reservatórios de volume muito grande e poucas barragens de mineração. Apresenta uma maior concentração de barragens conforme se aproxima da foz da UEG em Minas Gerais e na divisa com o estado de São Paulo.

A GD1 tem um total de 21 barragens, sendo quatro dessas de reservatórios de usos múltiplos. Todas delas estão em local sem risco de contaminação das águas por rompimento de barragens de resíduos e rejeitos. Apesar da UHE Camargos que tem volume de 743 hm³ e a UHE Itutinga, com 11 hm³ estarem a jusante dos barramentos de mineração, não sofrem risco pois os volumes dessas barragens são menores de 0,003hm³.

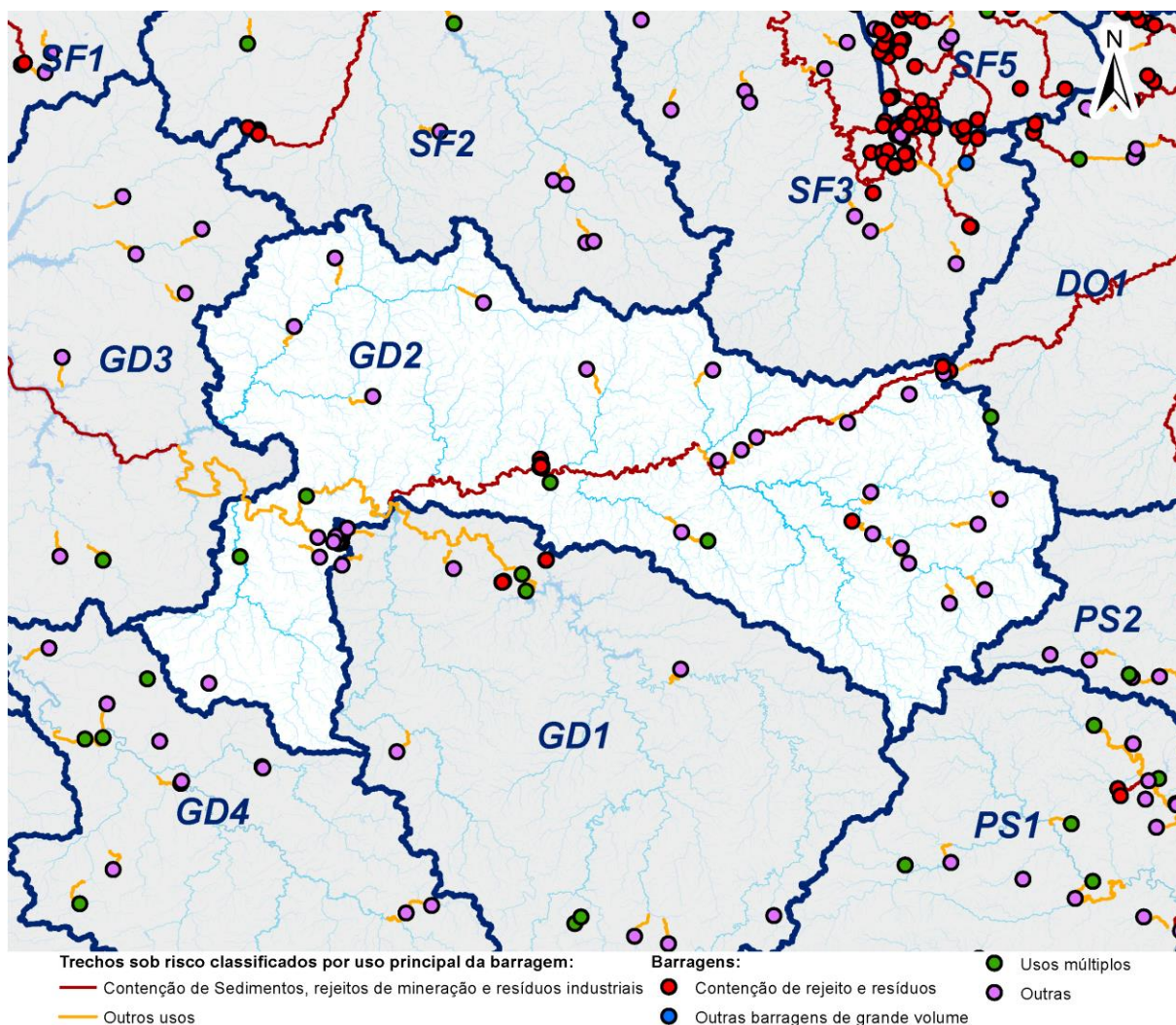
Figura 4.33 - Distribuição das barragens na CH GD1, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A CH GD2 abrange 4 reservatórios de usos múltiplos. O único que apresenta risco de contaminação em caso de rompimento a montante é o da UHE Funil, com 269 hm³, localizada no próprio Rio Grande. Todas as barragens de rejeitos, porém, são pequenas, sendo que apenas a Barragem Volta Grande 2 possui volume um pouco acima de 1 hm³.

Figura 4.34 - Distribuição das barragens na CH GD2, classificadas em relação à segurança hídrica.

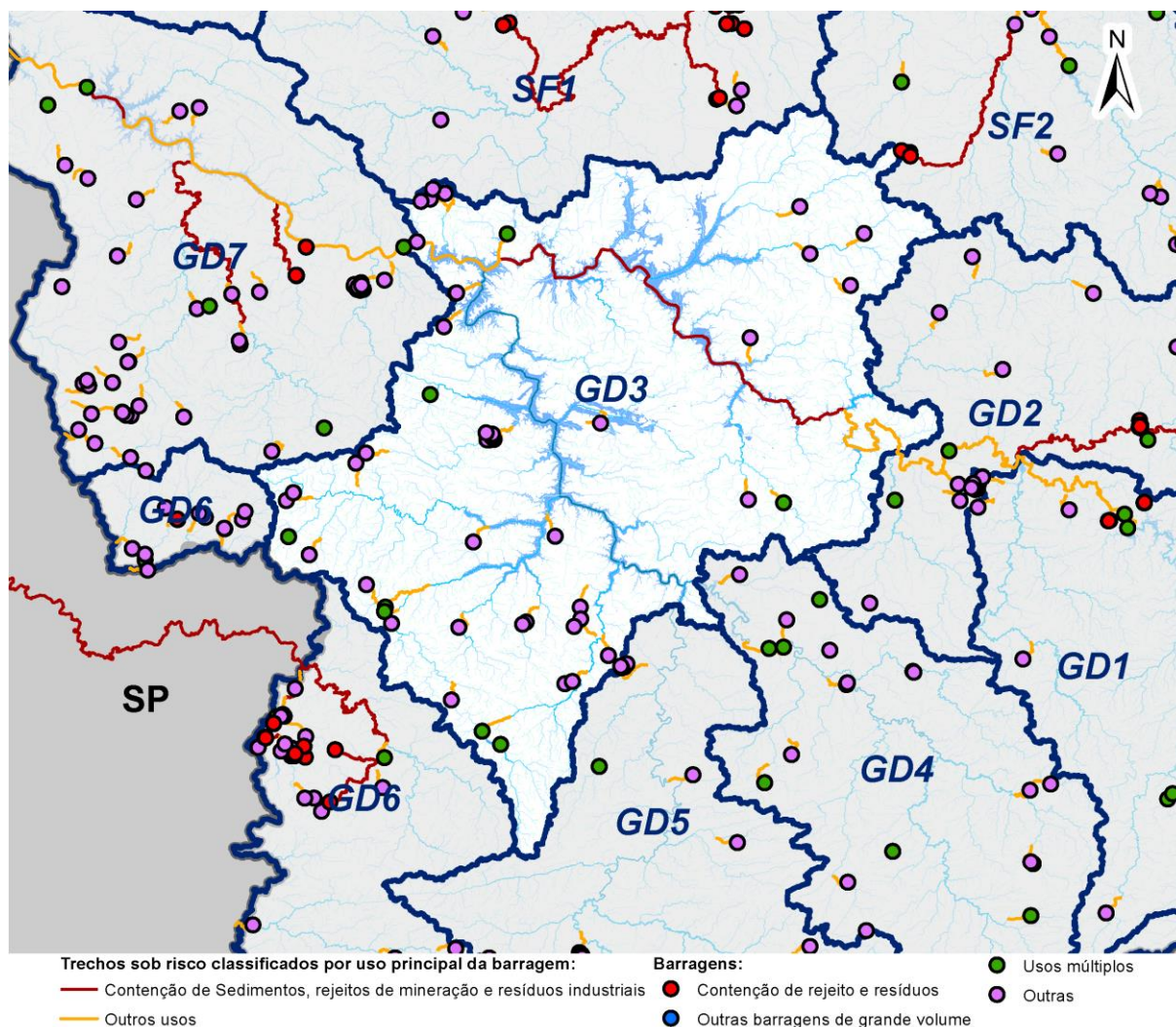


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A GD3 se destaca pelo reservatório da UHE Furnas, com capacidade de 24.881 hm³, sendo o maior de Minas Gerais e contribuindo significativamente para a segurança hídrica do estado. Felizmente, na CH não há nenhuma barragem que ofereça risco à segurança hídrica, considerando também as CHs afluentes da GD3 (GD1, GD2, GD4 e GD5), essas também apresentam nenhum ou pouco risco de contaminação das águas ou de rompimentos em cascata.

As demais barragens com reservatórios de usos múltiplos na CH também são de hidrelétricas, com exceção de uma de regularização de vazão, enquanto as barragens de água de pequeno porte possuem finalidades de abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, entre outros.

Figura 4.35 - Distribuição das barragens na CH GD3, classificadas em relação à segurança hídrica.

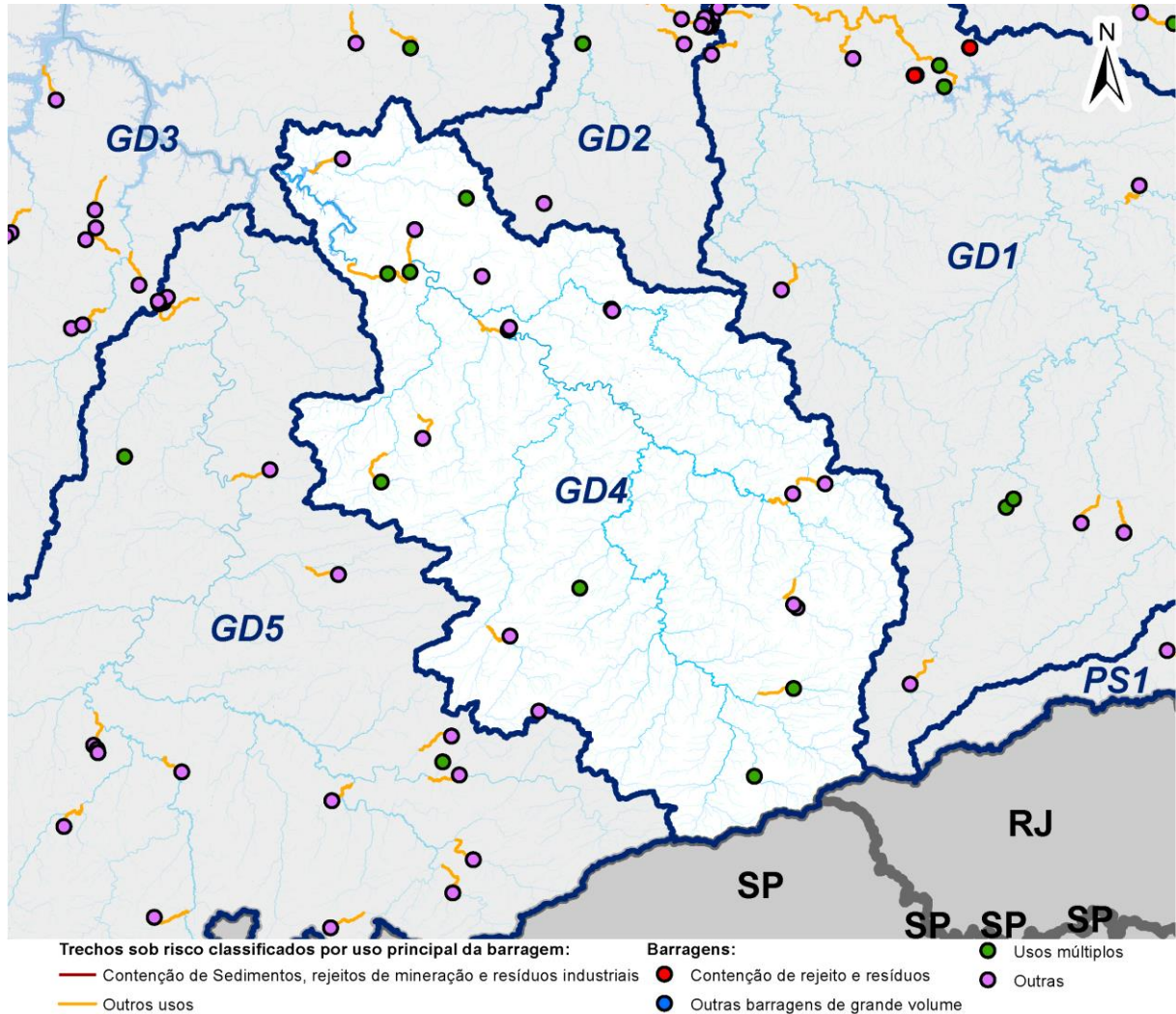


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A GD4 apresenta apenas 21 barragens, das quais 7 são hidrelétricas que contribuem para a segurança hídrica. As demais barragens também contemplam hidrelétricas, porém de volumes pequenos, barragens de nível para abastecimento humano, barramentos para regularização de vazão, uma barragem de irrigação e duas para instruções e atividades militares diversas para o pessoal do exército.

As barragens de maior porte (reservatórios de usos múltiplos), se encontram distribuídas pela CH, reduzindo o risco de rompimentos em cascata, caso uma delas sofra acidente ou incidente que leve ao rompimento. Apenas na região da foz da CH ocorre um caso de barragens de usos múltiplos próximas.

Figura 4.36 - Distribuição das barragens na CH GD4, classificadas em relação à segurança hídrica.

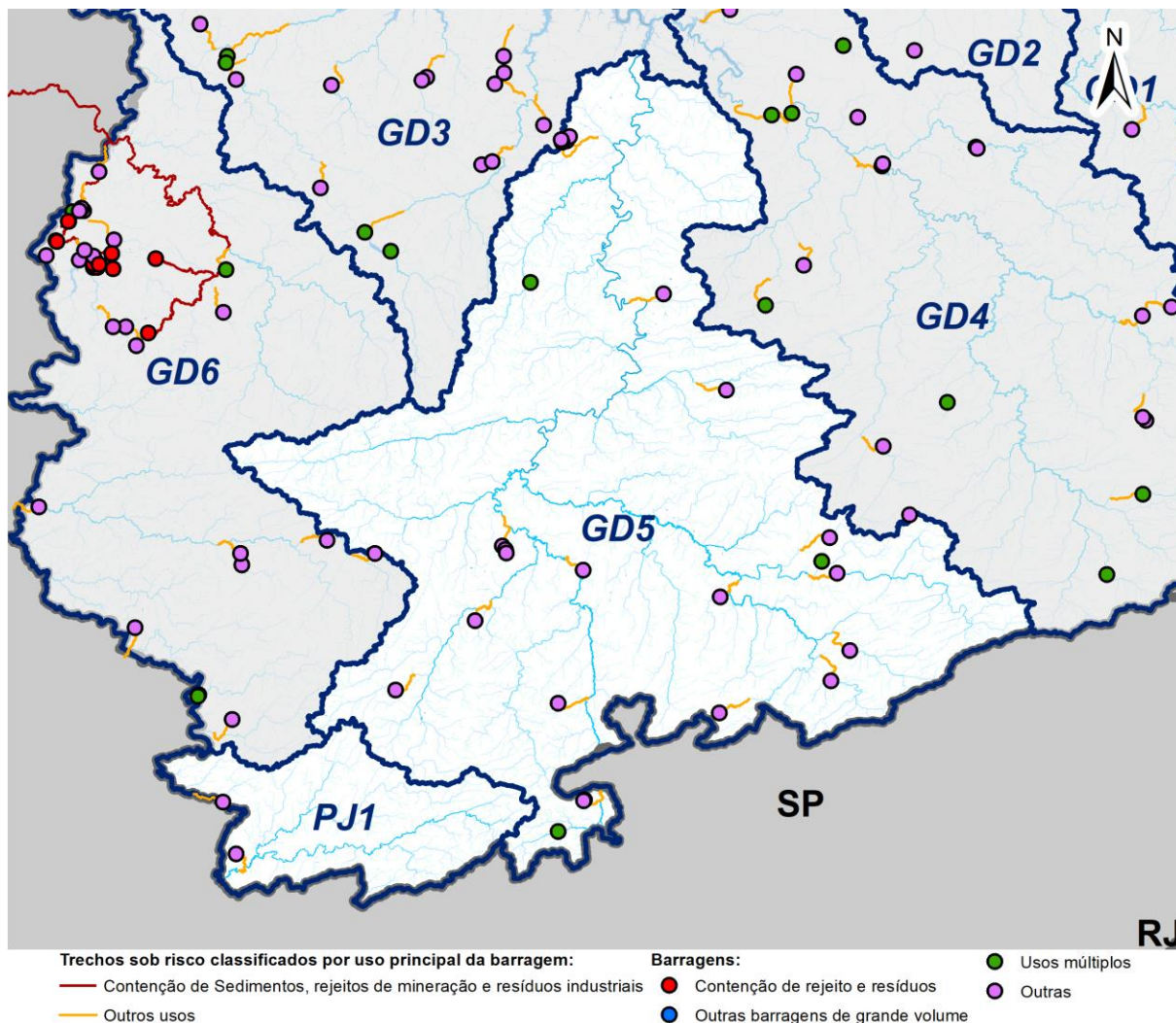


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A situação verificada na GD5 é similar à CH anterior. São poucas barragens no total (26) e nenhuma de risco para a segurança hídrica. São apenas três reservatórios de usos múltiplos distribuídos pelo território, próximos a cabeceira da CH e o restante é composto por pequenas barragens de água para abastecimento humano, irrigação, hidrelétricas e paisagismo.

A CH PJ1, incluída na UEG dos Afluentes do Rio Grande, na verdade faz parte da bacia dos Rios Piracicaba e Jaguari, sendo a porção presente no estado de Minas Gerais. Nessa CH há apenas duas barragens de água com porte pequeno.

Figura 4.37 - Distribuição das barragens nas CHs GD5 e PJ1, classificadas em relação à segurança hídrica.

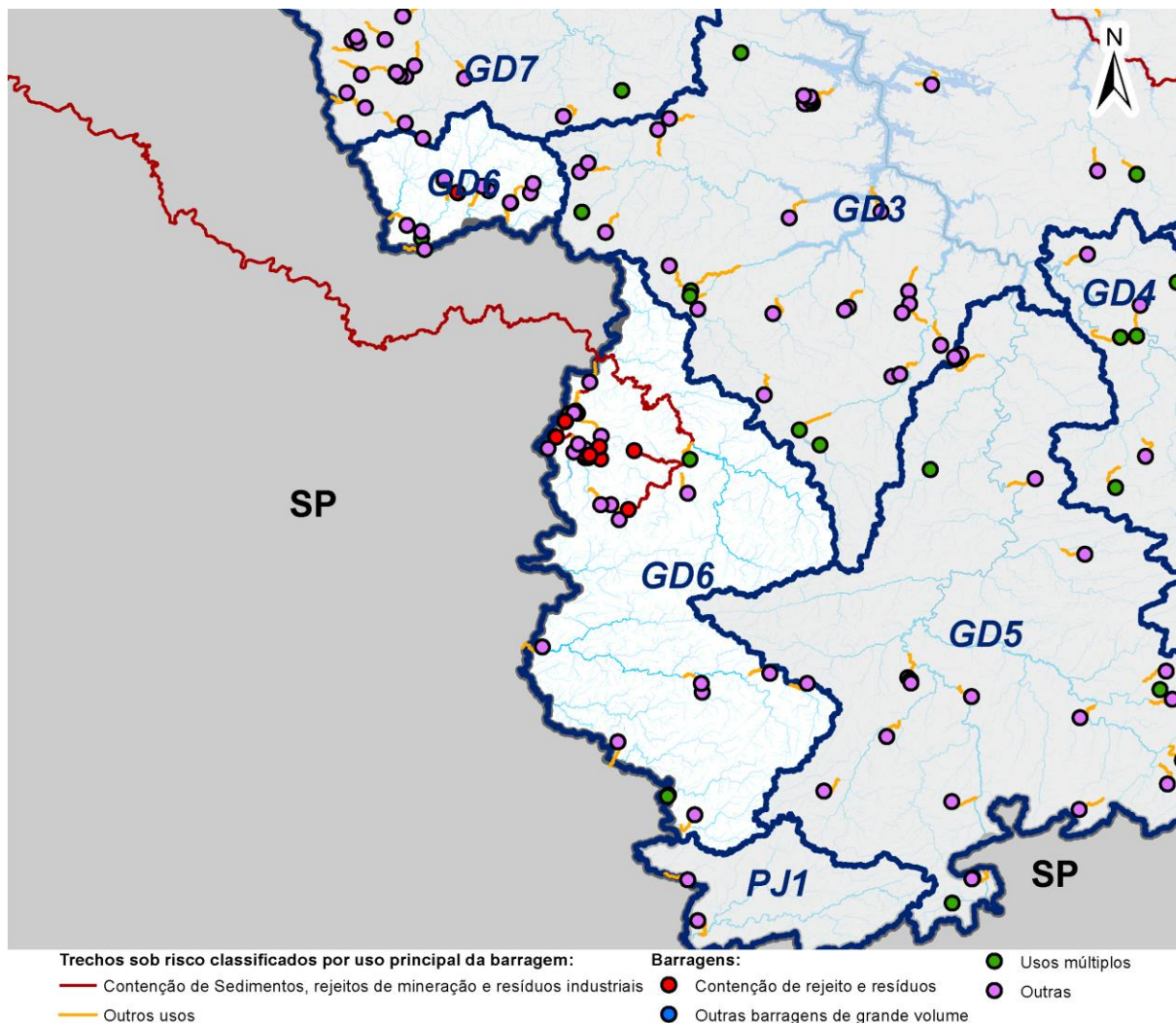


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A GD6 tem duas porções no território de Minas Gerais, com 57 barragens no total, 19 são de contenção de resíduos industriais e uma de contenção de rejeitos de mineração. Das cinco barragens que contribuem para a segurança hídrica, quatro não possuem barragens que ofereçam risco aos seus usos múltiplos a montante. O caso em que isso ocorre é na CGH José Togni, localizada no aglomerado de barragens observado no limite Oeste da porção Sul da GD6, onde existem barragens de resíduos industriais que oferecem risco ao seu reservatório, porém todos com volumes pequenos.

Em relação às barragens de resíduos e rejeitos, a maioria possui menos de 1 hm³, cinco têm entre 1 e 2 hm³ e uma possui 2,8 hm³. A barragem com maior volume é a única de contenção de rejeitos de mineração.

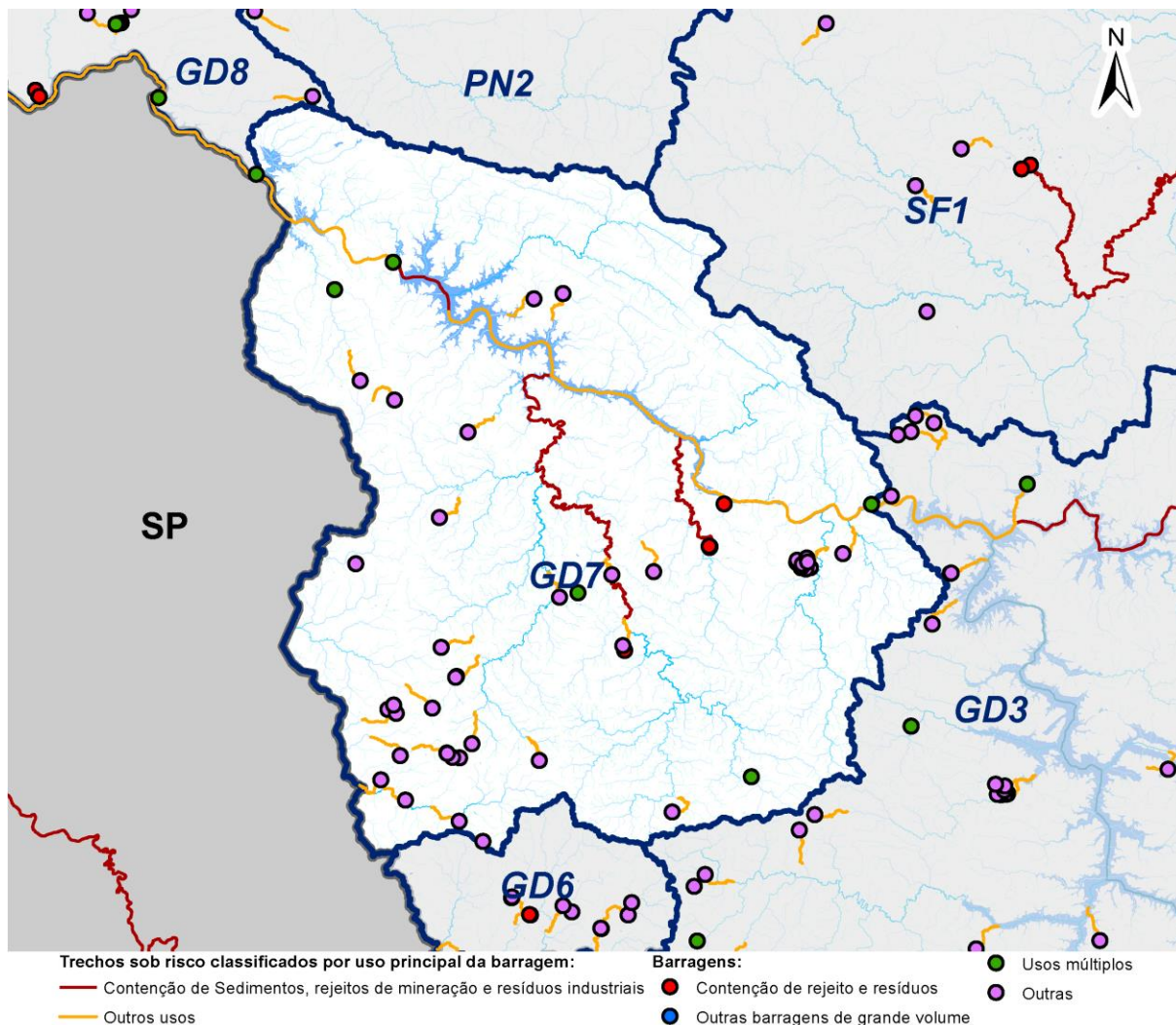
Figura 4.38 - Distribuição das barragens na CH GD6, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A GD7 contempla 51 barragens, 41 delas de água de pequeno porte, quatro são reservatórios de usos múltiplos e seis de contenção de resíduos ou rejeitos. Destaca-se a UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, com capacidade de 4.040 hm³, esse reservatório está a jusante de todas as barragens que oferecem risco na CH. Assim, é um ponto de atenção à segurança das estruturas que possuem potencial de contaminar as águas do reservatório, as cinco barragens de resíduos industriais têm volumes menores que 0,02 hm³, porém a única barragem de mineração possui capacidades de 3,2 hm³. Essa CH concentra também os riscos de outras que estão a montante, porém, conforme avaliado até aqui, esses são pequenos.

Figura 4.39 - Distribuição das barragens na CH GD7, classificadas em relação à segurança hídrica.

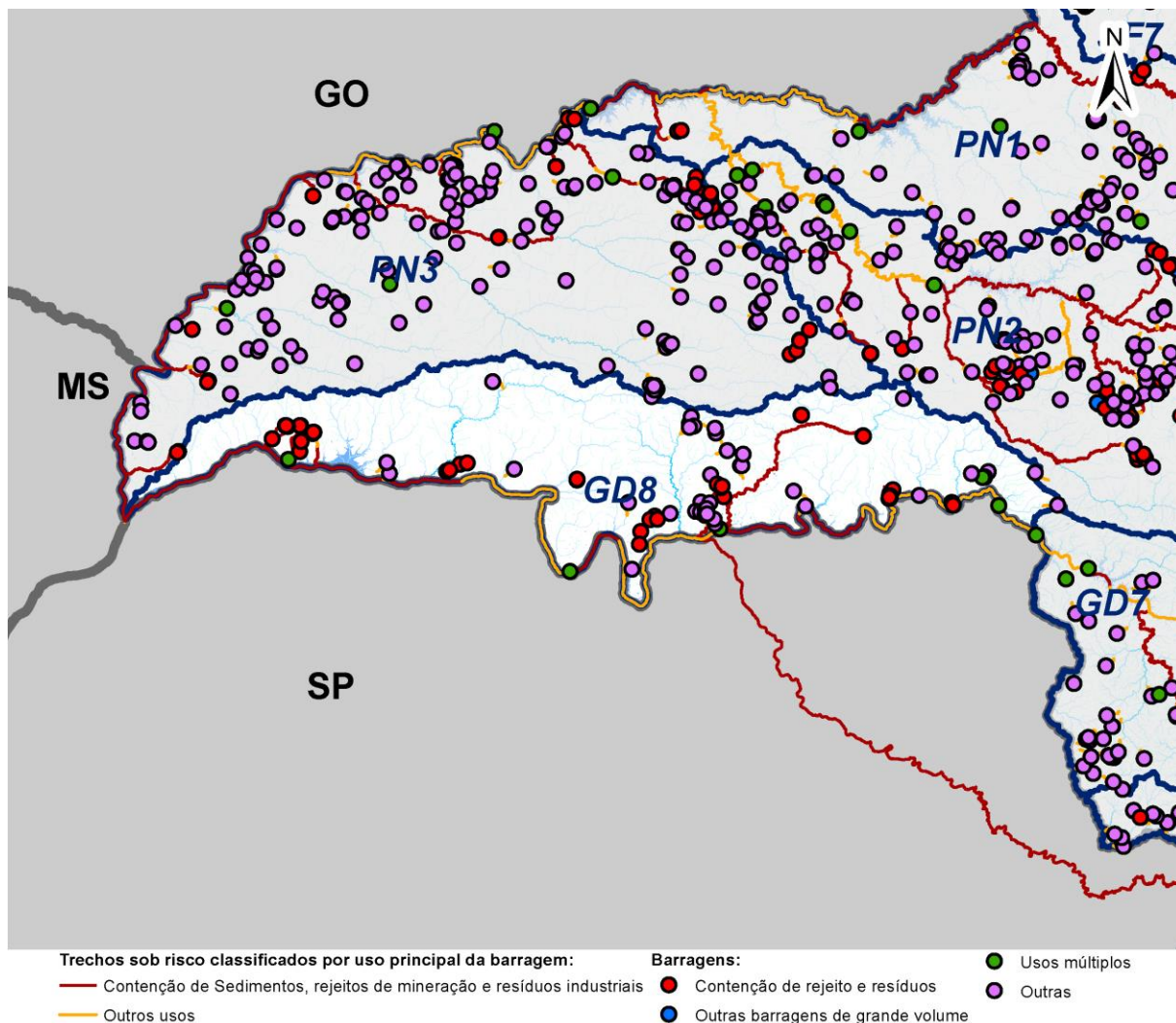


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na GD8 observam-se alguns reservatórios volumosos no Rio Grande, na divisa com o estado de São Paulo, que contribuem para a segurança hídrica. Seguindo-se de montante para jusante, são eles: UHE Estreito (1.423 hm³); UHE Jaguará (491 hm³); UHE Porto Colômbia (1.525 hm³); UHE Marimbondo (6.150 hm³); e UHE Água Vermelha (11.025 hm³). A UHE Estreito apresenta a sua barragem na área da GD8, porém quase a totalidade do seu reservatório está na GD7. Além dessas, há três hidrelétricas em outros cursos d'água que contribuem para a segurança hídrica.

Entre os riscos de rompimento de barragens na CH, apesar de um número relativamente alto de estruturas para contenção de resíduos industriais (49) e de rejeitos (2), grande parte possui menos de 1 hm³ de capacidade. Uma delas, porém, denominada Pilha de Gesso tem volume de 55 hm³ e está próxima ao Rio Grande, a montante da UHE Volta Grande, com potencial de comprometer quatro dos grandes reservatórios do Rio Grande em caso de rompimento. Portanto, é importante que essa barragem de resíduos apresente todos os instrumentos de segurança necessários para reduzir o risco de rompimento e, caso ocorra, mitigar os seus danos.

Figura 4.40 - Distribuição das barragens na CH GD8, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

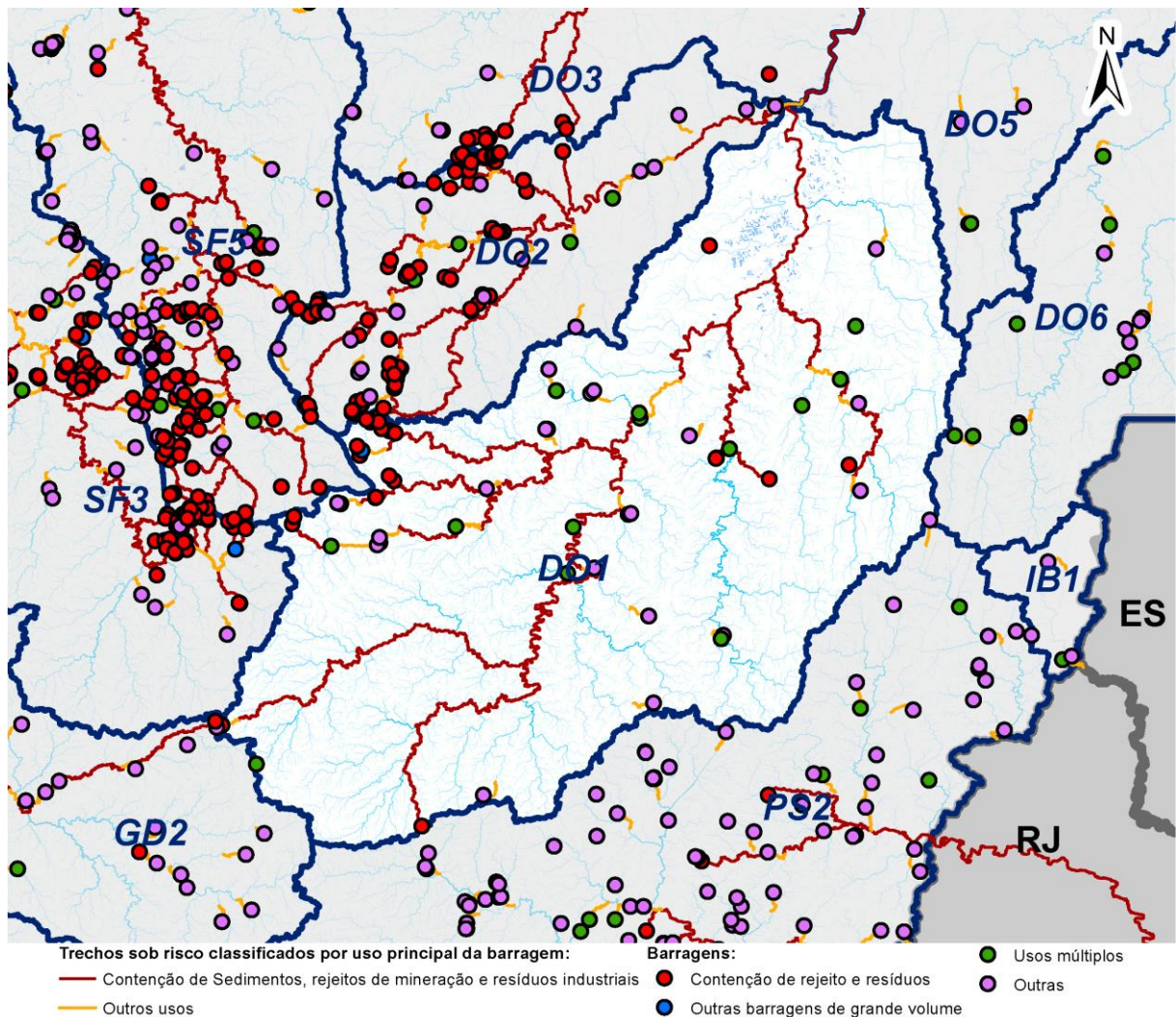
4.4.3.4 UEG4 - Afluentes do Rio Doce

Ao contrário da UEG3, a UEG4 concentra mais barragens nas suas primeiras CHs, principalmente por ser uma região propícia para mineração. Apesar disso, as CHs finais também representam áreas de cabeceira e assim, com exceção do próprio Rio Doce, não são afetadas pelas barragens de rejeitos das CHs DO1, DO2 e DO3.

Na CH DO1, percebe-se diversos reservatórios associados à segurança hídrica nos principais rios da região, 13 no total da CH. Há algumas barragens pequenas distribuídas (23) e apenas uma barragem de água de grande volume, que se encontra junto ao aglomerado de barragens de mineração observado na Figura 4.41. As barragens rotuladas como contribuintes para a segurança hídrica são de volumes médios nos reservatórios com volume informado (entre 14 e 55 hm³). Nesse caso, considerando também o arranjo observado com barragens em série nos cursos d'água principais, essas devem receber atenção para evitar acidentes ou incidentes que causem uma liberação de grandes volumes de água que possam afetar as estruturas a jusante.

Em relação à contaminação da água, na parte oeste do território há uma concentração maior de barragens de mineração que afetariam algumas barragens de usos múltiplos em caso de rompimento. Entre essas barragens há algumas com grandes volumes de reservatório, se destacando a Barragem Germano com mais de 129 hm³, assim, essas estruturas têm grande potencial de afetar negativamente a segurança hídrica.

Figura 4.41 - Distribuição das barragens na CH DO1, classificadas em relação à segurança hídrica.



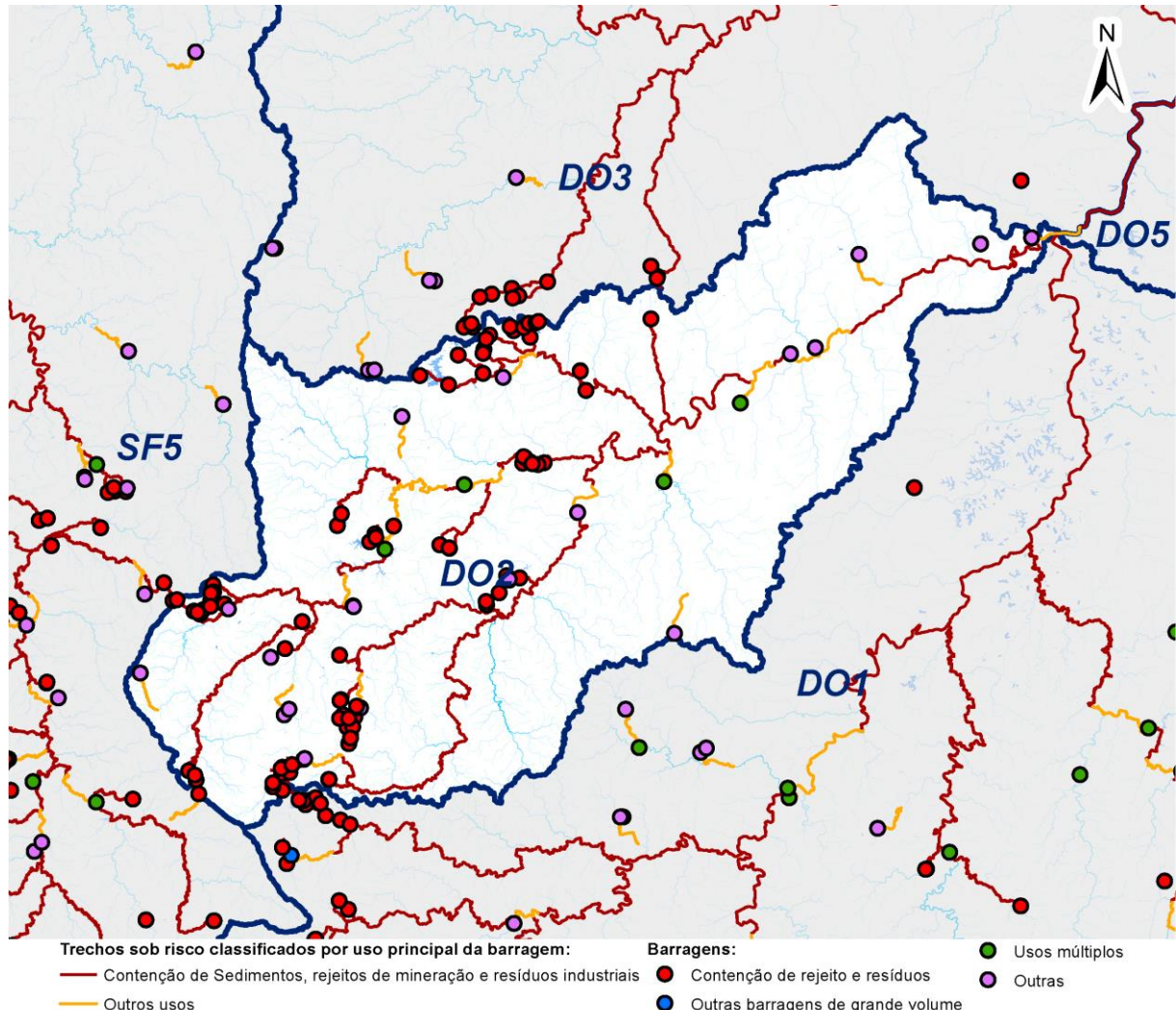
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na DO2 são apenas quatro reservatórios que podem contribuir para a segurança hídrica e 81 barragens que oferecem risco à qualidade da água. Não há nenhum outro reservatório de água de grande porte, apenas 20 com volumes pequenos.

Apesar de serem poucos os reservatórios de usos múltiplos na CH, dois deles estão localizados na calha dos principais rios que recebem contribuição das águas de cabeceiras com diversas barragens de contenção de rejeitos de mineração. As barragens de mineração com maiores volumes estão localizadas na proximidade do limite entre as CHs DO2 e DO3, nessa região, destacam-se as Barragens Itabiruçu e Pontal, ambas com mais de 100 hm³ em

capacidade de contenção de rejeitos. Há outros pontos com concentração de barragens de mineração, todos a montante do Rio Piracicaba, que na sua foz encontra o Rio Doce.

Figura 4.42 - Distribuição das barragens na CH DO2, classificadas em relação à segurança hídrica.

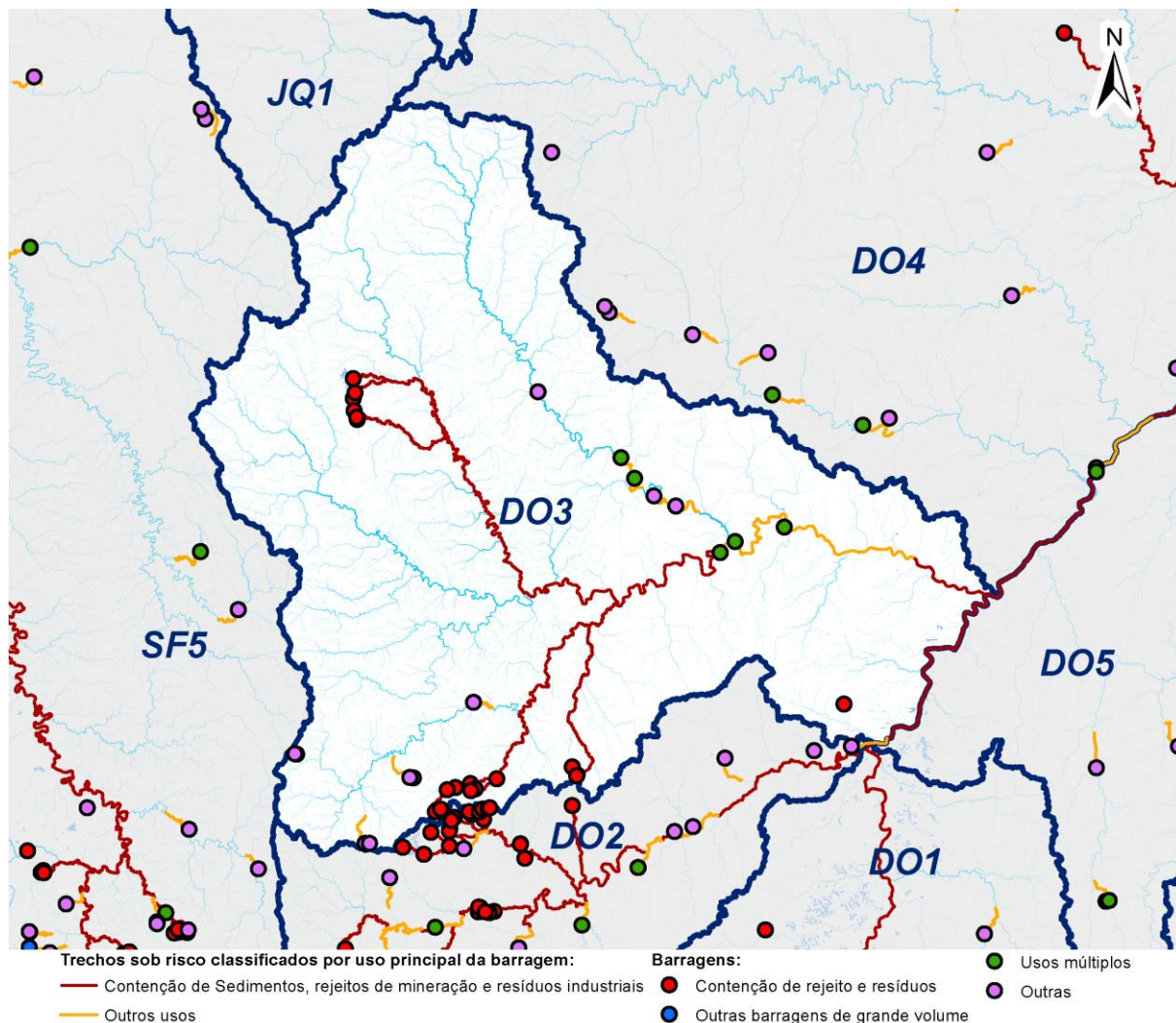


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na CH DO3 – Rio Santo Antônio, existem 36 barragens no total e cinco delas são de usos múltiplos, garantindo a segurança hídrica, todas estão localizadas no rio que dá nome à CH ou nos seus principais afluentes. Percebem-se poucos locais com concentração de barragens de contenção de rejeitos e, apesar de em sua maioria estarem a montante de estruturas que contribuem para a segurança hídrica, não estão muito próximos delas. Apenas as UHEs Salto Grande e Porto Estrela poderiam ser afetadas pelo rompimento dessas barragens de rejeitos.

A contaminação da água pelos rejeitos tem potencial de ocorrer por grandes distâncias após uma barragem de mineração se romper, porém nesses casos há mais tempo para a execução de ações emergenciais de contenção dos rejeitos, principalmente se o volume desses for pequeno. Nenhuma das barragens que oferecem risco à segurança hídrica na DO3 apresenta volume muito grande, sendo as maiores de 12,6 hm³, denominada “Cemig I” e 11,4 hm³ a Barragem Santana.

Figura 4.43 - Distribuição das barragens na CH DO3, classificadas em relação à segurança hídrica.

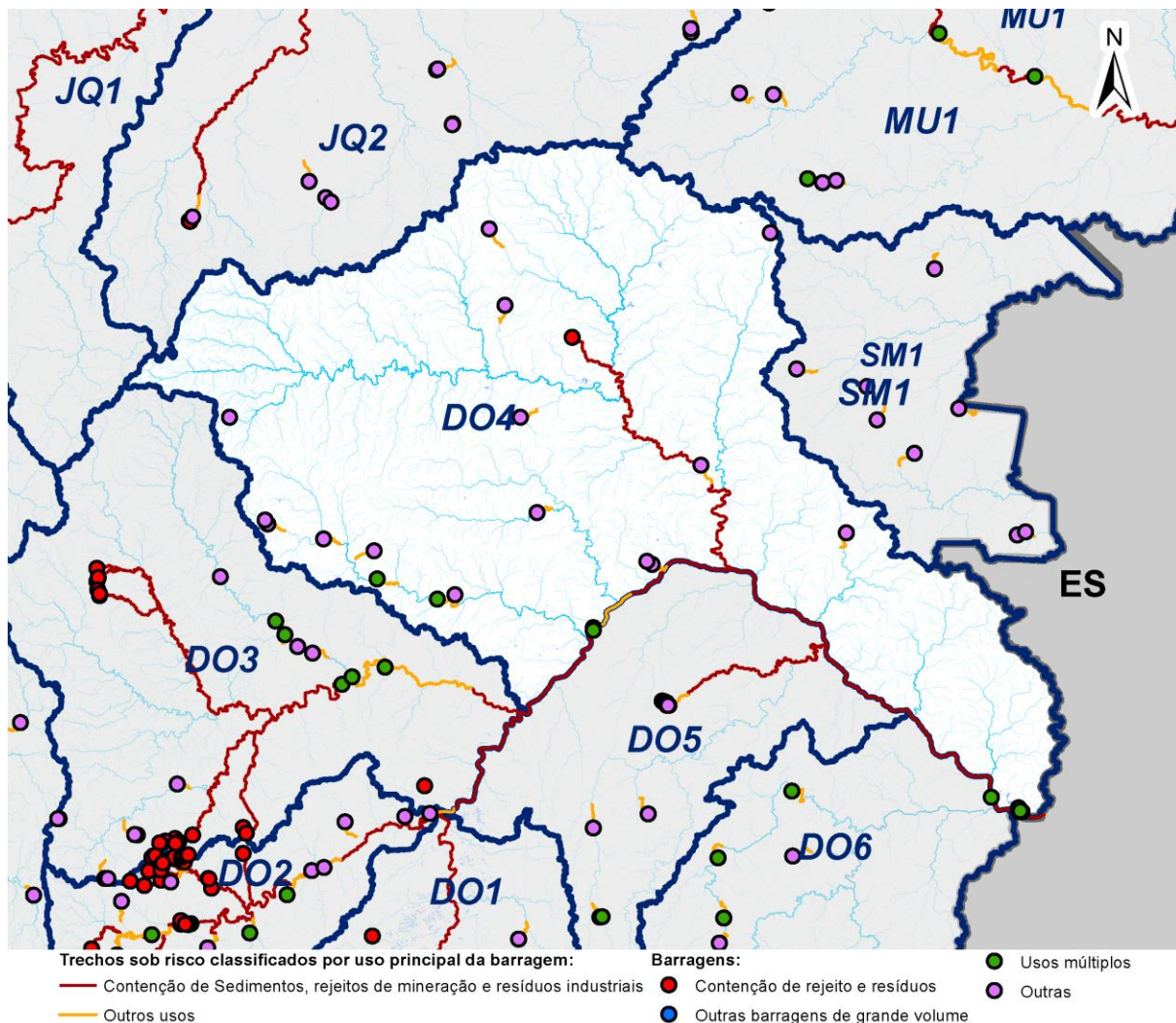


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A DO4 se destaca como uma CH que possui contribuição para a segurança hídrica com risco muito baixo. Entre o total de 24 barragens cadastradas, sete são de usos múltiplos e apenas uma é de contenção de rejeitos de mineração, a Barragem Cruzeiro com apenas 0,02 hm². Por meio da análise em SIG, pode-se afirmar que o único reservatório de usos múltiplos que poderia ser atingido com as águas contaminas em caso de rompimento dessa barragem é a UHE Aimorés.

Inserindo a CH no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, o complexo de estruturas que compõem a UHE Aimorés está localizado no próprio Rio Doce. Esse curso hídrico é abastecido por todas as CHs da UEG4, assim, as barragens do Rio Doce acumulam os riscos avaliados em todas elas. Por mais que as barragens de rejeitos se encontrem longe dos reservatórios de usos múltiplos, é importante dar atenção principalmente às de maior volume e que essas apresentem Plano de Ação Emergencial para que as medidas que evitem ou mitiguem os impactos no Rio Doce sejam tomadas o mais rápido possível no caso de acidente ou incidente.

Figura 4.44 - Distribuição das barragens na CH DO4, classificadas em relação à segurança hídrica.

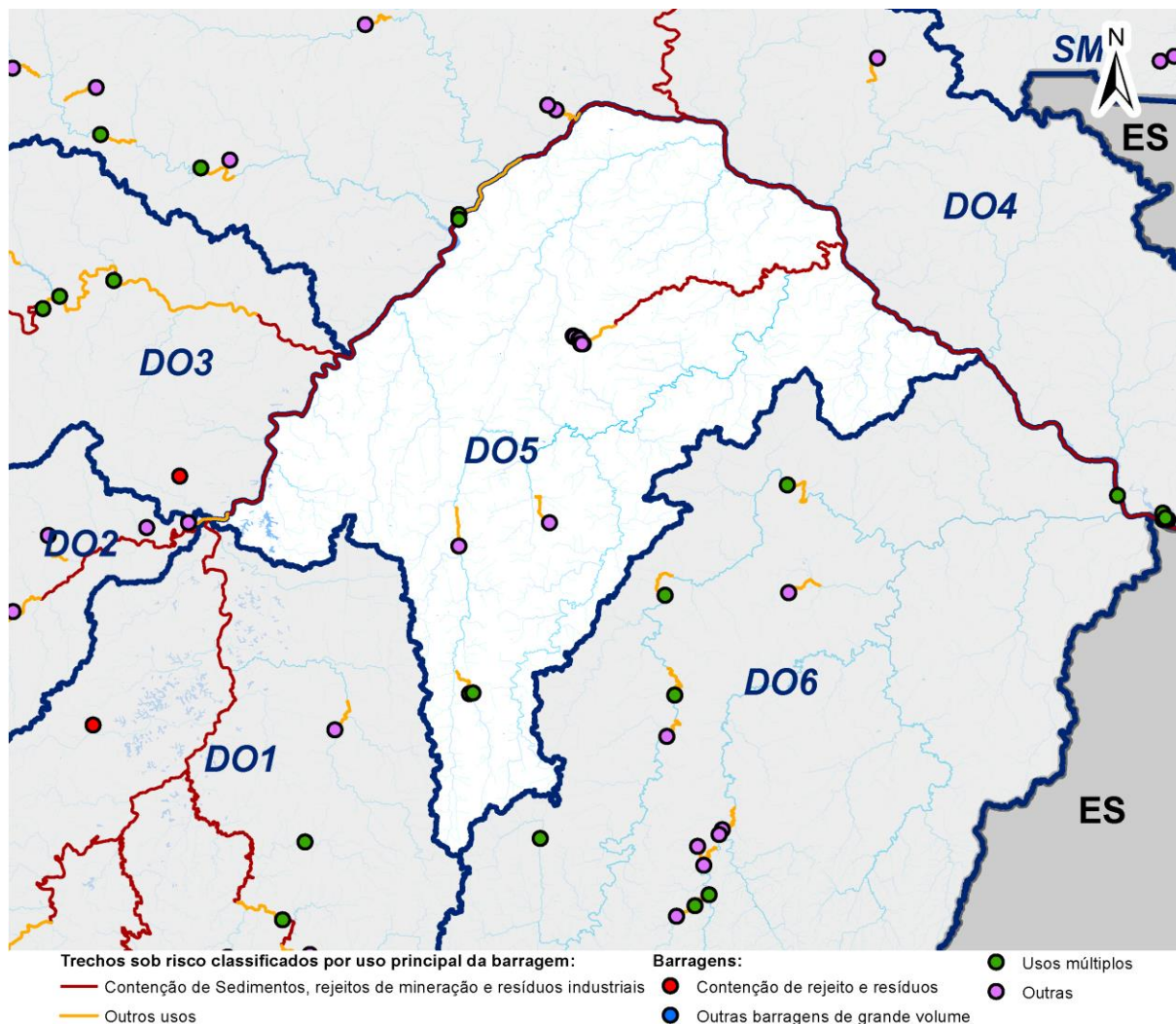


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A DO5 compreende apenas 15 barragens, sendo três com reservatórios que contribuem para a segurança hídrica, seis de contenção de sedimentos e os demais reservatórios de água de pequeno porte, ou seja, que não oferecem risco à segurança. Todas as barragens relacionadas à segurança hídrica são de hidrelétricas, sendo uma delas, a UHE Baguari localizada no Rio Doce. Devido a sua localização, essa é a única estrutura de usos múltiplos com algum risco no território da DO5, visto que nesse ponto há contribuição das águas efluentes da DO1, DO2 e DO3, CHs que possuem números elevados de barragens de contenção de rejeitos próximas às suas cabeceiras.

As demais barragens da CH, identificadas em rosa na Figura 4.45, correspondem à uma PCH, uma barragem de nível para abastecimento, duas barragens de paisagismo, uma para irrigação e outra para dessedentação animal, todas com menos de 1 hm³. Essas últimas formam a concentração observada próxima ao centro da CH.

Figura 4.45 - Distribuição das barragens na CH DO5, classificadas em relação à segurança hídrica.

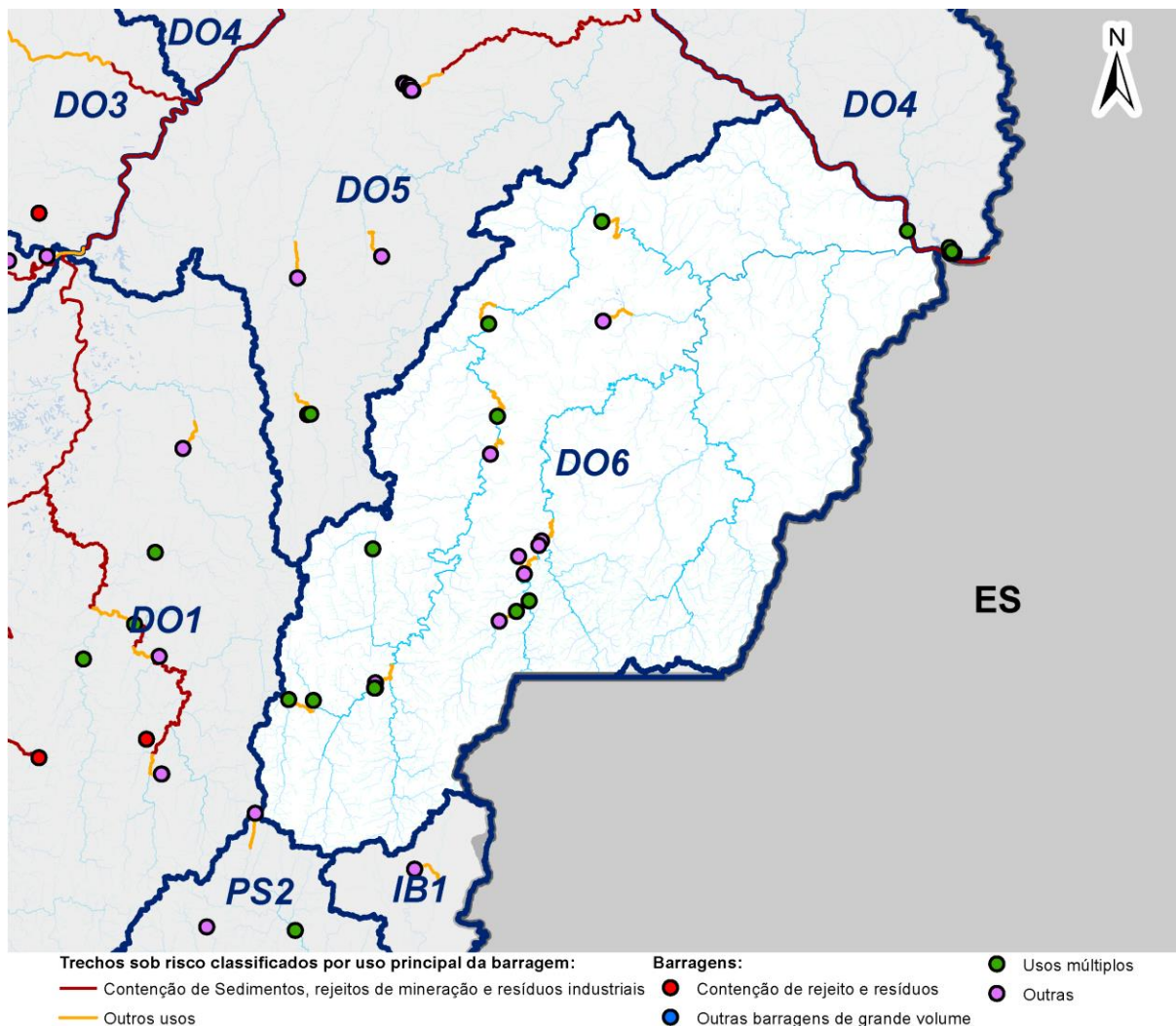


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

De forma similar à DO5, a DO6 também possui um número pequeno de barramentos (19), sendo que nenhum oferece risco à qualidade da água na CH. Não há nenhum também que represente risco devido ao seu volume, além dos próprios reservatórios que contribuem para a segurança hídrica. Diferentemente da DO5, porém, há mais barragens associadas a segurança hídrica na DO6, 10 no total e estão distribuídas pelo território. A maioria delas se encontra nos rios José Pedro e Manhuaçu. As outras nove barragens da CH são hidrelétricas, uma de aquicultura e uma de abastecimento, com capacidades menores que 1 hm³.

Devido ao cadastro realizado no SNISB incluir todos os barramentos de cada empreendimento, a UHE Aimorés, localizada no Rio Doce com capacidade de 228 hm³, está entre a DO4 e a DO6, com algumas de suas estruturas na primeira CH, porém a Barragem Principal, conforme as coordenadas do cadastro, está na DO6. Sendo esse reservatório muito próximo ao limite de Minas Gerais, a “foz” do Rio Doce no estado, ele recebe a contribuição de toda a UEG4 e, portanto, é suscetível a todos os riscos avaliados até aqui.

Figura 4.46 - Distribuição das barragens na CH DO6, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

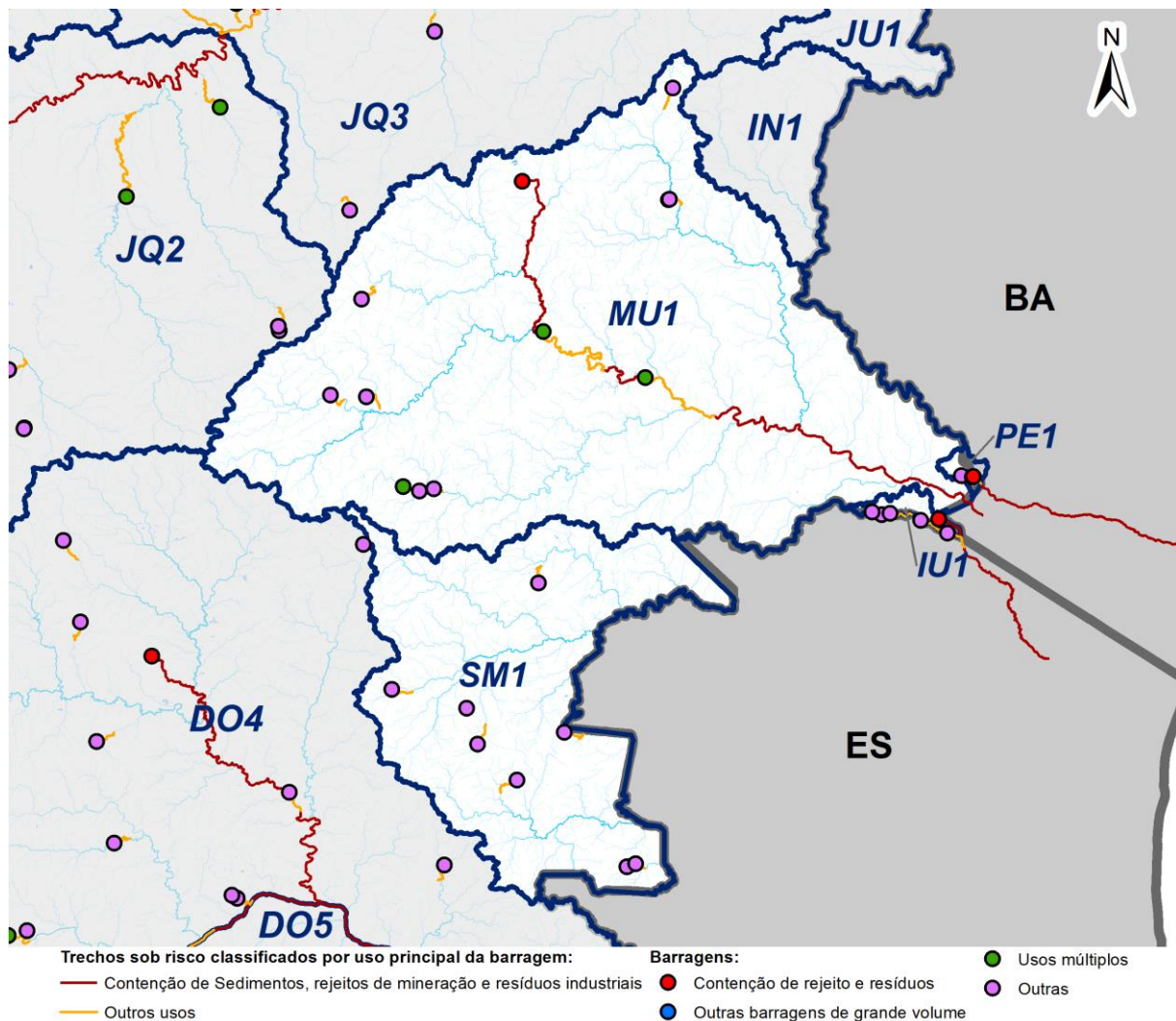
4.4.3.5 UEG5 - Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo

A UEG5 contempla algumas bacias distintas ou que possuem apenas uma pequena parte da sua área de contribuição no estado de Minas Gerais e tem poucas barragens no geral. Considerando que algumas CHs da UEG5 apresentam menos de 10 barragens em seus territórios, essas foram agrupadas para essa avaliação conforme descrito a seguir.

A CH MU1 é a que apresenta mais barragens entre as que estão colocadas na Figura 4.47, com 12 barramentos, sendo que três contribuem para a segurança hídrica e um é de rejeitos de mineração. A barragem de rejeitos possui apenas 0,026 hm³, mas está a montante de dois reservatórios de usos múltiplos: a PCH Mucuri (87 hm³) e a UHE Santa Clara (150 hm³). A outra barragem que pode contribuir com a segurança hídrica na CH é a Barragem Todos os Santos, usada para abastecimento, mais ao sul onde não há risco por rompimento de outras estruturas. Na SM1 nenhuma das oito barragens levantadas contribui para a segurança hídrica, porém também não oferecem risco a ela. Quatro dos pequenos reservatórios de água são utilizados para abastecimento humano, dois para paisagismo e os outros dois para irrigação e dessedentação animal.

Na área da IU1 três barramentos são para irrigação, dois para dessedentação animal e outros dois de contenção de resíduos de destilaria de álcool. Essas barragens de resíduos não estão a montante de nenhuma estrutura importante para a segurança hídrica em Minas Gerais, mas podem afetar outros estados. A PE1 possui apenas uma barragem de irrigação e duas de contenção de resíduos de destilaria de álcool, todas com volumes menores que 0,1 hm³, a jusante do reservatório para irrigação mas que também podem ocasionar problemas na qualidade da água em outros estados no caso de rompimento. Por fim, a IN1 não apresentou nenhuma barragem cadastrada em seu território.

Figura 4.47 - Distribuição das barragens nas CHs MU1, PE1, IU1 e SM1, classificadas em relação à segurança hídrica.

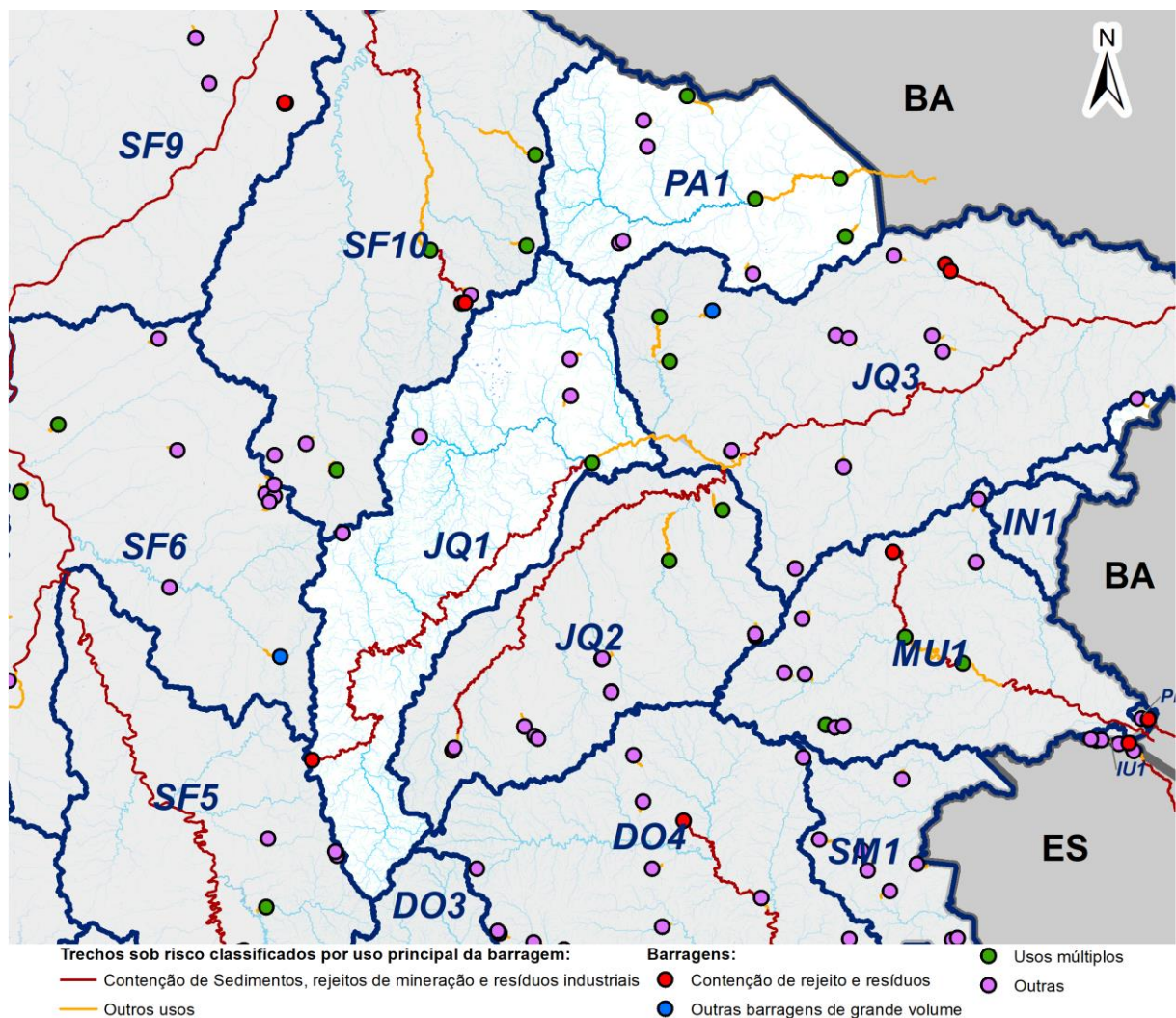


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A JQ1 contempla seis barragens, sendo um reservatório de usos múltiplos e um de contenção de rejeitos de mineração. O reservatório que contribui para a segurança hídrica é a UHE Irapé, com capacidade de 5.963 hm³, podendo ser afetado pela contaminação da água em caso de rompimento da barragem de mineração, que possui apenas 0,15 hm³. Devido à distância e ao pequeno volume da barragem que oferece risco a segurança hídrica na CH, acredita-se que esse não deve causar danos consideráveis no Rio Jequitinhonha, tanto na JQ1 quanto na JQ3.

Na PA1, não há nenhum risco à segurança hídrica por contaminação da água, sendo apenas nove barragens no total e quatro delas de usos múltiplos. Os maiores reservatórios são o Berizal, de regularização de vazão com capacidade de 339 hm³ e a PCH Machado Mineiro, com 200 hm³, os demais que contribuem para a segurança hídrica são barragens com uso principal o abastecimento humano.

Figura 4.48 - Distribuição das barragens nas CHs JQ1 e PA1, classificadas em relação à segurança hídrica.



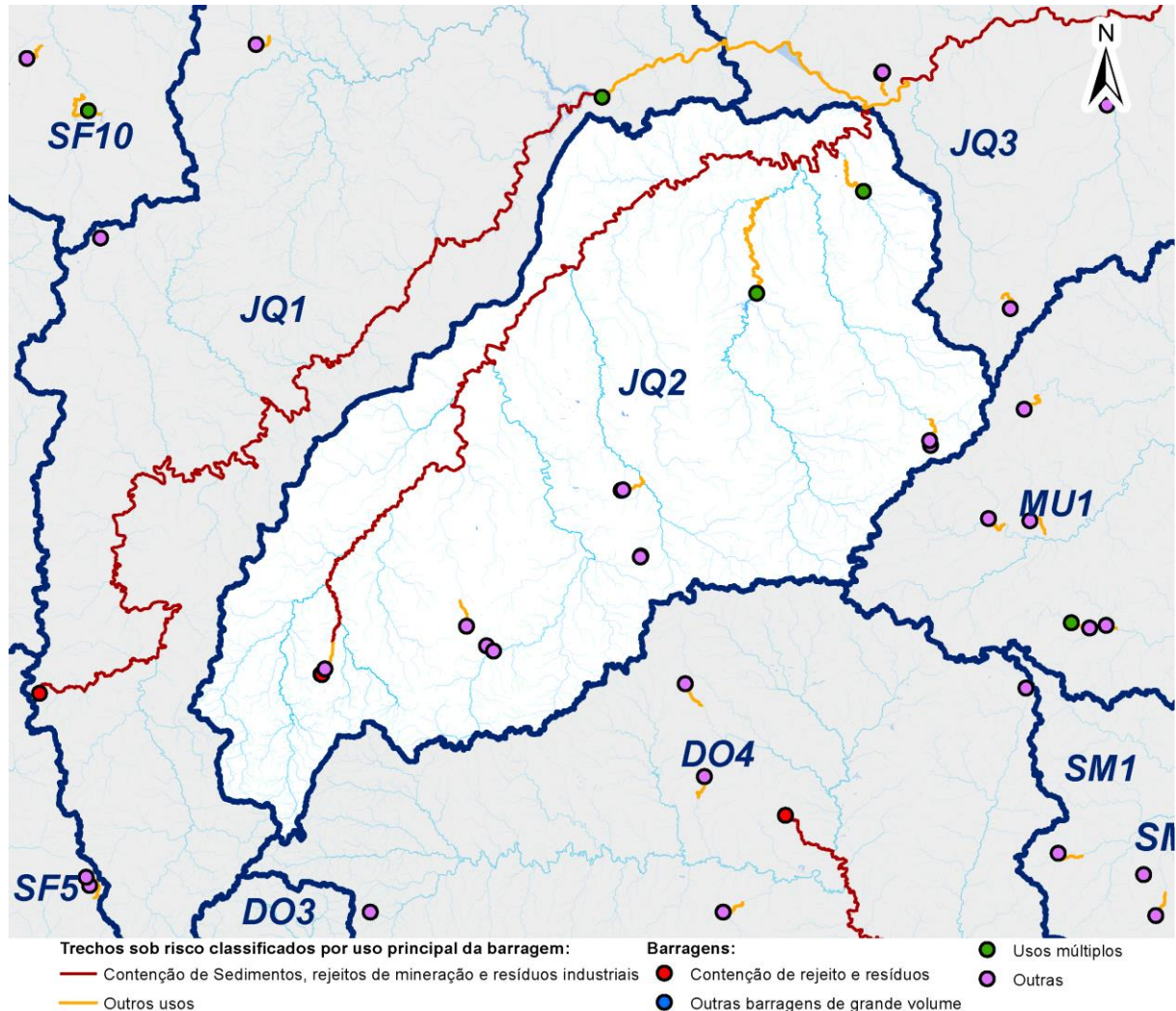
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

No território da JQ2 há apenas 15 barragens, duas que contribuem para a segurança hídrica, três de contenção de rejeitos de mineração e as demais são pequenas barragens de água com outros fins. As barragens de usos múltiplos possuem como uso principal o abastecimento humano e podem ser observadas na Figura 4.49, destacando-se a Setúbal, com capacidade de 130 hm³. Nenhuma delas possui reservatórios que ofereçam risco a montante.

Os três barramentos de mineração estão localizados na cabeceira da CH, sem oferecer risco a nenhum reservatório nessa região, porém a montante de alguns reservatórios de usos múltiplos da JQ3. Se apresentam sobrepostos na imagem devido a sua proximidade, sendo pertencentes ao mesmo empreendimento, todos com volume menor que 0,1 hm³, fazendo

com que o possível rompimento dessas estruturas ofereça um risco muito baixo à segurança hídrica.

Figura 4.49 - Distribuição das barragens na CH JQ2, classificadas em relação à segurança hídrica.

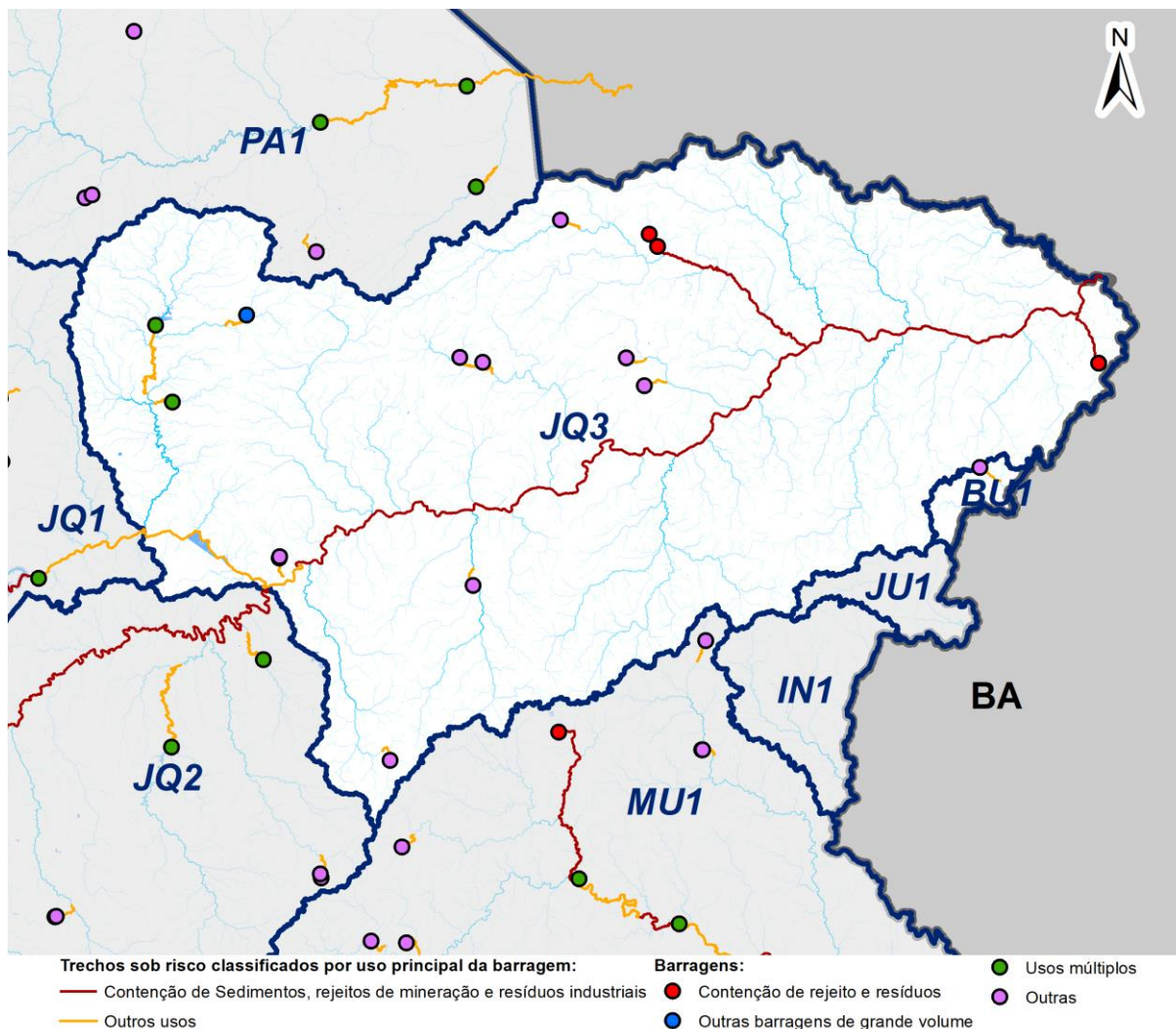


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A JQ3 compreende 16 barragens, duas delas de usos múltiplos. Ambas as de usos múltiplos têm como finalidade principal o abastecimento humano, a Barragem Salinas com capacidade de 92 hm³ e a Barragem Caraíbas com 9 hm³. As três barragens de contenção de rejeitos de mineração da CH estão mais próximas à foz, não afetando nenhum reservatório estratégico para a segurança hídrica.

Na BU1 há apenas uma barragem de irrigação sem capacidade informada. Na JU1, por sua vez, não foi identificada nenhuma barragem.

Figura 4.50 - Distribuição das barragens nas CHs JQ3 e BU1, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

4.4.3.6 UEG6 - Afluentes do Rio Paranaíba

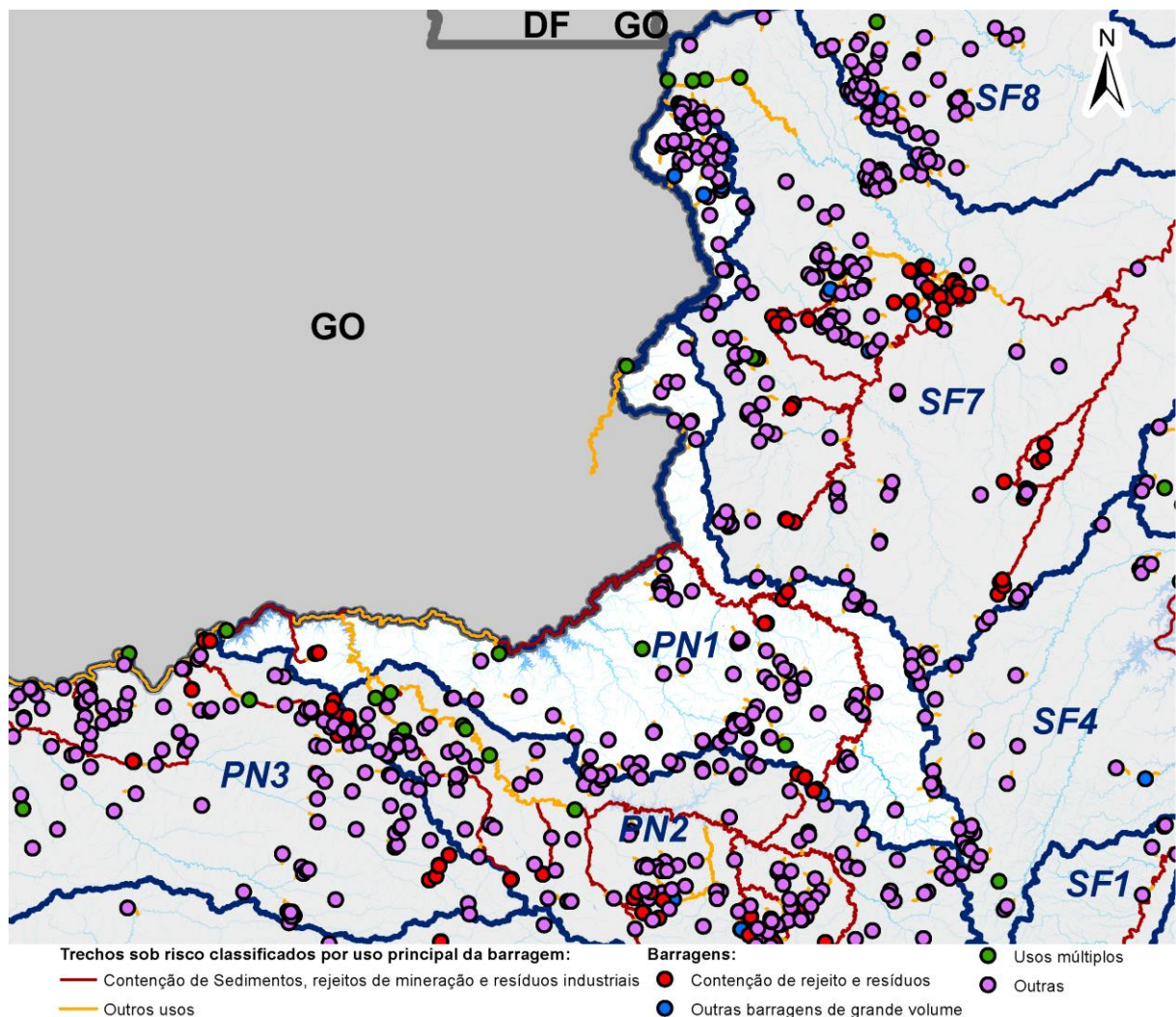
Na UEG6 ocorre um grande número de barragens de diversos usos. A região oeste do estado e do triângulo mineiro se caracterizam pela produção agroindustrial, dessa forma, há muitas barragens de irrigação e de contenção de rejeitos de destilarias de álcool, assim como algumas hidrelétricas.

A CH PN1 contempla 183 barragens, sendo 160 delas com reservatórios pequenos de água, representados em rosa na Figura 4.51, a maioria para irrigação. Há alguns reservatórios com volume médio (entre 5 e 11 hm³) que podem representar risco a estruturas a jusante em evento de rompimento, a maioria deles se encontra na ponta norte da CH. Dessa forma, por não estarem próximos a reservatórios que contribuem com a segurança hídrica ou ainda a outros reservatórios que ofereçam risco, os danos caso essas barragens sofram algum incidente serão pequenos do ponto de vista da segurança hídrica.

Na ponta leste da CH ocorre situação similar, em que há alguns reservatórios que podem comprometer os usos múltiplos da água na região, porém estão longe das barragens com

essa função. Por outro lado, esses oferecem risco de contaminação da água, o que pode afetar uma extensão muito maior nos cursos d'água. Assim, os reservatórios que se encontram no Rio Paranaíba possuem algum risco de contaminação por receberem contribuição de toda a água da CH, apesar do risco ser baixo devido às poucas barragens de rejeito com volumes não muito altos e relativamente distantes do Rio Paranaíba, deve-se ter atenção. Os reservatórios desse rio são de grande importância devido aos seus volumes, sendo que a UHE Batalha (mais próxima a ponta norte da CH) tem capacidade de 1.939 hm³, a UHE Emborcação (mais ao sul) de 17.724 hm³, a UHE Itumbiara (na foz da CH) tem capacidade de 17.975 hm³.

Figura 4.51 - Distribuição das barragens na CH PN1, classificadas em relação à segurança hídrica.



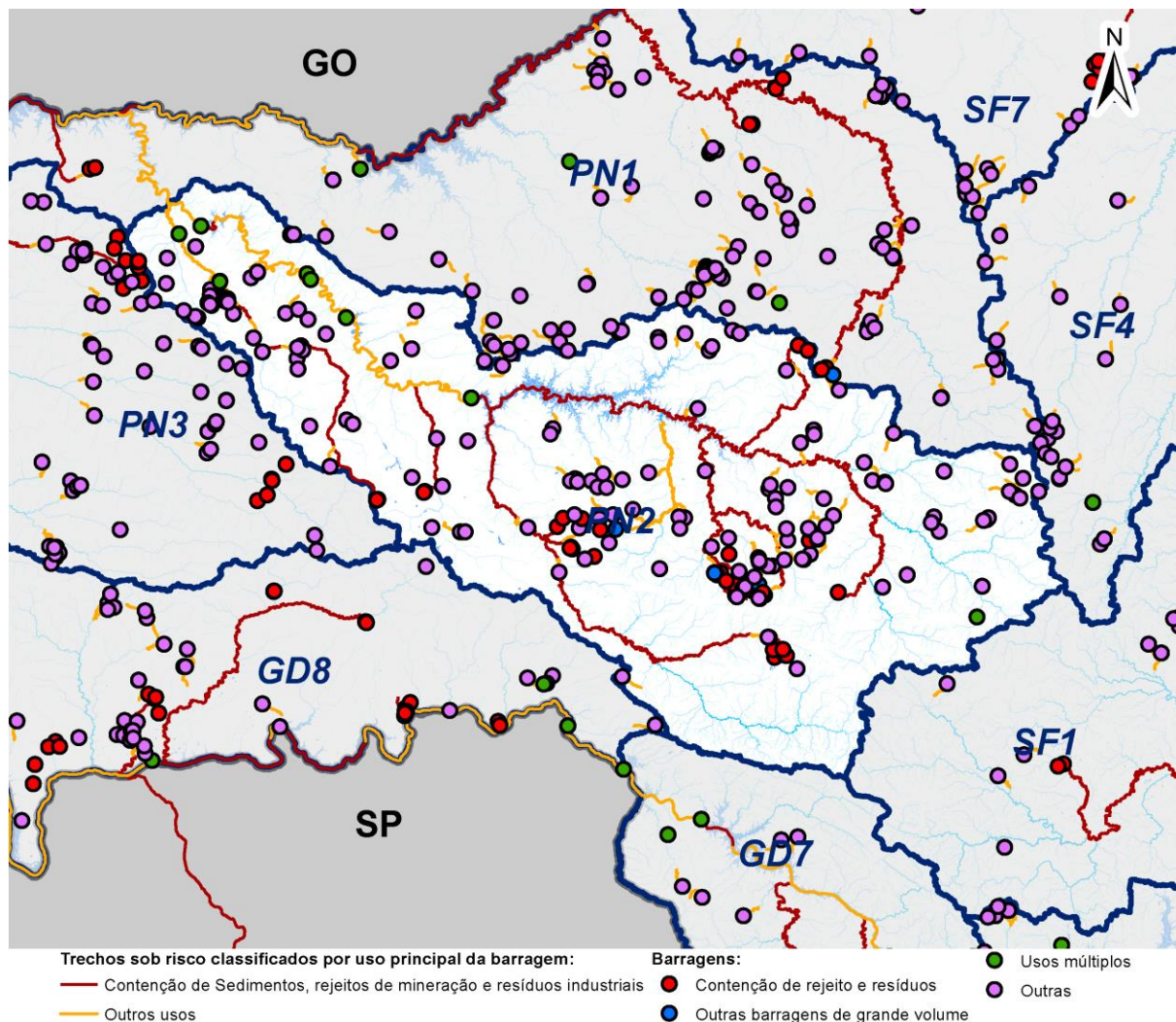
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

A CH PN2 também apresenta um número alto de barragens de água de pequeno porte (157), mas também de barragens de contenção de rejeitos e resíduos (54) e de reservatórios de usos múltiplos (8). Se destacam os reservatórios de usos múltiplos do Rio Araguari: UHE Nova Ponte, UHE Miranda e das UHEs Amador Aguiar I e II, com capacidades de 12.792 hm³, 1.120 hm³, 872 hm³ e 241 hm³, respectivamente. Esses, porém, possuem diversos barramentos de

mineração a montante, os quais devem receber atenção quanto a sua segurança, com o objetivo de evitar contaminação da água nos reservatórios mencionados.

Os barramentos de rejeitos mais ao sul da CH, na área de cabeceira do Rio Araguari, são os de maior volume na região. A Barragem BL-1 tem capacidade de 170 hm³ e a Barragem BR de 80 hm³. A CH PN2, portanto, apresenta riscos de danos muito altos no caso de rompimento de uma barragem de rejeitos.

Figura 4.52 - Distribuição das barragens na CH PN2, classificadas em relação à segurança hídrica.

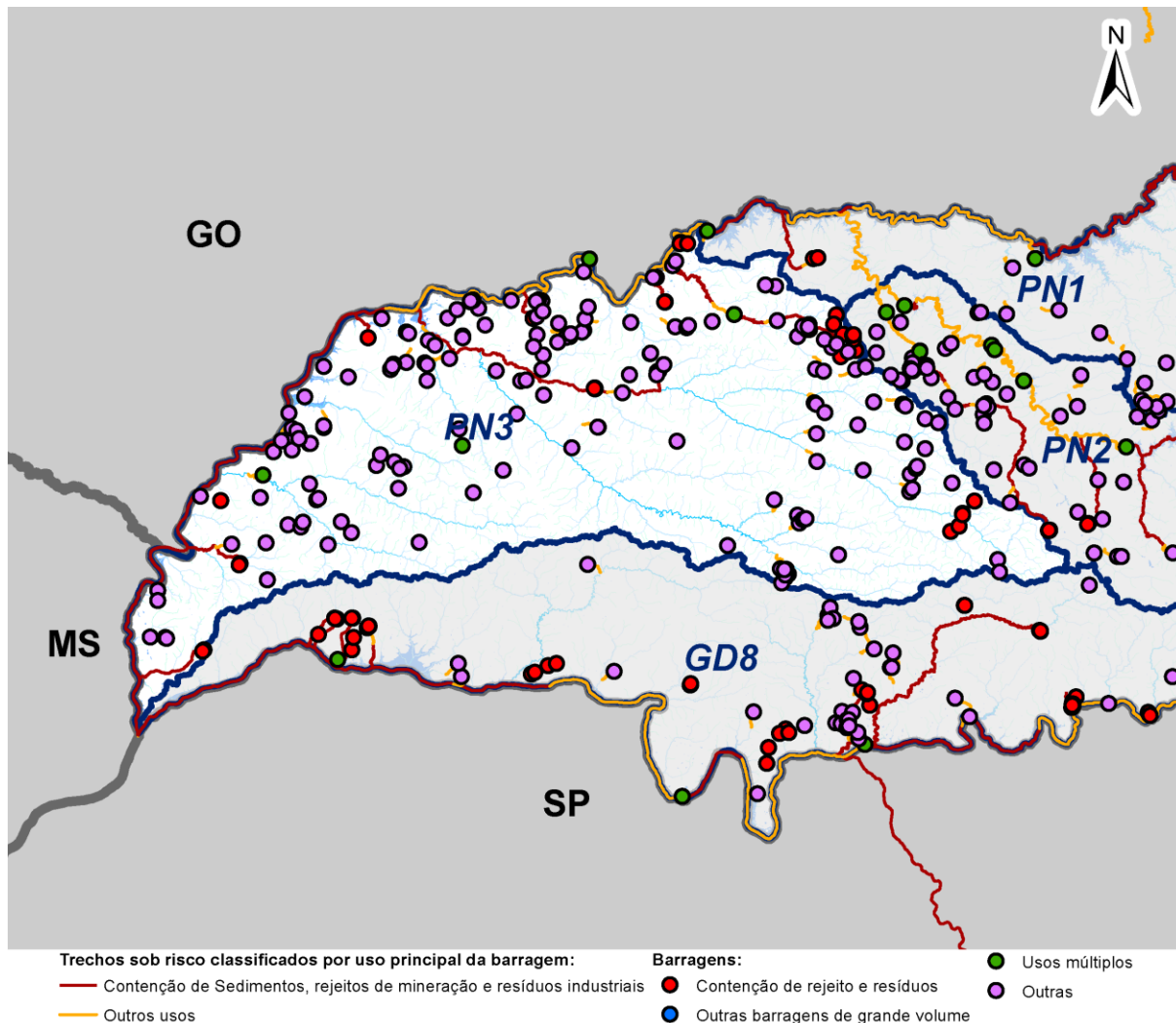


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Na área da PN3 foram levantadas 224 barragens, sendo 41 de contenção de resíduos, porém todas essas com volume abaixo de 0,2 hm³, nessa região há muitos reservatórios de vinhaça de destilarias de álcool. A maior parte das estruturas da CH representa pequenos barramentos de água e há quatro reservatórios que contribuem com a segurança hídrica.

De forma similar ao que ocorre na PN1, os reservatórios do Rio Paranaíba acumulam os riscos de todas as barragens de mineração e resíduos a montante. Nos limites da PN3 a barragem localizada nesse curso hídrico é da UHE Cachoeira Dourada com 519 hm³.

Figura 4.53 - Distribuição das barragens na CH PN3, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

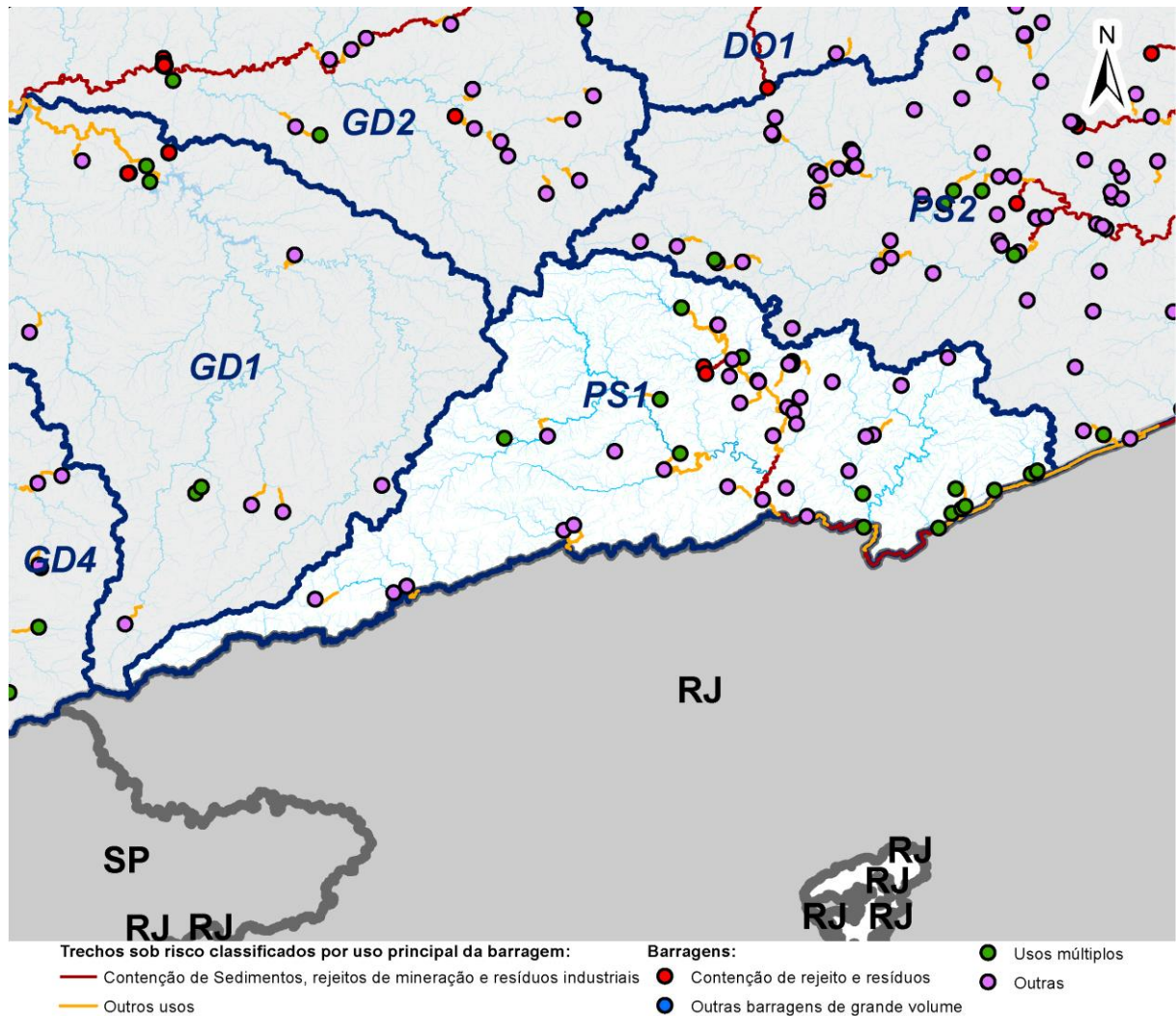
4.4.3.7 UEG7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul

Na UEG7 são observados baixos números de barragens de contenção de rejeitos de mineração e resíduos industriais e diversos reservatórios de usos múltiplos, alguns com volumes significativos de água. Em comparação ao restante do estado, porém, não contempla reservatórios de porte tão grande quanto outras UEGs, que possuem hidrelétricas com capacidades na ordem de 1.000 hm³.

A PS1 é formada pelos afluentes mineiros dos Rios Preto e Paraíbauna, possui um alto número de reservatórios de usos múltiplos (16), algumas barragens de água de pequeno porte e apenas duas de contenção de resíduos industriais. Não são informados no SNISB os tipos de resíduos armazenados, porém ambas possuem capacidades pequenas, a Barragem dos Peixes com 0,87 hm³ e a Barragem da Pedra com 1,6 hm³. Essas barragens estão próximas ao Rio Paraíbauna, sem estruturas que contribuem para a segurança hídrica a jusante delas nesse curso hídrico, porém no limite da CH ele se une ao Rio Paraíba do Sul, que contempla alguns reservatórios importantes como a UHE Simplício (84,16 hm³), também na PS1. A UHE Simplício contempla um conjunto de nove barramentos para formar o seu reservatório.

Além de hidrelétricas, há duas barragens com finalidade principal o abastecimento humano que também são classificadas como de usos múltiplos. A Barragem Doutor João Penido, com 24,15 hm³ e a Barragem de Chapéu D’uvas, com 183 hm³, têm uso complementar de defesa contra inundações. Ambas estão localizadas próximas à divisa entre a PS1 e a PS2.

Figura 4.54 - Distribuição das barragens na CH PS1, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

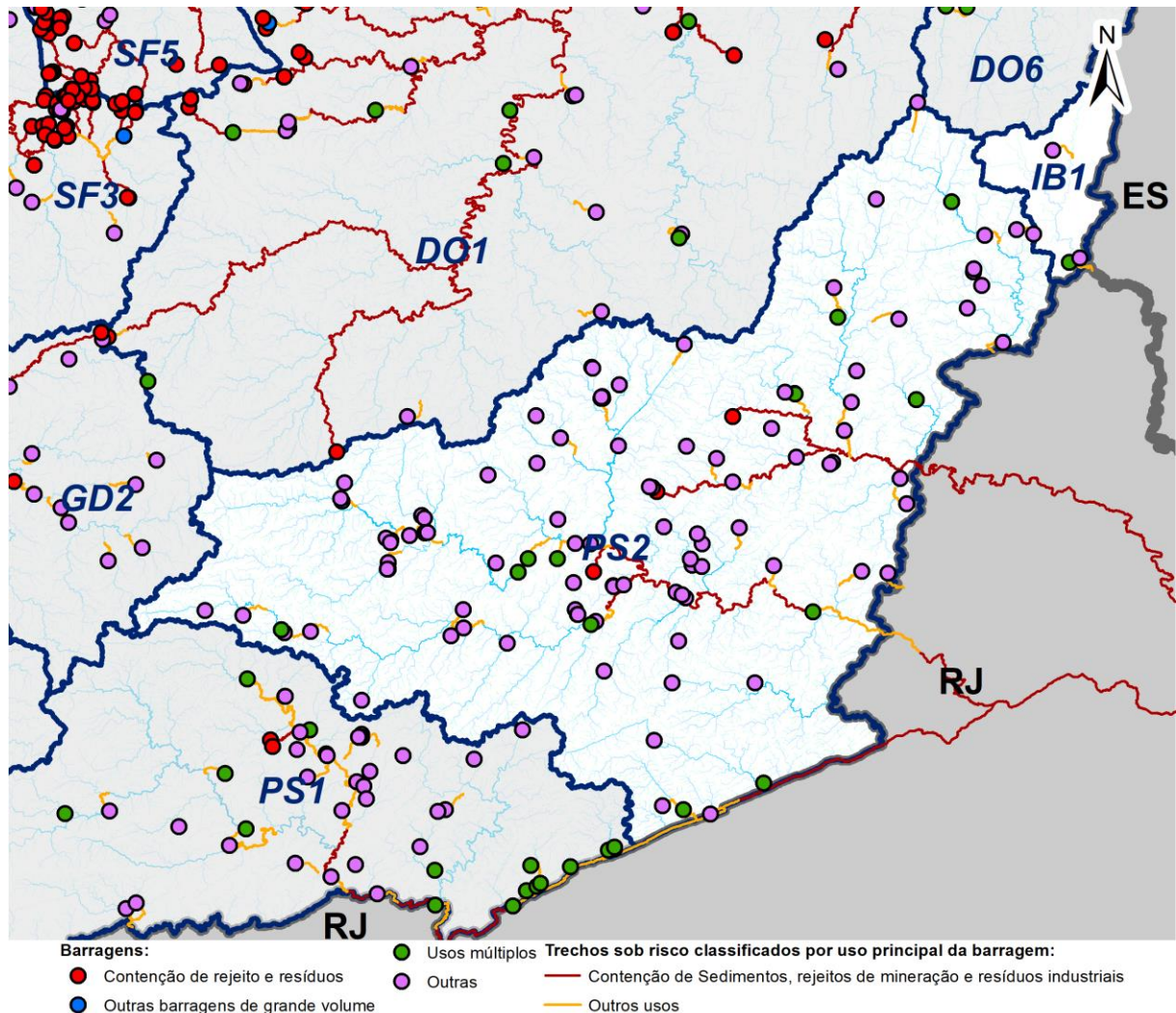
A maioria dos reservatórios da PS2 são de água de pequeno porte e não contribuem para a segurança hídrica com usos múltiplos, porém também não oferecem riscos a ela. Ainda assim, há um número significativo de reservatórios que podem contribuir com a segurança hídrica (13), grande parte delas não possui estruturas que ofereçam risco a montante, por estarem próximas às cabeceiras ou apenas com barragens pequenas de água próximas.

Entre as sete barragens de contenção de rejeitos de mineração na CH, a denominada apenas como “Mirai/MG” é a de maior volume, com 31,6 hm³, ela está na região de cabeceira do Rio Muriaé, porém não atingiria nenhum reservatório de usos múltiplos em Minas Gerais. Outra barragem identificada com o nome do município no SNISB, “Itamarati de Minas”, apesar de seu menor volume (13,8 hm³), oferece maior risco por estar muito próxima a um reservatório

de usos múltiplos, a PCH Nova Maurício com 22,5 hm³, localizada no Rio Novo, mais próxima ao sudoeste da CH.

A IB1 possui apenas três barragens em seu território, por esse motivo é apresentada juntamente com a PS2 na Figura 4.55. Apesar de ser uma CH pequena, a IB1 contempla um reservatório de hidrelétrica com potencial de contribuir para a segurança hídrica e duas barragens de água de menor porte.

Figura 4.55 - Distribuição das barragens nas CHs PS2 e IB1, classificadas em relação à segurança hídrica.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

4.4.4 Pontos de interesse nas áreas potencialmente afetadas por rompimento de barragens

Nos trechos de rio sob risco à jusante das barragens, mapeados no item anterior, existem áreas de interesse tanto para conservação ambiental quanto para a segurança hídrica dos municípios que possuem captações de abastecimento de água nesses trechos. Assim, a segurança das barragens à montante desses locais se torna ainda mais importante para a segurança hídrica.

As Áreas Prioritárias para a Conservação em trechos sob risco por rompimento de barragens, assim como as captações de abastecimento nesses trechos são relacionadas nos apêndices do presente relatório, com a identificação das barragens à montante de cada ponto. No Quadro 4-42 são apresentados os totais por CH das Áreas Prioritárias para a Conservação de do Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais (PSCRMG) (IEF, 2021).

As UEGs que concentram os maiores trechos que interceptam áreas prioritárias para a conservação de ecossistemas aquáticos são as dos Afluentes do Rio São Francisco, com um total de 236.183 km na UEG 2 e 114.932 km na UEG 1, seguidas pela UEG 4 com 78.285 km. A maior parte dos trechos estão na classe extremamente alta para conservação e em segundo lugar na classe muito alta.

As CHs que se destacam com o maior quantitativo de trechos que interceptam áreas prioritárias para conservação foram a SF9, SF6, SF3 e SF5. As duas primeiras são regiões com poucas barragens, portanto essas áreas podem ser afetadas por barragens de CHs à montante das que se encontram. Por outro lado, a SF3 e a SF5 contemplam uma região com grande concentração de barragens de mineração.

Quadro 4-42 – Trechos sob risco de rompimento de barragens que interceptam Áreas Prioritárias para a Conservação por CH.

UEG	CH	Áreas Prioritárias para a Conservação de Ecossistemas Aquáticos do PSCRMG (Classe)				
		Alta (km)	Muito Alta (km)	Extremamente Alta (km)	Especial (km)	Total Geral (km)
UEG 1	SF1	-	-	6,74	1.806,45	1.813,19
	SF2	-	410,43	-	-	410,43
	SF3	-	34.851,42	5,51	24.292,90	59.149,84
	SF4	3.757,15	4.486,02	-	2.494,03	10.737,20
	SF5	-	2,26	30.502,13	12.316,99	42.821,37
UEG 2	SF6	13.205,75	-	51.674,71	18.838,69	83.719,15
	SF7	4.827,97	239,09	72,41	7.237,42	12.376,89
	SF8	9.726,43	-	13.768,58	-	23.495,01
	SF9	10.597,68	43.684,12	62.219,40	-	116.501,20
	SF10	61,15	5,76	24,31	-	91,22
UEG 3	GD1	18,31	-	21,25	-	39,56
	GD2	-	328,86	-	36,98	365,84
	GD3	-	74,83	123,52	6,05	204,40
	GD4	-	-	3,16	-	3,16
	GD5	8,61	18,31	15,55	-	42,47
	GD6	-	-	-	128,38	128,38
	GD7	59,21	46,74	78,54	-	184,49
	GD8	-	74,96	-	-	74,96
	PJ1	-	-	3,13	-	3,13
UEG 4	DO1	2.462,78	3.904,53	289,02	822,82	7.479,14
	DO2	7,62	313,64	414,09	2.159,78	2.895,13
	DO3	4.526,69	4.540,19	333,60	3.886,39	13.286,87
	DO4	1.366,20	21.609,67	38,85	-	23.014,72
	DO5	5.485,82	20.983,38	-	2,45	26.471,65
	DO6	4,19	5.128,20	5,68	-	5.138,07
	JQ1	1,02	-	488,57	21,64	511,22

UEG	CH	Áreas Prioritárias para a Conservação de Ecossistemas Aquáticos do PSCRMG (Classe)				
		Alta (km)	Muito Alta (km)	Extremamente Alta (km)	Especial (km)	Total Geral (km)
UEG 5	JQ2	12,93	-	396,22	-	409,15
	JQ3	275,82	-	73,90	-	349,71
	MU1	46,81	-	123,96	-	170,77
	PA1	56,27	-	0,12	-	56,39
UEG 6	PN1	148,93	1.226,13	6,74	1.612,15	2.993,95
	PN2	1.345,51	3.488,14	18,90	769,90	5.622,45
	PN3	35,98	25,66	315,34	450,49	827,47
UEG 7	IB1	-	-	-	6,04	6,04
	PS1	-	-	103,91	-	103,91
	PS2	-	109,99	96,41	76,58	282,98
Total Geral		58.038,80	145.552,34	161.224,27	76.966,13	441.781,54

Fonte: elaboração própria, com base nas áreas prioritárias apresentadas por IEF (2021).

Com base no levantamento de captações realizado no RP005, que aborda a temática do abastecimento em maior detalhe, foi analisado o número de captações em trechos sob risco por rompimento de barragens por CH, com os resultados resumidamente apresentados no Quadro 4-43. Nessa análise, não foi encontrado valor discrepante em nenhuma das CHs. Na GD7 há 12 captações para abastecimento público nesses trechos de hidrografia, sendo duas de uso emergencial. A grande maioria das captações possivelmente afetadas por rompimento de barragens são de uso permanente. Incluem em seus territórios 11 captações em trecho de hidrografia sob risco as CHs: SF2, DO4, JQ3 e PS2. A maioria das CHs restantes possuem menos de seis captações em trechos de risco, porém considerando-se a gravidade do problema que esse risco representa na segurança hídrica é importante que as barragens à montante de todas essas possuam revisões periódicas e todos os instrumentos de segurança necessários.

Quadro 4-43 – Número de captações de abastecimento público por CH em trechos sob risco de rompimento de barragens.

UEG	CH	Tipo de manancial para captação			Total
		Uso Emergencial	Uso Futuro	Uso Permanente	
UEG1	SF1	-	-	2	2
	SF2	2	1	8	11
	SF3	-	-	9	9
	SF4	-	-	2	2
	SF5	-	-	7	7
UEG2	SF6	1	-	6	7
	SF7	-	-	3	3
	SF8	-	-	1	1
	SF9	-	-	7	7
	SF10	-	-	5	5
UEG3	GD1	-	-	2	2
	GD2	-	-	4	4
	GD3	-	-	8	8
	GD4	-	-	2	2
	GD5	-	-	5	5
	GD6	-	-	8	8
	GD7	2	-	10	12
	GD8	-	-	4	4
UEG4	DO1	1	-	9	10
	DO2	-	-	7	7
	DO3	-	-	2	2
	DO4	-	-	11	11
	DO5	-	-	9	9
	DO6	-	-	1	1
UEG5	JQ2	-	-	8	8
	JQ3	2	-	9	11
	MU1	-	-	5	5
	PA1	-	-	2	2
	SM1	-	-	1	1
UEG6	PN1	-	-	4	4
	PN2	-	-	7	7
	PN3	1	-	4	5
UEG7	IB1	-	-	1	1
	PS1	-	-	5	5
	PS2	-	-	11	11
Total Geral		9	1	189	199

Fonte: elaboração própria.

4.5 Considerações finais

No Relatório Parcial RP003, apresentado até aqui, foi possível diagnosticar a situação do estado de Minas Gerais em relação a eventos extremos e a presença de barragens, assim como a sua relação com a segurança hídrica. As avaliações realizadas evidenciaram alguns pontos importantes para a gestão de recursos hídricos e para os estudos a serem desenvolvidos nas etapas posteriores do PMSH, esses são discutidos a seguir.

Em relação aos eventos extremos de causas naturais, principalmente os que impactam na segurança hídrica do estado, como os ocorridos por altas ou baixas pluviosidades, nos últimos anos ocorreram mais desastres do que era observado na década de 2010. Alguns desses desastres naturais, como as chuvas intensas no nordeste do estado nos anos de 2021 e 2022, são incomuns na região em que foram observados, sendo a UEG5 usualmente afetada por mais eventos de seca e estiagem do que por altas precipitações. Essas alterações vão de encontro ao último relatório do IPCC (6º) publicado em 2022 que, além de indicar uma tendência de maiores chuvas no nordeste de Minas Gerais, também demonstra que toda a área do estado pode sofrer com mais eventos extremos nos próximos anos.

A partir da avaliação de probabilidade de ocorrência de eventos extremos em cada CH baseada na situação atual, observa-se as regiões norte e nordeste do estado como as mais afetadas, mas também a parte central apresenta altas probabilidades, assim como algumas CHs da região leste e sudeste de Minas Gerais. Foram consideradas então algumas alterações recentes nos padrões climáticos, com a análise de tendências na precipitação e vazão que indica principalmente a redução de chuvas e reduções ainda maiores nas vazões, gerando o agravamento de eventos de seca e estiagem.

As consequências dos desastres naturais são maiores no centro do estado, que engloba a RMBH, algumas CHs ao norte e outras na porção oeste. Apesar do oeste do estado não concentrar grandes ocorrências de eventos extremos, pode apresentar prejuízos altos devido a sua característica agroindustrial, visto que muitas vezes as perdas do setor agrícola são as mais significativas após um desastre natural.

Ao relacionar os resultados de probabilidade e consequências dos eventos extremos por meio da matriz de riscos, obteve-se no cenário atual riscos muito altos principalmente nas CHs dos afluentes do Rio São Francisco, em toda a porção central e a porção leste dessa bacia no estado. Em geral, o oeste e sudoeste de Minas Gerais foram as regiões que concentraram mais CHs com riscos baixo e moderado. Por outro lado, a matriz de risco realizada considerando projeções populacionais e as tendências de chuvas e vazões identificadas, mantém os riscos muito altos no centro do estado, nas primeiras CHs da bacia do Rio São Francisco, mas indica que o sul do estado terá riscos altos em relação à eventos extremos, enquanto o norte concentra mais CHs com risco moderado.

Os prejuízos causados por eventos extremos são diversos, porém não foi possível estimar os custos indiretos relacionados a eles. Medindo-se os custos diretos informados pelos municípios e reconhecidos pela defesa civil na ocorrência de desastres naturais, pode-se afirmar que nos últimos dez anos (2013 a 2022) foi de quase R\$ 44 bilhões. A média de custos relacionados a cada evento causado por altas precipitações (chuvas intensas, enxurradas, alagamentos, inundações e deslizamentos) é de R\$ 16,27 milhões e nos casos de secas e estiagens de R\$ 12,8 milhões. Dessa forma, após o Produto 4 - Banco de Projetos, com o

conhecimento das medidas propostas para mitigação desses impactos e seus custos associados, será possível estimar o custo-benefício da implantação do PMSH.

A partir dos resultados obtidos após as análises relacionadas a eventos extremos no estado pode-se elencar alguns critérios para a priorização de regiões, no contexto de ações a serem indicadas para prevenção e mitigação de desastres naturais. Primeiramente tem-se a probabilidade de ocorrência, que considera tanto os desastres registrados nos últimos anos quanto alguns indicativos recentes de tendência de precipitação e secas. O cruzamento dessa informação com os danos observados em cada CH está representado no mapa de risco/vulnerabilidade a eventos extremos. Tratando-se de ações com focos específicos, porém, que busquem reduzir os danos humanos de desastres naturais, por exemplo, pode-se considerar prioritárias regiões diferentes do que ações que tenham como objetivo reduzir os prejuízos causados por eventos extremos. Dessa forma, os levantamentos trazidos no presente relatório podem ser utilizados conforme a necessidade das etapas de planejamento do PMSH.

Por fim, houve o levantamento realizado das barragens cadastradas no estado, ressalta-se que esse foi direcionado às barragens que podem contribuir ou oferecer risco para a segurança hídrica no estado. Assim, utilizou-se os cadastros de barragens das agências nacionais e órgão estaduais que incluem estruturas de porte significativo ou ainda de resíduos e rejeitos e não foi incluso o cadastro de barramentos para usos insignificantes de água. Foram identificadas ao total 2.384 barragens no estado.

Um dos principais problemas identificados nessa etapa foi a falta de conexão entre os cadastros e a diferença no tipo de informações que cada um apresenta. Visando evitar sobreposição de dados e possibilitar melhores avaliações das características das barragens, recomenda-se que sejam mantidos, nos cadastros estaduais, o código SNISB de cada estrutura e o, no mínimo, o mesmo nível de informação contido nesse sistema da ANA, que atualmente é a principal referência para cadastro de barragens. Os empreendedores conhecidos pelo estado e sem cadastro no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens podem ser alvo de ações para incentivo a realização desse cadastramento.

Em relação a segurança de barragens, aproximadamente metade das estruturas do inventário não possuem informação suficiente para serem classificadas quanto ao risco e dano potencial que representam, devido às limitações dos cadastros utilizados, já discutidas acima. Entre as estruturas classificadas há números significativos de barragens com risco ou dano potencial alto, porém chama atenção o número de barragens consideradas críticas pelos seus respectivos órgãos fiscalizadores. Conforme o Relatório de Segurança de Barragens 2021 (BRASIL, 2022b), há 187 barragens consideradas críticas no país e 66 delas estão em Minas Gerais, essas estruturas devem receber atenção no âmbito do PMSH.

Considerando os principais reservatórios do estado, aqueles de usos múltiplos ou hidrelétricas, como os de maior contribuição para a segurança hídrica, foi realizada avaliação do potencial impacto que estas estruturas poderiam receber de rompimentos de barragem a montante. Com a identificação desses reservatórios, caminha-se para a definição das áreas e barragens de acumulação de água prioritárias no estado. Assim, com os resultados dos demais produtos do PMSH que apontarão os locais onde o uso de água é fator prioritário e as

implicações econômicas, sociais e ambientais da perda do uso dessas barragens de acumulação de água, na etapa dos Produtos 3 e 4 poderão ser apontadas quais as estruturas prioritárias para conservação devido ao potencial atingimento dos seus usos.

4.6 Referências bibliográficas

ALPINO, T. A.; SENA, A. R. M.; FREITAS, C. M. Desastres relacionados à seca e saúde coletiva – uma revisão da literatura científica. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/v4dHnVQMqG8V4nMwcBxD3JD/?lang=pt#>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas de Vulnerabilidade a Inundações. Brasília: ANA, 2014. 15p.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Índices e Estatísticas Hidrometeorológicas. Base compilada desde 01/01/1911 até 31/12/2019. 2020. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/6749d278-ca5e-40e9-b648-20d6382f57df>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Monitor de Secas. 2019b. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=1&ano=2023>. Acesso em: 14 mar. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano Nacional de Segurança Hídrica. 2019a. Brasília, DF: ANA, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portal HidroWeb. Séries históricas. 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Vulnerabilidade a Inundações do Brasil. 2017. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/maps/4b7b20091fb940d492a1ebc85dfa88bb_0/about. Acesso em: 14 mar. 2023.

BERIGO, J. S.; THEBALDI, M. S. Análise da tendência temporal da precipitação do município de Formiga – MG. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Águas - Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2022c.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Meio Ambiente e Mudança no Clima. Cadastro de Barragens. 2022a. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/graficos>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório de segurança de barragens 2021. 2022b. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2021/rsb-2021.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Serviços Analíticos e Consultivos em Segurança de Barragens. Produto 4 - Classificação de Barragens: Avaliação dos Critérios

Gerais Atuais, Metodologia Simplificada para Áreas Inundadas a Jusante e Diretrizes para a Classificação. CONTRATO Nº 051/ANA/2012. 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Ministério de Minas e Energia. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico: download de dados. Download de dados. 2023e. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/Down/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Ministério de Minas e Energia. ANM Report Trimestral Descaracterização de Barragens a Montante - Fevereiro 2022. 2022c. Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/nota_tecnica_2022_descaracterizacao_publicacao_3.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Ministério de Minas e Energia. Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração: classificação nacional de barragens de mineração. Classificação Nacional de Barragens de Mineração. 2023d. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/ClassificacaoNacionalDaBarragem>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Ministério de Minas e Energia. ANM Report Trimestral Descaracterização de Barragens a Montante - Fevereiro 2023. 2023f. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/report-trimestral-fevereiro-2023.pdf/view>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BRASIL. Defesa Civil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sobre: sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID. 2023a. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/sobre.xhtml>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Defesa Civil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). 2023b. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobrade2.pdf. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Defesa Civil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID. 2023c. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/index.xhtml>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14066.htm. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima. 2017. Disponível em: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/sumaario_revisto_final.pdf. Acesso em: 08 fev. 2023

CHIBANA, E.Y.; FLUMIGNAN, D.; MOTA, R.G.; VIEIRA, A.S.; FARIA, R.T. Estimativa de falhas em dados meteorológicos. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática, v. 9, 2005, Londrina. Anais...Londrina: SBI-AGRO.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológico do Brasil. CDROM. 2007.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estudo analisa vulnerabilidade de solos e aquíferos de Minas Gerais. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/10847449/estudo-analisa-vulnerabilidade-de-solos-e-aquiferos-de-minas-gerais>>. Acesso em: 16 de março de 2023.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Governo de Estado de Minas Gerais. Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais: Resumo Executivo. Belo Horizonte: Feam, 2015. 49 p. Disponível em: <http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/T8a10n47WuWW9IIFuxojZRFpfjjarTQ4.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.

FERNANDES, A. C. G. et al. The use of the mann-kendall test for detection of precipitation trends in a semi-arid region of Pernambuco. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 11, p. e546111133925, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.33925.

Fundação João Pinheiro. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais. Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais. 2022. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/produto-interno-bruto-pib-de-minas-gerais/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

GOOSSENS, C. and BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*, Berlin, v.4, n.B4, p.385-400, 1986

GUIGUER, N.; KOHNKE, M. W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. *Águas Subterrâneas*, 2002.

GUIMARÃES, V. L.; ALVES, R. C. Comparação de modelos geoestatísticos para estimativa de precipitação em Minas Gerais, Brasil, entre os anos hidrológicos de 2000 e 2021. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.16, n.01 (2023) 528-541. 2023.

HAMED, K. Trend Detection in Hydrologic Data: the Mann-Kendall Trend Test Under the Scaling Hypothesis. *Journal of Hydrology*, v. 349, p. 350 – 363. 2008. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.11.009.

HIRSCH, R. M.; ALEXANDER, R. B.; SMITH, R. A. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research*, v. 27, p. 803–813, 1991.

HUSSAIN, M. e MAHMUD, I. pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests.. Journal of Open Source Software, 4(39), 1556, 2019. <https://doi.org/10.21105/joss.01556>

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Infraestrutura de Dados Espaciais. 2023. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 12 fev. 2023.

IEF, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS, 2021a. Áreas prioritárias: estratégias para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de Minas Gerais / Realização, Instituto Estadual de Florestas; Execução, Universidade Federal de Minas Gerais, WWF Brasil, Fundação Biodiversitas; Colaboração, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Fundação Estadual do Meio Ambiente, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. – Belo Horizonte: IEF, 2021. 162 p.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão de Águas. Cadastro Piscinão (respostas). Recebida por correio eletrônico em: 09 mar. 2023.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão de Águas. Planilha 1 - CADASTRO DE BARRAGENS - BASE DE DADOS (1). Recebida por correio eletrônico em: 11 jan. 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 08 fev. 2023

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 08 fev. 2023

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. London: CharlesGriffin, 120p. 1975.

LIMA, C. E. P. Produção de mapas de vulnerabilidade de solos e aquíferos à contaminação por metais pesados para o estado de Minas Gerais. 2007.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, v.13, p.245-259, 1945.

MASON, N.; CALOW, R. Water security: from abstract concept to meaningful metrics. ODI Working Paper 357. 2012. Disponível em: <http://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/7865.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Governo do Estado de Minas Gerais. Legislação Ambiental. 2023. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do>. Acesso em: 12 fev. 2023.

MOREIRA, H. S.; MOREIRA, K. S.; SOUSA, P. E. O. Classificação das barragens fora do leito (barragens “off-stream”) no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco e

potencial de dano ambiental. 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35795>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

NATIVIDADE, Ulisses Antônio. Observação e Projeção de Eventos Climáticos Extremos Sobre o Brasil e Identificação de Possíveis Vulnerabilidades Sobre Minas Gerais. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá. 2015. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/255/dissertacao_natividade_e_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 fev. 2023.

NETO A. K.; PAIVA R. C. D.; COLLISCHONN W; RIBEIRO L. C.; MIRANDA P. T.; FAGUNDES H.; ROSSI J.; MATTE G.; ARAUJO A. A.; SOUZA S. A. Sensibilidade de vazões às mudanças climáticas do regime de precipitação na América do Sul. 2022.

NUNES, Aline de Araújo. Tendências em Eventos Extremos de Precipitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Detecção, Impactos e Adaptabilidade. 2018. 191 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídrico, Escola de Engenharia., Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-B3VGXU/1/tese_alinenunes.pdf. Acesso em: 12 fev. 2023.

OMM. Organização Meteorológica Mundial. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. Geneva, 2017. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166

PISCOPO, G. Groundwater vulnerability maps – Macquarie Catchment: Parramatta NSW – Department of Land and Water Conservation. 2001. 14 p.

QUEIROZ, M. A., 2013. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais (Dissertação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

REBOITA, Michelle Simões et al. Cenários de Mudanças Climáticas Projetados para o Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, p. 110-128, nov. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60524>. Acesso em: 12 fev. 2023.

RODRIGUES, S. C. V. A.; LIMA, C. E. P.; FONTES, M. P. F. Atualização do mapeamento de vulnerabilidade de solos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados. 2016.

SABADINI, S. C.; RUCHKYS, U. A; VELÁSQUEZ, L. N. M.; TAYER, T. C. Potencial de vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais e sua relação com a atividade minerária de ouro. 2017. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27n49p340/11323>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SANTOS C. A.; LIMA A. M. M.; FARIAS M. H. C. S.; AIRES U. R. V.; SERRÃO E. A. O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na bacia hidrográfica do rio Pardo. 2016.

SANTOS, D. dos S.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A.S. and SILVA, R. A. Estudos de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.5, p.492–500, 2010.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. 2016. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u070-bh-santa-maria>. Acesso em: 17 mai. 2023.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. v. 63, p. 1379-1389, 1968.

SILVA M. M.; FERREIRA V. O.; ÁVILA D. M. Análise de tendências e extremos pluviométricos na Região Hidrográfica do Rio São Francisco. 2020.

TAVARES, V. E.; RIBEIRO, M..M. R.; LANNA, A. E. L. Valoração ambiental de bens e serviços ambientais: revisão do estado-da-arte sob a ótica da Gestão das Águas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 1999.

UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Contaminação por metais pesados na água utilizada por agricultores familiares na Região do Rio Doce. 2017. Disponível em: https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/2018/07/greenpeace_estudo_agua_riodoce-.pdf Acesso em: 15 mar. 2023.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. 2002. *Journal of Hydrology, Amsterdam*, v. 259, n. 1-4, p. 254-271.

APÊNDICES



APÊNDICE IX – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



APÊNDICE X – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DO NÚMERO DE DIAS COM CHUVA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



APÊNDICE XI – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



APÊNDICE XII – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA VAZÃO MÉDIA MENSAL POR ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA



APÊNDICE XIII – RELAÇÃO DAS CAPTAÇÕES EM TRECHOS EM RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS À MONTANTE

APÊNDICE XIV – TRECHOS SOB RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS QUE INTERCEPTAM ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO

5 SUBPRODUTO 2H

5.1 Objetivos e contextualização da abordagem metodológica

Pelo apresentado no Termos de Referência (TR) a elaboração do Subproduto 2H objetiva a realização do “diagnóstico da situação da conservação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, especialmente, daqueles relacionados aos recursos hídricos, voltadas para a revitalização das áreas prioritárias e garantia da segurança hídrica”. Ainda segundo TR, essa atividade deve ser realizada considerando as informações e bases cartográficas disponíveis.

A partir desse objetivo geral e das informações elencadas no Produto 1 – Plano de Trabalho, podem ser elencados objetivos específicos de estruturam as análises que são realizadas neste relatório, a saber:

- Avaliar o grau de conservação da vegetação natural e antropização nas CHs;
- Identificar e avaliar o grau de conservação da vegetação natural e antropização nas Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais;
- Identificar e avaliar o grau de conservação da vegetação natural e antropização das áreas protegidas por unidades de conservação;
- Identificar e avaliar o grau de conservação da vegetação natural e antropização das áreas indicadas para a conservação da biodiversidade;
- Dar destaque a áreas mapeadas de importância para a conservação e restauração dos recursos hídricos;
- Comparar as porções do território mineiro com indicação para conservação da biodiversidade com as áreas legalmente definidas como protegidas;
- Compilar iniciativas de restauração ambiental relacionadas à segurança hídrica em andamento no Estado de Minas Gerais.

Aspectos relacionados aos serviços ecossistêmicos que propiciaram o encaminhamento metodológico para a elaboração deste produto em consonância com o objetivo supracitado foram compilados e apresentados a seguir.

Na gama de serviços fornecidos pelos ecossistemas, alguns são essenciais para a sobrevivência humana, como o fornecimento de água e alimentação, enquanto outros contemplam outras necessidades, como a recreação e a qualidade de vida. O conceito mais difundido de serviços ecossistêmicos se refere a funções ou processos que, direta ou indiretamente, contribuem para o bem-estar humano.

Em sua análise, Adas (2018) destaca o consenso entre vários autores de que há uma relação inversamente proporcional entre a presença de vegetação em bacias hidrográficas e a quantidade de substâncias e os respectivos custos financeiros utilizados para o tratamento de água, ou seja, bacias hidrográficas que apresentam maior cobertura florestal, apresentam melhor qualidade da água.

Vários são os exemplos dos serviços prestados pelos ecossistemas, tais como, a provisão e regulação de água, provisão de alimentos, controle do clima e erosão, prazeres estéticos,

culturais e espirituais, regulação de perturbações (DE GROOT et al., 2012; COSTANZA et al., 2017).

Castro (2020) apresenta o agrupamento dos serviços ecossistêmicos em quatro categorias: serviços de suporte, serviços reguladores, serviços de provisão e serviços culturais.

Os serviços de suporte compreendem os processos básicos do solo. Sem eles, o ecossistema não poderia exercer nenhuma de suas outras funções, pois compreendem os processos de ciclagem de nutrientes, produção vegetal, fornecimento de nutrientes, bem como a função de servir de habitat para a maior biodiversidade do mundo. Os serviços de regulação controlam a qualidade do ar, água e outros recursos, influenciando no controle do clima, inundações e até mesmo doenças. Os serviços de provisão são aqueles que fornecem matéria-prima para atividades humanas, como alimento, madeira, fibra, água doce e combustível. Por fim, os serviços culturais são aqueles que estão ligados ao bem-estar social e cultural do homem, fornecendo ambientes estéticos, espirituais, educacionais e recreativos. (CASTRO, 2020, p. 16)

Reconhecer o valor dos ecossistemas, bens e serviços ecossistêmicos e outros aspectos da biodiversidade é comum a todas as sociedades e, algumas vezes, estes valores culturais são suficientes para assegurar sua conservação e uso sustentável. Entretanto, o desenvolvimento econômico tem gerado distorções quanto ao uso dos recursos naturais dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas, resultando, muitas vezes, em degradação da biodiversidade.

Especificamente quando tratamos de segurança hídrica, faz-se necessário focar em um conjunto de serviços ecossistêmicos que aumentem a provisão de água - ampliando ou mantendo a quantidade água disponível – e a filtração – aqui entendida como processos que regulem a quantidade de nutrientes e poluentes na água e processos de impeçam o aporte de nutrientes e poluentes nas águas. Assim, parte-se do pressuposto amplamente conhecido de que há uma relação direta a qualidade e quantidade da água e a cobertura vegetal, o que, por conseguinte, relaciona diretamente a cobertura vegetal com a integridade dos ecossistemas aquáticos (IGAM, 2021).

De forma mais estrita, estaríamos tratando de um serviço de provisão: a provisão de água, e um serviços de regulação: a filtragem de nutrientes e poluentes. Contudo, essa seria uma abordagem demasiadamente sintética frente a complexidade das relações estabelecidas entre a utilização do território e da água para as atividades produtivas e a conservação dos recursos hídricos em níveis que permitam a manutenção dessas mesmas atividades produtivas e a conservação da biodiversidade (Dominati, Patterson, Mackay, 2010; SILVEIRA, 2019).

Então, a abordagem a ser utilizada neste relatório busca analisar através de um conjunto de mapeamentos preexistentes a capacidade dos ambientes de fornecer um conjunto de serviços ecossistêmicos voltado à segurança hídrica, a saber: de suporte, habitat de espécies; de provisão: matéria orgânica, estoque pesqueiro, estoque de sedimentos; de regulação, balanço hidrológico, balanço sedimentar, regulação climática, absorção e diluições de nutrientes e poluentes, regulação socioeconômica; culturais, lazer, valor cênico e reprodução cultural. Para isso é avaliada a distribuição desses mapeamentos no território mineiro e para os mapeamentos identificados como mais relevantes ao provimento dos serviços ecossistêmicos relacionados à segurança é hídrica é realizada uma análise mais aprofundada do estado de conservação desses ambientes.

É com base no confronto “serviços ecossistêmicos versus degradação ambiental” que se definiu a abordagem metodológica para a **avaliação da conservação e restauração da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos** deste PMSH. Ao longo deste documento serão abordados aspectos que têm relação direta com os serviços ecossistêmicos, através das seguintes avaliações:

- **Grau de conservação/degradação das áreas de preservação permanente nas circunscrições hidrográficas:** será utilizado o mapeamento do uso e cobertura do solo apresentado no RP002 (Subproduto 2D). A partir dessa base cartográfica serão avaliados os quantitativos de cobertura de vegetação natural remanescente nas APPs da área de abrangência do PMSH.
- **Estratégias de conservação da biodiversidade criadas:** foi utilizado o mapeamento das unidades de conservação nas esferas federal, estadual e municipais; Áreas de Proteção Especial do Estado;
- **Estratégias de conservação da biodiversidade indicadas:** foram analisadas bases cartográficas que definem áreas importantes para determinados grupos bióticos ou com prioridade para conservação da biodiversidade. As bases utilizadas consultadas foram: Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Instituto Estadual de Florestas; áreas importantes para a conservação da avifauna (IBA).
- **Revitalização e conservação como estratégia para a segurança hídrica:** foram analisados mapeamentos chave para a segurança hídrica como áreas prioritárias para a Conservação e Revitalização de Mananciais, da Oferta Hídrica, Usos Sustentável da Biodiversidade Aquática e de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática, Áreas de Proteção Especial e conservação de áreas a montante de trechos enquadrado como classe especial.
- **Iniciativas de restauração ambiental:** foram identificadas as porções do território que vêm sendo objeto de projetos de revitalização. É importante destacar que essa última categoria engloba principalmente iniciativas de escala local, nem sempre georreferenciadas. A busca por tais iniciativas foi realizada em nível estadual e por bacia hidrográfica, incluindo tanto ações governamentais quanto iniciativas voluntárias.

As avaliações foram baseadas em uma série de documentos, bases cartográficas e estudos levados a termo por órgãos oficiais federais, de Minas Gerais, municipais e por entidades de pesquisa, incluídas organizações não governamentais. A relação a seguir indica as fontes de informações acessadas e consultadas para a elaboração desse relatório RF004 (Subproduto 2H):

- Unidades de Conservação disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE-SISEMA;
- Unidades de Conservação disponíveis no Sistema Nacional de Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018c);
- Reservas Particulares do Patrimônio Natural do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio);
- Áreas de Proteção Especial (APE);

- Programa Áreas Importantes para a Conservação das Aves (Important Bird Area – IBA), SAVE Brasil (2006);
- Mapa de Sítios da Aliança Brasileira para Extinção Zero, Sítios-BAZE (MMA, 2018b);
- Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade (MMA, 2018a);
- Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais” (IEF, 2021a);
- Plano Estadual de Conservação e Restauração da Mata Atlântica (IEF, 2021b).

5.2 Grau de conservação das áreas de preservação permanente e reservas legais

Neste capítulo é feita uma avaliação do grau de conservação e alteração das Áreas de Preservação Permanente (APP) e das Reservas Legais (RL) nas circunscrições hidrográficas (CH) definidas neste PMSH. As APPs foram o foco da análise do grau de conservação versus degradação por sua estreita relação com os recursos hídricos. Já as RLs compõem um conjunto de áreas importantes para a ampliação das áreas com maior grau de conservação da vegetação natural. Para a avaliação do grau de conservação, foi analisado quanto da área das APPs e RLs de cada circunscrição hidrográfica mantém em seu território porções de vegetação natural e, por consequência, quando encontra-se alterado por usos antrópicos.

Para tanto, a base cartográfica utilizada foi o mapa de uso e cobertura do solo, apresentado na íntegra no relatório RP002 (Subproduto 2D), reclassificado em dois grupos: áreas antrópicas e formações naturais, conforme Quadro 5.1 e Quadro 5.2. Assim foi possível estimar as áreas remanescentes de vegetação natural nas áreas de preservação permanente, bem como as áreas ocupadas por atividades antrópicas.

Quadro 5.1 – Reclassificação das classes de uso e cobertura do solo para análise do grau de conservação x degradação.

Reclassificação	Classes originais
Áreas Antrópicas	Pastagem
	Agricultura
	Lavoura Temporária
	Soja
	Cana
	Arroz
	Algodão
	Outras Lavouras Temporárias
	Lavoura Perene
	Café
	Citrus
	Outras Lavouras Perenes
	Silvicultura
	Mosaico de Usos
	Área Urbanizada
Mineração	
Formações Naturais	Outras Áreas não Vegetadas
	Formação Florestal
	Formação Savânica

	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Formação Campestre
	Afloramento Rochoso
	Restinga Herbácea
	Outras Formações não Florestais
	Rios e Lagos

Fonte: elaboração própria.

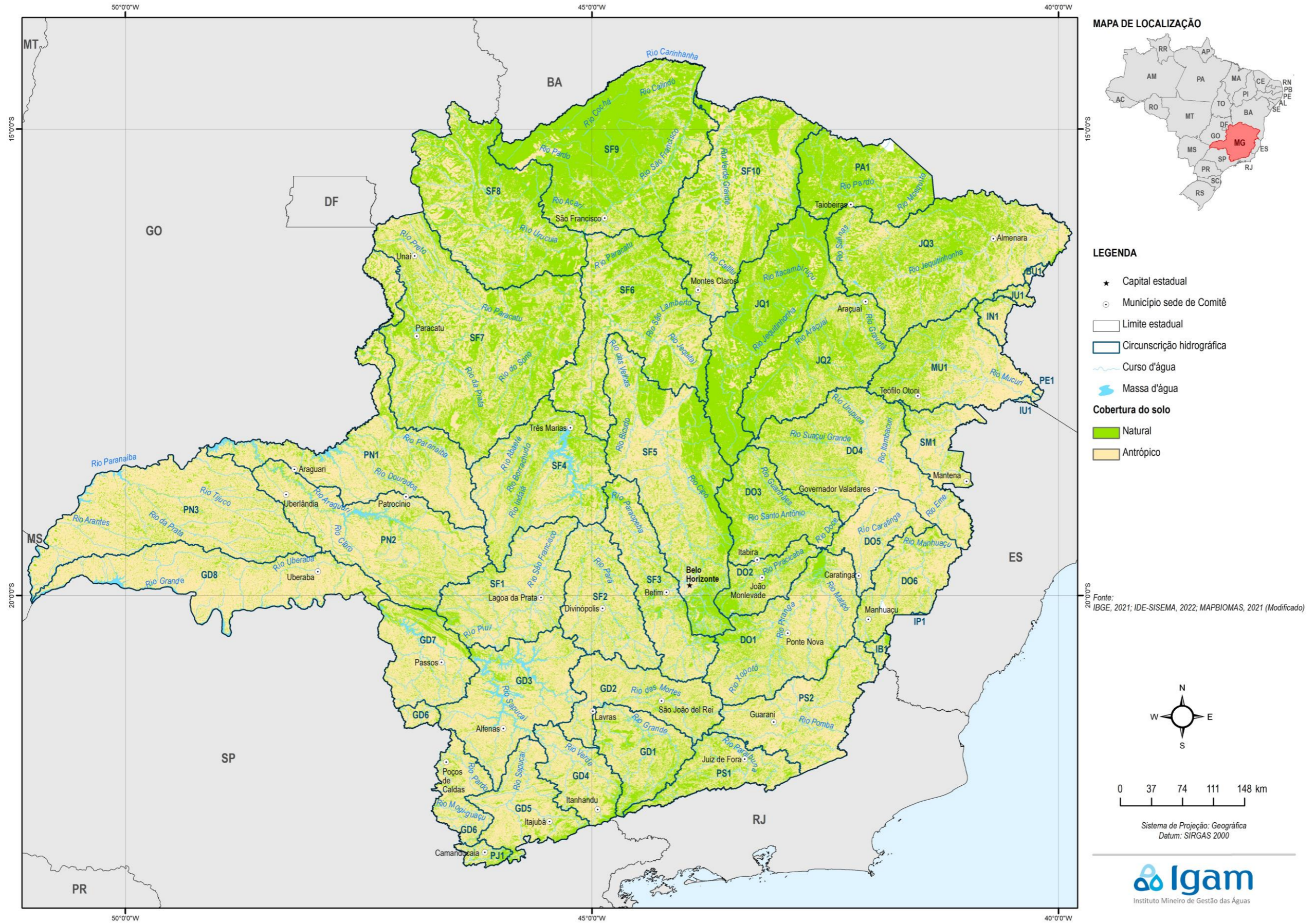
Quadro 5.2 – Áreas Antrópicas e Áreas de Formações Naturais por CH.

UEG	Código da CH	Circunscrição Hidrográfica	Area CH (km ²)	Uso Antrópico (km ²)	Uso Natural (km ²)	% Antrópico	% Natural
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	14156,18	10879,09	3277,08	76,85	23,15
	SF2	Rio Pará	12223,94	9468,64	2755,30	77,46	22,54
	SF3	Rio Paraopeba	12054,70	8406,15	3648,55	69,73	30,27
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18600,89	11476,60	7124,29	61,70	38,30
	SF5	Rio das Velhas	27871,35	15478,66	12392,69	55,54	44,46
UEG2	SF10	Rio Verde Grande	26407,70	13683,28	12724,42	51,82	48,18
	SF6	Rios Jequitaí e Pacuí	24820,23	12449,70	12370,53	50,16	49,84
	SF7	Rio Paracatu	41475,22	22032,43	19442,79	53,12	46,88
	SF8	Rio Urucuia	25039,57	10115,18	14924,39	40,40	59,60
	SF9	Rio Pandeiros	32094,91	7315,85	24779,06	22,79	77,21
UEG3	GD1	Alto rio Grande	8757,99	5553,19	3204,80	63,41	36,59
	GD2	Rio das Mortes	10557,04	7962,46	2594,58	75,42	24,58
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16246,10	12319,83	3926,27	75,83	24,17
	GD4	Rio Verde	6881,58	5253,03	1628,55	76,33	23,67
	GD5	Rio Sapucaí	8823,00	6855,57	1967,44	77,70	22,30
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6360,17	5213,87	1146,30	81,98	18,02
	GD7	Médio rio Grande	9757,32	7150,68	2606,64	73,29	26,71
	GD8	Baixo rio Grande	18673,90	15622,55	3051,35	83,66	16,34
	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1153,71	716,26	437,45	62,08	37,92
UEG4	DO1	Rio Piranga	17926,60	12339,01	5587,59	68,83	31,17
	DO2	Rio Piracicaba	5462,49	2687,28	2775,21	49,20	50,80
	DO3	Rio Santo Antônio	10980,54	5074,25	5906,29	46,21	53,79
	DO4	Rio Suaçuí Grande	21560,56	14367,06	7193,50	66,64	33,36
	DO5	Rio Caratinga	6333,84	5313,29	1020,55	83,89	16,11
	DO6	Rio Manhuaçu	8987,70	6775,46	2212,24	75,39	24,61
	IP1	Rio Itapemirim	32,63	22,60	10,02	69,27	30,73
UEG5	BU1	Rio Buranhém	329,26	284,77	44,49	86,49	13,51
	IN1	Rio Itanhém	1517,69	1165,30	352,39	76,78	23,22
	IU1	Rio Itaúnas	128,41	121,17	7,24	94,36	5,64
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19967,93	3960,42	16007,51	19,83	80,17
	JQ2	Rio Araçuaí	16289,09	6574,97	9714,11	40,36	59,64
	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29470,75	15032,36	14438,39	51,01	48,99
	JU1	Rio Jucuruçu	710,39	508,12	202,27	71,53	28,47
	MU1	Rio Mucuri	14582,55	9458,21	5124,34	64,86	35,14
	PA1	Rio Pardo	12746,87	3382,53	9364,34	26,54	73,46
	PE1	Rio Peruípe	83,31	81,17	2,14	97,44	2,56
SM1	Rio São Mateus	5612,31	4479,80	1132,51	79,82	20,18	
UEG6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22252,54	16522,20	5730,33	74,25	25,75
	PN2	Rio Araguari	21491,44	16161,46	5329,98	75,20	24,80
	PN3	Baixo rio Paranaíba	26907,79	22047,16	4860,63	81,94	18,06
UEG7	IB1	Rio Itabapoana	661,78	466,93	194,86	70,56	29,44
	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7192,57	4477,93	2714,64	62,26	37,74
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13524,51	10794,03	2730,48	79,81	20,19

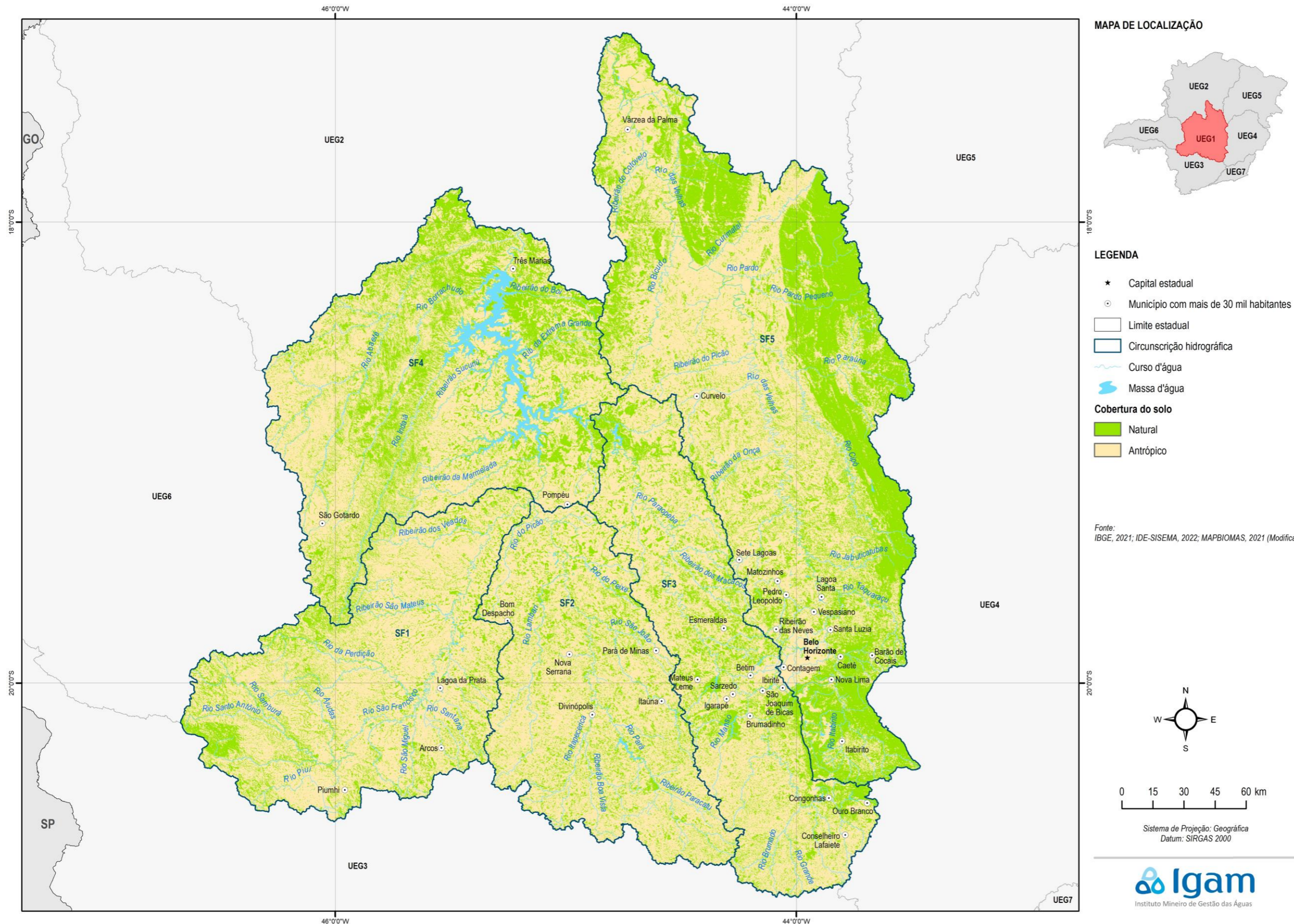
Fonte: elaboração própria.

O Mapa 5.1 apresenta a classificação de uso e cobertura do solo em usos antrópicos e áreas de cobertura natural para todo o território mineiro e do Mapa 5.2 ao Mapa 5.8 são apresentadas as áreas de uso antrópico e cobertura natural por UEG.

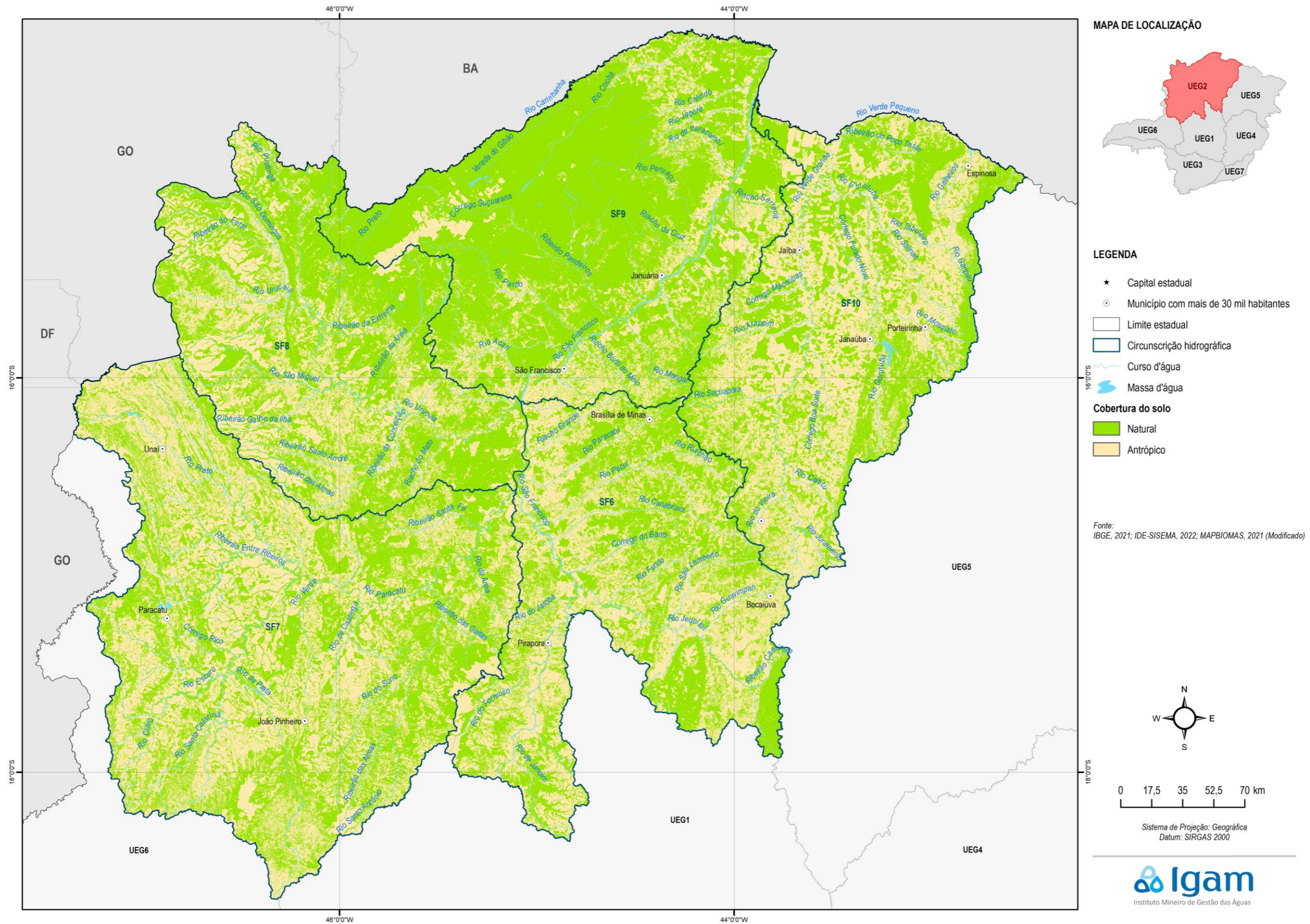
Mapa 5.1 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área do PMSH.



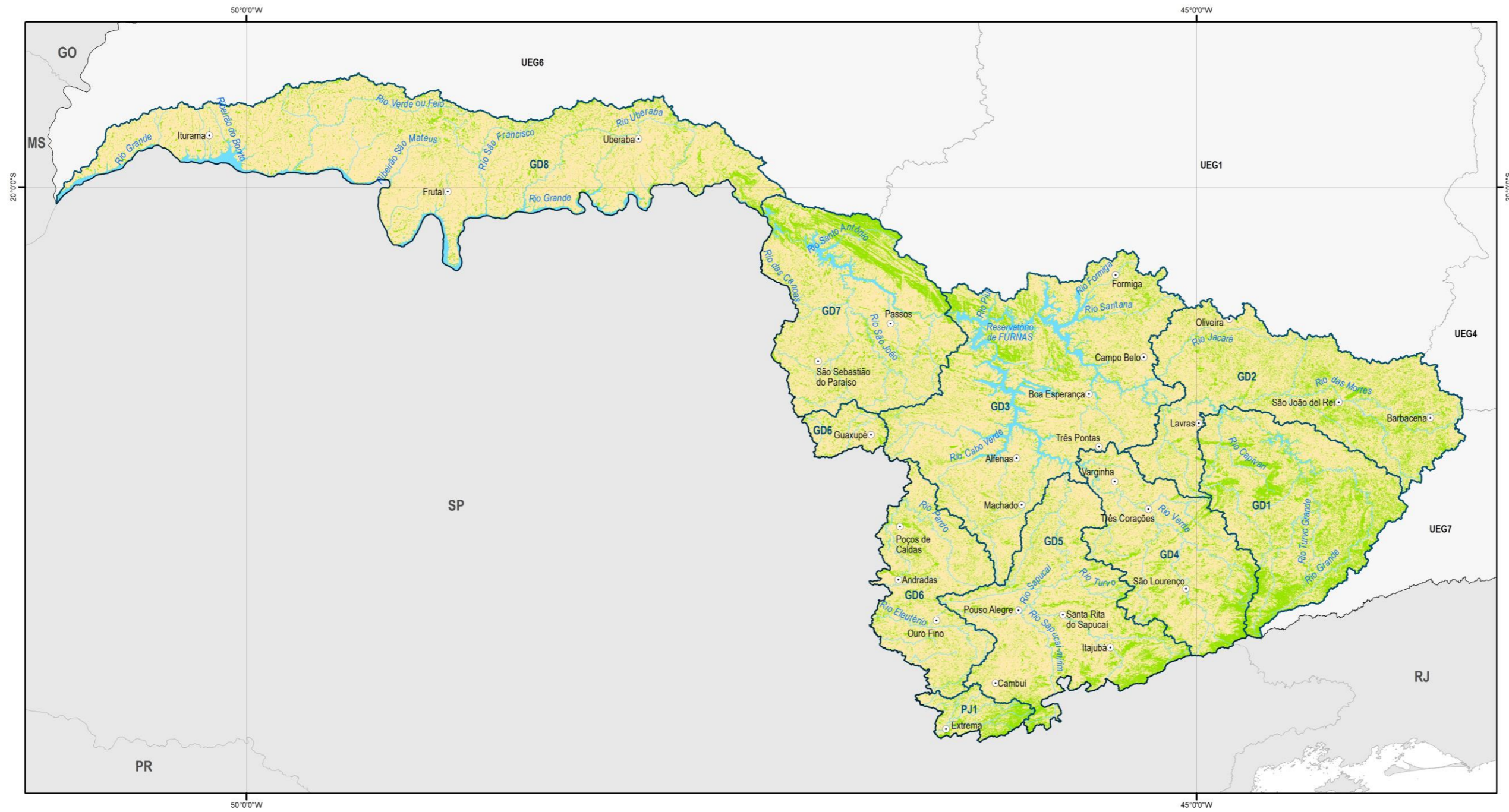
Mapa 5.2 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG1.



Mapa 5.3 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG2.



Mapa 5.4 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG3.

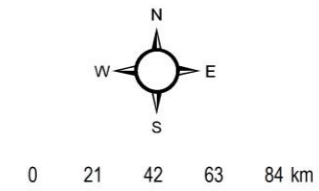


LEGENDA

- | | |
|---|--|
| ★ Capital estadual | Cobertura do solo |
| ○ Município com mais de 30 mil habitantes | Natural |
| □ Limite estadual | Antrópico |
| □ Circunscrição hidrográfica | |
| — Curso d'água | |
| — Massa d'água | |

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; MAPBIOMAS, 2021 (Modificado)

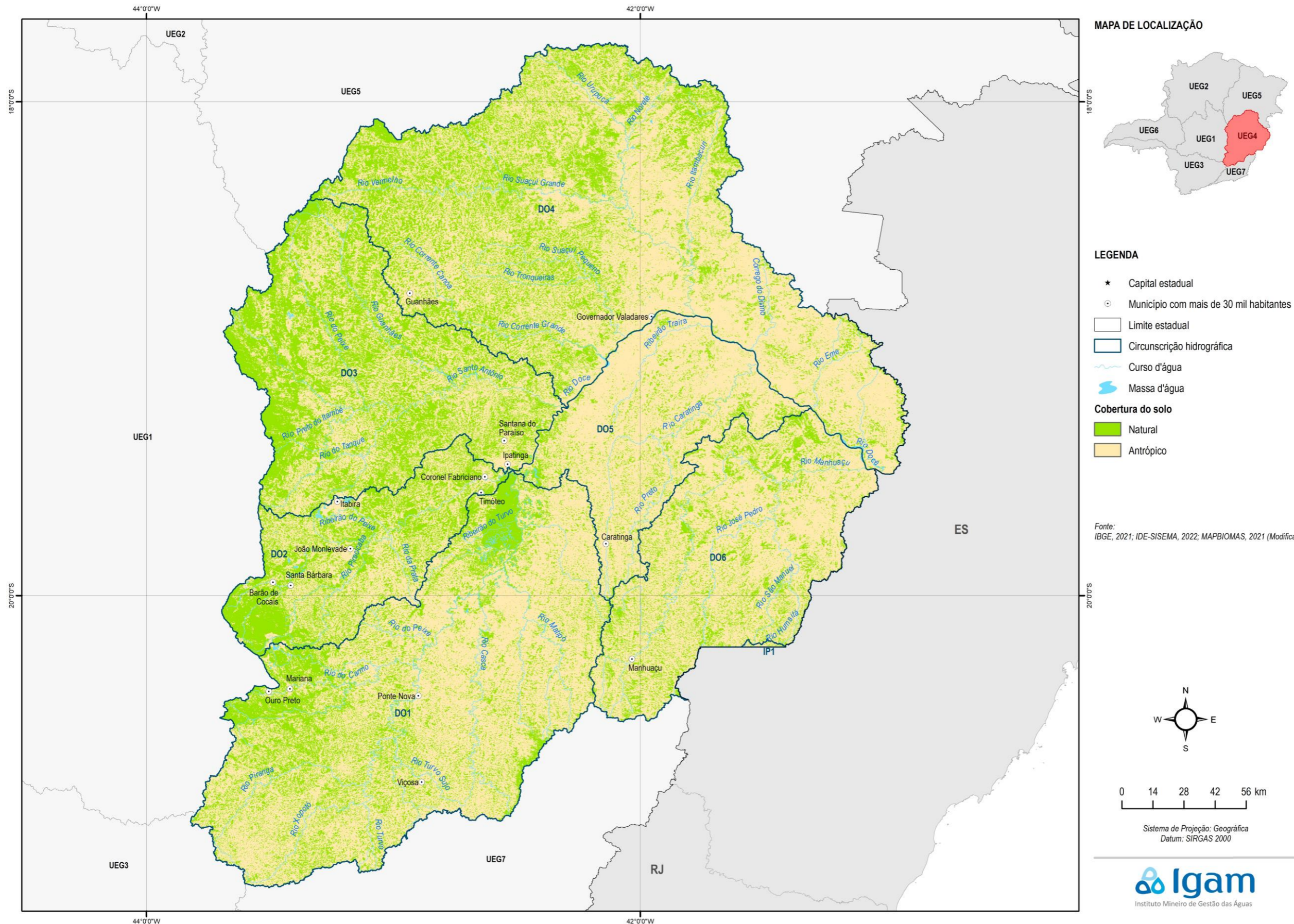
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



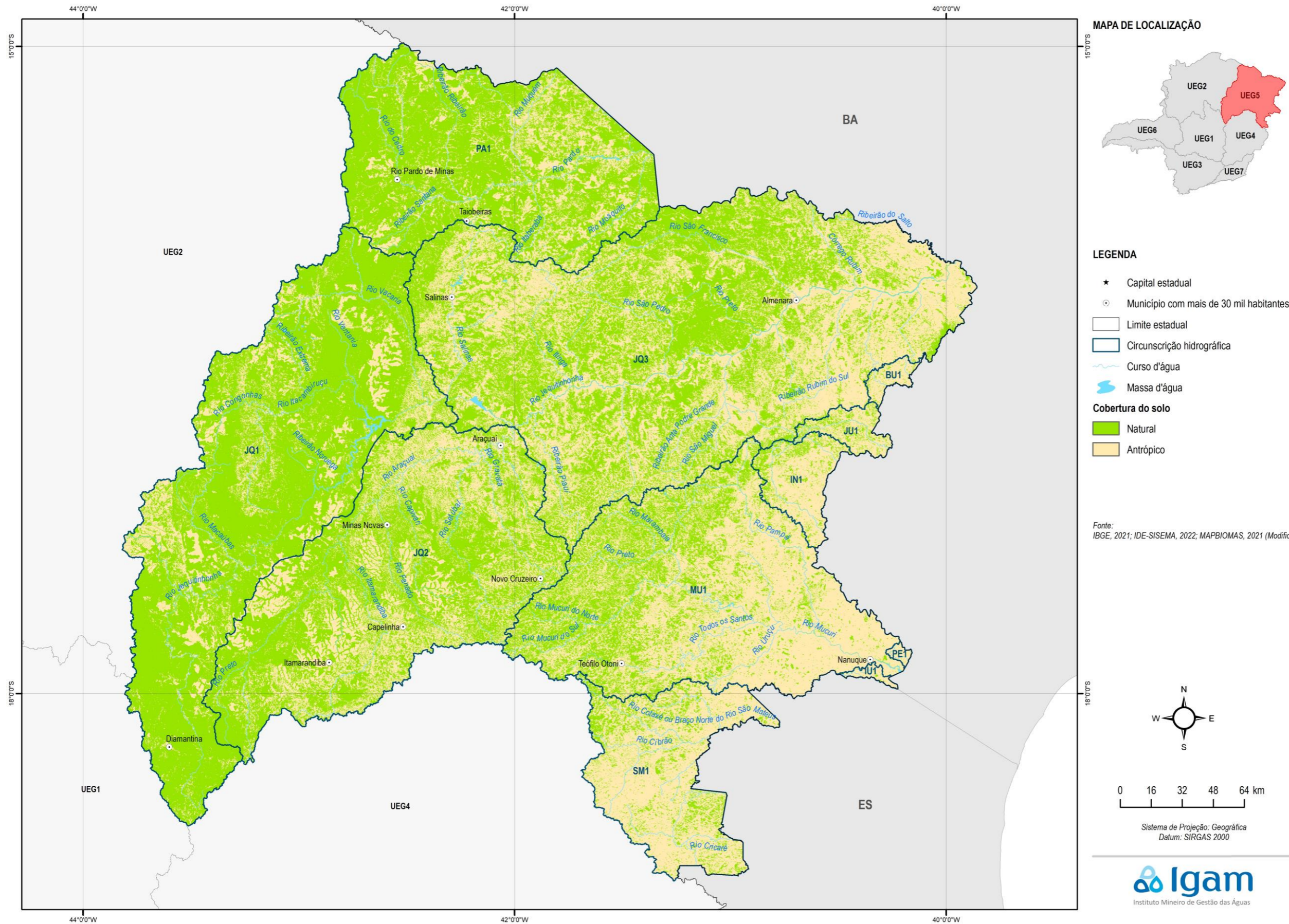
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



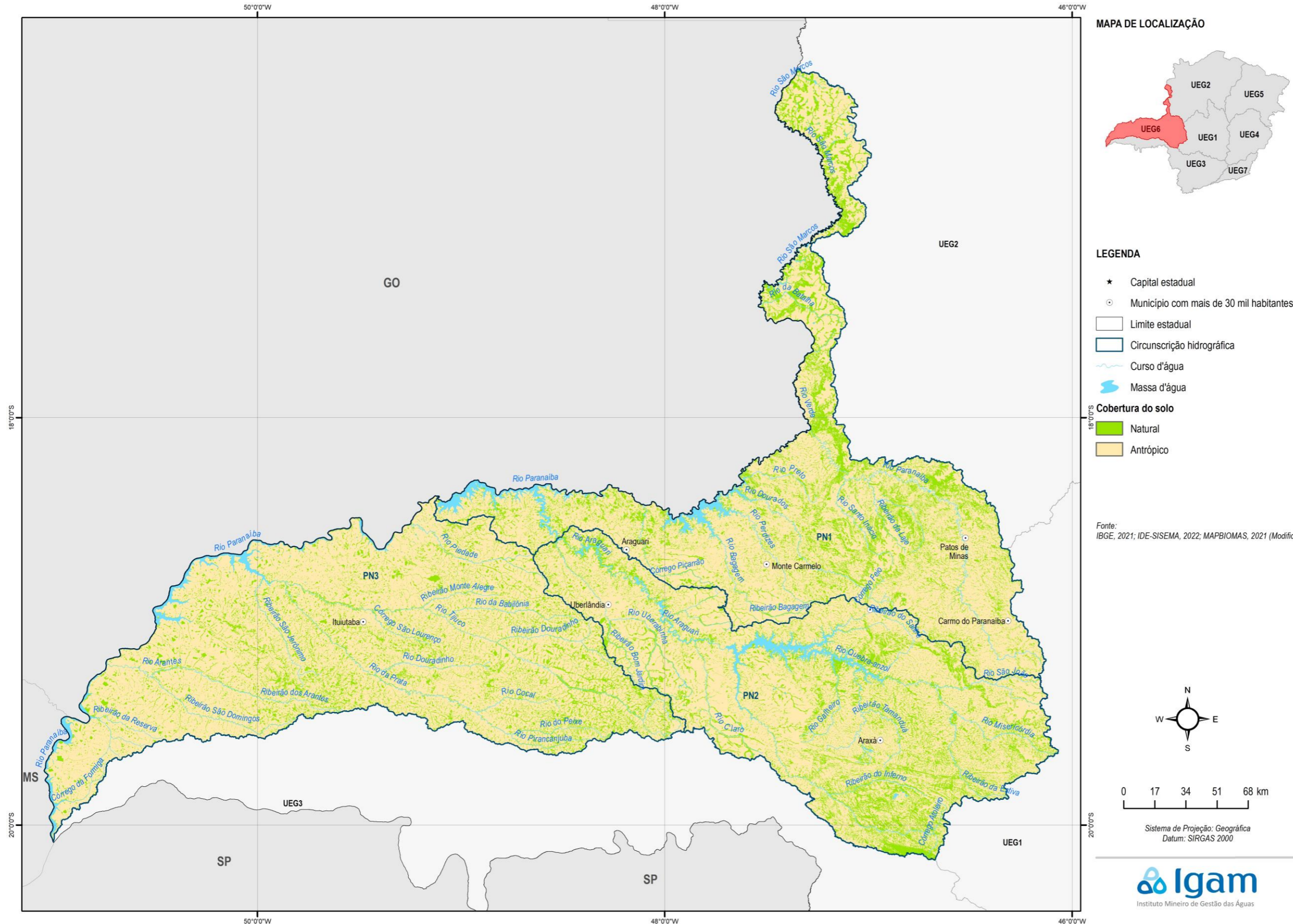
Mapa 5.5 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG4.



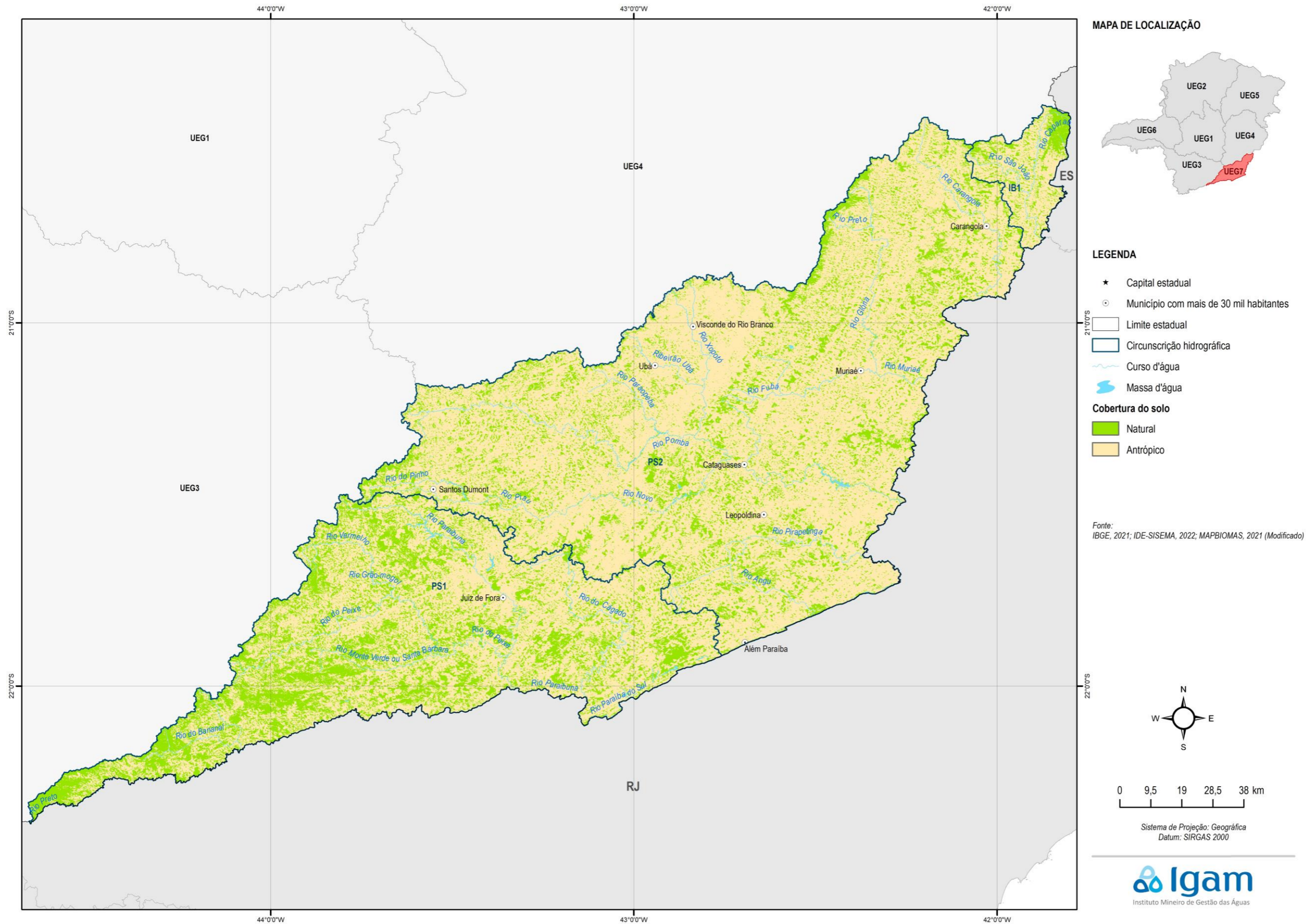
Mapa 5.6 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG5.



Mapa 5.7 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG6.



Mapa 5.8 – Cobertura do solo por formações naturais e antrópicas na área da UEG7.



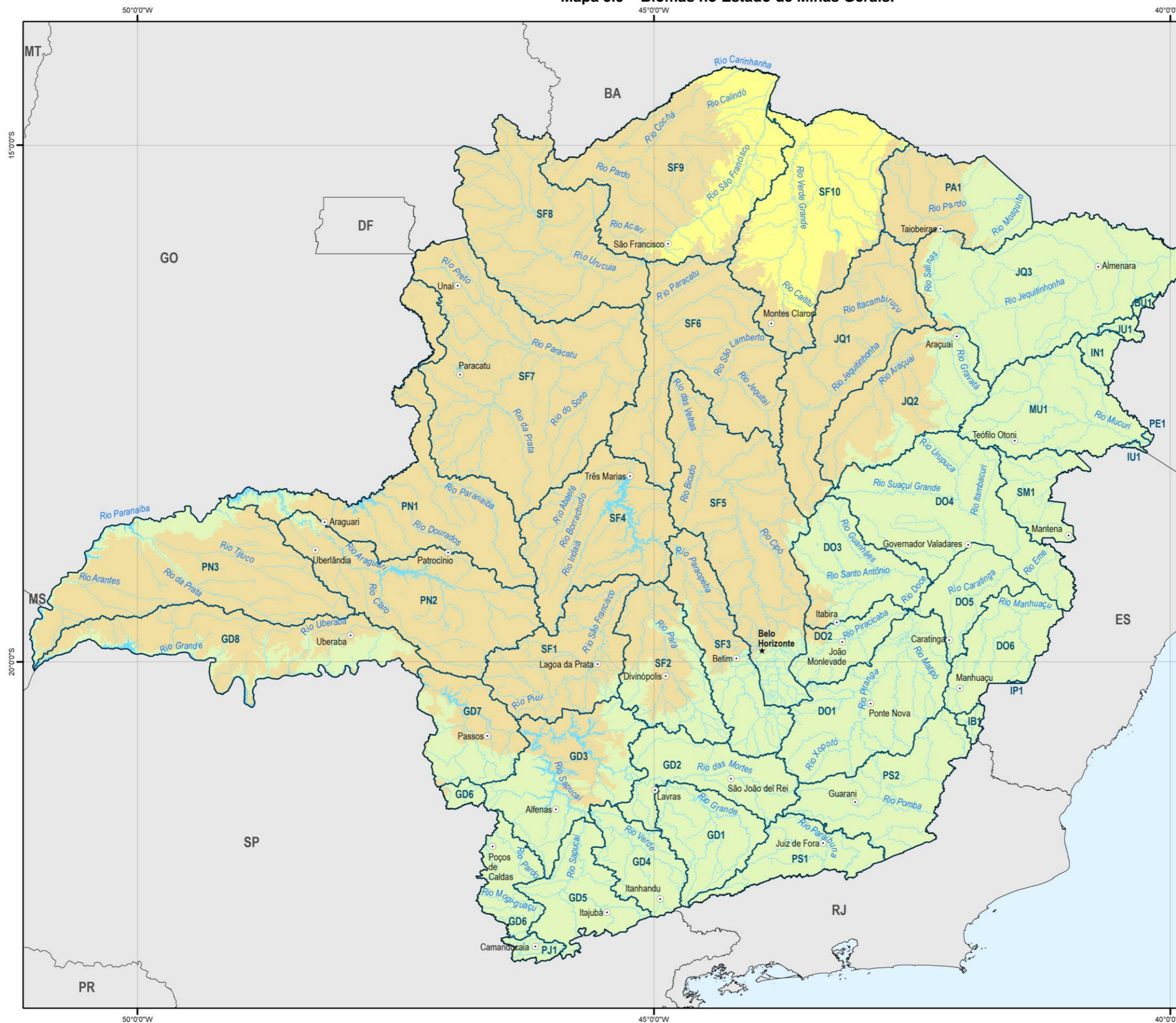
Antes, porém, de apresentar os resultados referentes ao grau de conservação das APPs e RLs, a primeira informação que deve ser analisada, ainda que não reflita qualquer grau de conservação ou degradação na área de abrangência do PMSH, diz respeito aos biomas ocorrentes em Minas Gerais. A área de estudo é dividida em porções entre os biomas Caatinga (32.618,9 km² = 5,6%), Cerrado (317.314,8 km² = 54,1%) e Mata Atlântica (236.775,6 km² = 40,4%). Conforme o Mapa 5.9, o bioma Cerrado ocupa a porção centro-ocidental, a Caatinga está restrita a uma mancha no norte do Estado, enquanto a Mata Atlântica ocorre porção oriental do Estado. O Quadro 5.3 apresenta os quantitativos de área de cada bioma nas CHs.

Quadro 5.3 – Territórios das circunscrições hidrográficas (CH) de Minas Gerais ocupados pelos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.

UEG	Código da CH	Circunscrição Hidrográfica	Caatinga (km ²)	Cerrado (km ²)	Mata Atlântica (km ²)
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco		13.737,85	418,32
	SF2	Rio Pará		6.889,74	5.334,20
	SF3	Rio Paraopeba		6.060,61	5.994,09
	SF4	Entorno da represa de Três Marias		18.600,89	
	SF5	Rio das Velhas		24.448,21	3.423,14
UEG2	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	0,43	24.819,80	
	SF7	Rio Paracatu		41.475,22	
	SF8	Rio Uruçua		25.039,57	
	SF9	Rio Pandeiros	12.078,23	20.016,68	
	SF10	Rio Verde Grande	20.517,57	5.890,13	
UEG3	GD1	Alto rio Grande			8.757,99
	GD2	Rio das Mortes			10.557,04
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas		6.108,17	10.137,93
	GD4	Rio Verde		2,09	6.879,50
	GD5	Rio Sapucaí			8.823,00
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo		63,07	6.297,10
	GD7	Médio rio Grande		5.404,17	4.353,14
	GD8	Baixo rio Grande		13.095,39	5.578,51
PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari			1.153,71	
UEG4	DO1	Rio Piranga			17.926,60
	DO2	Rio Piracicaba		358,14	5.104,35
	DO3	Rio Santo Antônio		1.225,07	9.755,47
	DO4	Rio Suaçuí Grande		98,11	21.462,44
	DO5	Rio Caratinga			6.333,84
	DO6	Rio Manhuaçu			8.987,70
	IP1	Rio Itapemirim			32,63
UEG5	MU1	Rio Mucuri			14.582,55
	SM1	Rio São Mateus			5.612,31
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	9,51	19.857,03	101,39
	JQ2	Rio Araçuaí		9.888,58	6.400,50
	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha		1.170,33	28.300,42
	PA1	Rio Pardo	13,17	7.918,16	4.815,80
	BU1	Rio Buranhém			329,26
	IN1	Rio Itanhém			1.517,69
	IU1	Rio Itaúnas			128,41
	JU1	Rio Jucuruçu			710,39
UEG6	PE1	Rio Peruípe			83,31
	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba		21.000,40	1.252,14
	PN2	Rio Araçuari		21.126,77	364,66
UEG7	PN3	Baixo rio Paranaíba		23.020,64	3.887,15
	PS1	Rios Preto e Paraibuna			7.192,57
	PS2	Rios Pomba e Muriaé			13.524,51
	IB1	Rio Itabapoana			661,78
Total			32.618,92	317.314,85	236.775,56

Fonte: elaboração própria, baseada em dados do IBGE (2019).

Mapa 5.9 – Biomas no Estado de Minas Gerais.



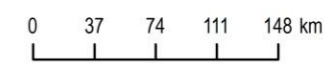
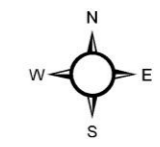
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Biomas**
- Caatinga
- Cerrado
- Mata Atlântica

Fonte: MMA, 2019; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



A partir do mapa de uso e cobertura do solo, apresentado no Subproduto 2D, reclassificado para áreas antrópicas e formações naturais, foi possível estimar as áreas remanescentes de formações naturais em APP e, inversamente, áreas de preservação permanente alteradas pelo uso antrópico de cada circunscrição hidrográfica. O mesmo processo foi realizado para as RLs.

5.2.1 Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente são apresentadas em dois grupos: APPs ripárias, que são as delimitadas a partir de corpos de água e nascentes; e as APPs relacionadas ao relevo, que são APPs delimitadas a partir de critérios de altitude, topo de morro, chapada e declividades.

As áreas de preservação permanente possuem uma atuação bastante direta sobre os serviços ecossistêmicos relacionados aos recursos hídricos, especialmente as APPs ripárias. Essas têm uma atuação direta sobre os corpos hídricos, sendo esses a motivação de sua delimitação, contribuindo para a ampliação dos serviços ecossistêmicos serviços de provisão de matéria orgânica, que contribui diretamente para a manutenção do estoque pesqueiro, de balanço sedimentar, a partir da contenção de sedimentos carreados para os corpos hídricos; balanço hidrológico, ampliando a capacidade de infiltração e a disponibilidade hídrica; retenção de nutrientes e poluentes, evitando sua chegada em demasia aos corpos hídricos; e regulação socioeconômica, a partir da ampliação da área conservada nas bacias. Já as APPs não ripárias, ligadas ao relevo, tem uma atuação mais próxima a das Reservas Legais do ponto de vista da ampliação da cobertura vegetal, somada a uma contribuição importantíssima na contenção de solos e no suporte ao habitat de espécies. Além disso, vale ressaltar que, as APPs relacionadas ao relevo, em especial as de altitude, são importantes para a recarga hídrica.

Ambas as delimitações se utilizam de dados que foram fornecidos pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), por intermédio do IEF e do Igam, referenciadas neste documento como SFB (2023).

Para a delimitação das APPs ripárias, o mapeamento de SFB (2023) utilizou-se dos seguintes insumos: Imagens Planet com data 09/2021 (R, G, B, NIR); Imagens Sentinel-2 Mapeamento da hidrografia da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS); Mapeamento de APPs da FBDS; Imagens do Alos Palsar (12,5 metros); Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas de 2017 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); e Bases cartográficas fornecidas pelo estado. A partir dessas informações, que foram validas e pré-processadas para possibilitar a utilização, foram realizados os seguintes processos (SFB. 2023):

- Mapeamento de rios simples (largura menor que 10 metros), representados por meio de vetores de linhas, por vetorização manual tendo como referência os insumos e imagens descritos na presente metodologia.
- Mapeamento de rios com margem dupla (largura maior ou igual a 10 metros) e de massas d'água (lagos, lagoas, barramentos ou represamentos), representado por meio de vetores de polígonos, por interpretação visual em tela, com apoio das bases

de referência, além de resultados de uma classificação orientada a objeto realizada com imagens de alta resolução.

- Delimitação das APPs de forma automatizada a partir dos dados da base de hidrografia segundo os parâmetros estabelecidos no artigo 4º da Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012.
- Revisão dos dados gerados e consolidação do produto, em que um revisor fez a verificação dos dados gerados pelo intérprete em escala de visualização fixa em 1:10.000 de modo que o mapa final em escala 1:25.000 contenha todos os detalhes necessários à esta escala.
- Realização do controle de qualidade, em que foram realizados processos para garantir a completude (omissão e/ou comissão), a consistência lógica (consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato, consistência topológica), a acurácia temática (correção da classificação e acurácia dos atributos quantitativos) e a acurácia temporal.

Para a delimitação das APPs relacionadas ao relevo, o mapeamento de SFB (2023) se utilizou dos seguintes insumos: Imagens do Alos Palsar (12,5 metros) e base topográfica auxiliar. A partir dessas informações, que foram válidas e pré-processadas para possibilitar a utilização, foram realizados os seguintes processos atendendo ao conteúdo do artigo 4º da Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (SFB. 2023):

- Para as APPs de topo de morro:
 - Identificação da base dos morros: foram eliminadas as depressões no Modelo Digital do Terreno (MDE), criando um MDE hidrologicamente coerente. Em seguida, as bases dos morros são delimitadas usando um MDE invertido, gerando fundos de vale para individualizar os morros;
 - Identificação da declividade média dos morros: foi criado um mapa de declividade e, em seguida, aplicado um algoritmo zonal para determinar a declividade média de cada morro. A delimitação de APPs considera uma declividade média superior a 25°;
 - Pontos de sela, altitude máxima e altura: foi aplicado um algoritmo zonal ao Modelo Digital do Terreno (MDE), armazenando a altitude máxima e mínima para, em seguida, calcular a altura e determinar os pontos de sela e os cumes em cada morro. A diferença entre eles fornece o desnível, que deve ser de pelo menos 100 metros para cumprir a Lei;
 - Terço superior: é obtido pela subtração de um terço do desnível entre o ponto de sela e a altitude máxima da altitude máxima do morro;
- Para as APPs de borda de chapada:
 - Identificação e delimitação de áreas superiores a 10 hectares e com declividade média de até 6 graus no mapa de declividades;
 - Identificação e delimitação da escarpa, que são as áreas com inclinação superior a 45°;
 - Delimitação da APP, partindo-se da ruptura do relevo, com uma distância de 100 m.

- APP declividade superior a 45°: são identificadas e delimitadas as áreas com declividade superior a 45° no mapa de declividade.
- APP altitude superior a 1.800 m: são identificadas e delimitadas as áreas com altitude superior a 1.800 m no MDE.

No primeiro grupo, de APPs ripárias, foram mapeados 61.975,65 km² de áreas de preservação permanente hídricas na área de abrangência do PMSH. Cerca de 57,14% (35.413,80 km²) do montante de APPs apresentam áreas alteradas por atividades antrópicas. Em contrapartida, 42,86% de áreas de APPs se encontram com cobertura natural.

O Quadro 5.4 contém as áreas de preservação permanente ripárias, apresentando as áreas totais e as áreas ocupadas por atividades antrópicas e as que possuem cobertura natural.

Observando o Mapa 4.2 nota-se que as circunscrições hidrográficas mais conservadas, sob a ótica da cobertura do solo por formações naturais, se localizam do centro para o norte do Estado.

Quadro 5.4 – Áreas de APPs ripárias total, alteradas por ação antrópica e que possuem cobertura natural nas circunscrições hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

UEG	Código da CH	Área da CH (km ²)	APP ripária (km ²)	APP ripária (%)	Área de APP alterada por ação antrópica (km ²)	% de APP alterada por ação antrópica	Área de APP com cobertura natural (km ²)	% de APP com cobertura natural
UEG1	SF1	14.156,20	1.603,52	11,33%	1.112,23	69,36%	491,29	30,64%
	SF2	12.223,90	1.470,96	12,03%	1.062,11	72,21%	408,85	27,79%
	SF3	12.054,70	1.513,36	12,55%	964,22	63,71%	549,14	36,29%
	SF4	18.600,90	2.679,59	14,41%	1.684,97	62,88%	994,62	37,12%
	SF5	27.871,40	3.420,76	12,27%	1.828,00	53,44%	1592,76	46,56%
UEG2	SF6	24.820,20	2.305,08	9,29%	821,26	35,63%	1483,82	64,37%
	SF7	41.475,20	4.155,76	10,02%	1.093,10	26,30%	3062,66	73,70%
	SF8	25.039,60	2.220,96	8,87%	658,31	29,64%	1562,65	70,36%
	SF9	32.094,90	1.831,28	5,71%	485,43	26,51%	1345,85	73,49%
	SF10	26.407,70	2.240,43	8,48%	1.019,33	45,50%	1221,10	54,50%
UEG3	GD1	8.758,00	1.361,72	15,55%	859,71	63,13%	502,01	36,87%
	GD2	10.557,00	1.435,47	13,60%	1.028,62	71,66%	406,85	28,34%
	GD3	16.246,10	1.675,52	10,31%	1.242,63	74,16%	432,89	25,84%
	GD4	6.881,60	902,41	13,11%	637,95	70,69%	264,46	29,31%
	GD5	8.823,00	1.130,60	12,81%	863,77	76,40%	266,83	23,60%
	GD6	6.360,20	786,64	12,37%	605,02	76,91%	181,62	23,09%
	GD7	9.757,30	1.135,16	11,63%	777,98	68,53%	357,18	31,47%
	GD8	18.673,90	942,62	5,05%	546,61	57,99%	396,01	42,01%
PJ1	1.153,70	169,7	14,71%	105,11	61,94%	64,59	38,06%	
UEG4	DO1	17.926,60	2.401,35	13,40%	1.883,84	78,45%	517,51	21,55%
	DO2	5.462,50	729,53	13,36%	394,49	54,07%	335,04	45,93%
	DO3	10.980,50	1.557,96	14,19%	903,51	57,99%	654,45	42,01%
	DO4	21.560,60	2.610,32	12,11%	1.936,29	74,18%	674,03	25,82%
	DO5	6.333,80	825,77	13,04%	700,93	84,88%	124,84	15,12%
	DO6	8.987,70	1.263,29	14,06%	1.065,93	84,38%	197,36	15,62%
	IP1	32,6	2,98	9,15%	2,68	89,88%	0,30	10,12%

UEG	Código da CH	Área da CH (km ²)	APP ripária (km ²)	APP ripária (%)	Área de APP alterada por ação antrópica (km ²)	% de APP alterada por ação antrópica	Área de APP com cobertura natural (km ²)	% de APP com cobertura natural
UEG5	MU1	14.582,60	1.414,42	9,70%	1.141,81	80,73%	272,61	19,27%
	SM1	5.612,30	608,76	10,85%	552,16	90,70%	56,60	9,30%
	JQ1	19.967,90	2.829,97	14,17%	544,92	19,26%	2285,05	80,74%
	JQ2	16.289,10	1.746,84	10,72%	779,55	44,63%	967,29	55,37%
	JQ3	16.289,10	2.986,91	18,34%	1.896,41	63,49%	1090,50	36,51%
	PA1	12.746,90	1.010,36	7,93%	282,19	27,93%	728,17	72,07%
	BU1	329,3	47,12	14,31%	44,86	95,20%	2,26	4,80%
	IN1	1.517,70	127,04	8,37%	101,45	79,86%	25,59	20,14%
	IU1	128,4	5,43	4,23%	4,90	90,23%	0,53	9,77%
	JU1	710,4	110,84	15,60%	94,04	84,84%	16,80	15,16%
PE1	83,3	4,41	5,30%	4,26	96,58%	0,15	3,42%	
UEG6	PN1	22.252,50	2.204,39	9,91%	1.296,99	58,84%	907,40	41,16%
	PN2	21.491,40	1.890,90	8,80%	1.073,88	56,79%	817,02	43,21%
	PN3	26.907,80	1.560,39	5,80%	834,48	53,48%	725,91	46,52%
UEG7	PS1	7.192,60	1.071,07	14,89%	761,02	71,05%	310,05	28,95%
	PS2	13.524,50	1.874,14	13,86%	1.622,42	86,57%	251,72	13,43%
	IB1	661,8	109,91	16,61%	94,40	85,89%	15,51	14,11%

Fonte: elaboração própria.

Já no segundo grupo foram mapeados 4.065,10 km² de áreas de preservação permanente associadas ao relevo para a área de abrangência do PMSH. Cerca de 69,78% (2.836,64 km²) desse montante de APPs apresentam cobertura do solo composta por formações naturais. Em contrapartida, os 30,22% dessas áreas se encontram alteradas em relação à cobertura original.

O Quadro 5.5 contém as áreas de preservação permanente relacionadas ao relevo, apresentando as áreas totais e as áreas ocupadas por atividades antrópicas e as que possuem cobertura natural.

Quadro 5.5 – Áreas de APP relacionadas ao relevo total, alteradas por ação antrópica e que possuem cobertura natural nas circunscrições hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

UEG	Código da CH	Área da CH (km ²)	APP de relevo (km ²)	APP de relevo (%)	Área de APP alterada por ação antrópica (km ²)	% de APP alterada por ação antrópica	Área de APP com cobertura natural (km ²)	% de APP com cobertura natural
UEG1	SF1	14.156,20	8,51	0,06%	4,84	56,83%	3,67	43,17%
	SF2	12.223,90	0,88	0,01%	0,30	33,98%	0,58	66,02%
	SF3	12.054,70	8,98	0,07%	1,89	21,07%	7,09	78,93%
	SF4	18.600,90	22,66	0,12%	14,10	62,23%	8,56	37,77%
	SF5	27.871,40	45,66	0,16%	7,97	17,45%	37,69	82,55%
UEG2	SF6	24.820,20	29,24	0,12%	3,20	10,94%	26,04	89,06%
	SF7	41.475,20	61,05	0,15%	35,70	58,48%	25,35	41,52%
	SF8	25.039,60	132,86	0,53%	34,73	26,14%	98,13	73,86%
	SF9	32.094,90	20,04	0,06%	1,46	7,27%	18,58	92,73%
	SF10	26.407,70	133,04	0,50%	21,01	15,79%	112,03	84,21%

UEG	Código da CH	Área da CH (km ²)	APP de relevo (km ²)	APP de relevo (%)	Área de APP alterada por ação antrópica (km ²)	% de APP alterada por ação antrópica	Área de APP com cobertura natural (km ²)	% de APP com cobertura natural
UEG3	GD1	8.758,00	159,98	1,83%	28,97	18,11%	131,01	81,89%
	GD2	10.557,00	1,13	0,01%	0,29	25,34%	0,84	74,66%
	GD3	16.246,10	7,93	0,05%	5,22	65,78%	2,71	34,22%
	GD4	6.881,60	191,52	2,78%	48,20	25,17%	143,32	74,83%
	GD5	8.823,00	100,76	1,14%	25,86	25,66%	74,90	74,34%
	GD6	6.360,20	2,44	0,04%	1,34	54,72%	1,10	45,28%
	GD7	9.757,30	27,1	0,28%	13,42	49,53%	13,68	50,47%
	GD8	18.673,90	5,47	0,03%	2,90	53,05%	2,57	46,95%
	PJ1	1.153,70	19,21	1,67%	2,34	12,18%	16,87	87,82%
UEG4	DO1	17.926,60	72,65	0,41%	33,03	45,47%	39,62	54,53%
	DO2	5.462,50	104,49	1,91%	23,21	22,21%	81,28	77,79%
	DO3	10.980,50	219,19	2,00%	70,08	31,97%	149,11	68,03%
	DO4	21.560,60	182,97	0,85%	76,47	41,79%	106,50	58,21%
	DO5	6.333,80	55,36	0,87%	31,46	56,82%	23,90	43,18%
	DO6	8.987,70	207,14	2,30%	94,50	45,62%	112,64	54,38%
		IP1	32,6	0,27	0,84%	0,12	43,35%	0,15
UEG5	MU1	14.582,60	85,43	0,59%	26,80	31,37%	58,63	68,63%
	SM1	5.612,30	139,4	2,48%	41,59	29,83%	97,81	70,17%
	JQ1	19.967,90	508,27	2,55%	112,57	22,15%	395,70	77,85%
	JQ2	16.289,10	324,03	1,99%	107,64	33,22%	216,39	66,78%
	JQ3	16.289,10	579,51	3,56%	157,03	27,10%	422,48	72,90%
	PA1	12.746,90	269,8	2,12%	82,37	30,53%	187,43	69,47%
	BU1	329,3	1,62	0,49%	0,37	22,73%	1,25	77,27%
	IN1	1.517,70	10,85	0,71%	3,49	32,12%	7,36	67,88%
	IU1	128,4	0	-	-	-	-	-
	JU1	710,4	3,36	0,47%	1,09	32,59%	2,27	67,41%
	PE1	83,3	0	-	-	-	-	-
UEG6	PN1	22.252,50	0,27	0,00%	0,20	72,37%	0,07	27,63%
	PN2	21.491,40	1,86	0,01%	1,18	63,32%	0,68	36,68%
	PN3	26.907,80	6,51	0,02%	3,28	50,32%	3,23	49,68%
UEG7	PS1	7.192,60	123,08	1,71%	33,81	27,47%	89,27	72,53%
	PS2	13.524,50	140,79	1,04%	63,17	44,87%	77,62	55,13%
	IB1	661,8	49,79	7,52%	11,30	22,69%	38,49	77,31%

Fonte: elaboração própria.

Cabe ressaltar que nem todas essas áreas com ocupação antrópica em APPs representam oportunidades para restauração das condições naturais e não deve ser entendido como definidor de situações sujeitas a ações de recuperação que envolvam a remoção de tais atividades, mas sim como oportunidades para implementação de atividades de revitalização, que podem variar desde recuperação de áreas degradadas até incentivo à produção sustentável.

O exemplo mais contundente dessa situação são as manchas urbanas localizadas em APPs, cuja ocupação consolidada não propicia sua transformação em formações naturais, mas podem ser alvo de iniciativas fundamentadas em Soluções baseadas na Natureza (SbN) para melhoria da qualidade das águas, retenção de enxurradas, criação de espaços de lazer, entre

outros usos compatíveis com a ocupação humana, podendo representar iniciativas a serem delineadas e incentivadas pelos governos municipais.

5.2.2 Reservas Legais

As Reservas Legais possuem uma capacidade de contribuição voltada para a ampliação da cobertura vegetal de forma difusa pelo território. Possuem como limitação a sua localização não alinhada diretamente com objetivos de conservação diretos, mas, mesmo assim, são de grande importância para que a cobertura vegetal seja ampliada e, por consequência, amplie-se os serviços ecossistêmicos oferecidos.

De forma correlata a análise realizada para as APPs, a seguir são apresentados os quantitativos de áreas em Reserva Legal e o grau de conservação e antropização dessas áreas.

Como pode ser observado no Mapa 5.10, as reservas legais ocupam parte expressiva do território, contudo, grande parte da área é ocupada por RLs propostas no Sicar, ou seja, que ainda não passaram por processo de averbação ou aprovação pelo órgão ambiental competente. O mapa apresenta a classificação dessas reservas e permite observar que as áreas averbadas predominam na porção Oeste do território mineiro.

Em termos de território ocupado, o destaque é da UEG2, onde aproximadamente 28.816,17 km² de área são ocupados por RLs. Nessa UEG o maior quantitativo de área é de RL Proposta, com 17.290,69 km², seguido de RL Averbada, com aproximadamente 10.638,81 km². A UEG com menor área de RL é a UEG7, com 2.825,88 km², sendo que dessas áreas são 2.296,66 km² de RLs Propostas.

De maneira geral, as RLs das UEGs 1, 3, 4, 6 e 7 apresentam percentuais de antropização em torno de 30% a 40%, enquanto nas UEGs 2 e 5 esse percentual de antropização fica em torno de 20%.

Tratando especificamente as RLs Averbadas, a UEG1 possui um total de 4.956,54 km² sendo de uso antrópico de 34,66% dessas áreas. A UEG2 possui um total de 10.638,81 km², em que 83,79% das áreas possuem cobertura natural. Na UEG3, 35,76% de um total de 2.341,11 km² possui uso antrópico. Já na UEG4, 27,77% de um total de 1.249,41 km² possui uso antrópico. A UEG5 possui um expressivo percentual de áreas com cobertura natural, de 84,60% e um total de área de RLs Averbadas de 3.291,72 km². A UEG6 possui um total de 5.375,17 km² de RLs averbadas, dos quais 35,30% possuem uso antrópico. Por fim, a UEG7 possui em total de 463,58 km² de RLs averbadas com 29,88% dessas áreas com utilização antrópica.

O Quadro 5.6 apresenta os quantitativos detalhados por UEG e Situação das Reservas Legais. O Mapa 5.10 apresenta das Reservas Legais espacializadas no território mineiro e os mapas 4.4 a 4.10 apresentam as Reservas Legais por UEG.

Quadro 5.6 - Reservas Legais por UEG.

UEG	Situação da Reserva Legal	Área de RL (km ²)	Área de uso antrópico em RL (km ²)	Área de formações naturais em RL (km ²)	% Antrópico	% Natural
1	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	362,25	133,59	228,65	36,88%	63,12%
	Reserva Legal Averbada	4.956,54	1.718,14	3.238,40	34,66%	65,34%
	Reserva Legal Proposta	7.267,94	2.643,38	4.624,56	36,37%	63,63%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	125,90	48,41	77,49	38,45%	61,55%
2	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	637,20	98,37	538,83	15,44%	84,56%
	Reserva Legal Averbada	10.638,81	1.724,58	8.914,23	16,21%	83,79%
	Reserva Legal Proposta	17.290,69	3.137,46	14.153,23	18,15%	81,85%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	249,46	30,75	218,72	12,33%	87,67%
3	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	244,86	85,32	159,54	34,85%	65,15%
	Reserva Legal Averbada	2.341,11	837,26	1.503,85	35,76%	64,24%
	Reserva Legal Proposta	8.688,44	3.052,71	5.635,74	35,14%	64,86%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	85,59	27,46	58,13	32,09%	67,91%
4	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	187,63	49,75	137,89	26,51%	73,49%
	Reserva Legal Averbada	1.249,41	346,94	902,48	27,77%	72,23%
	Reserva Legal Proposta	8.072,05	2.590,88	5.481,17	32,10%	67,90%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	25,10	5,24	19,86	20,87%	79,13%
5	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	355,68	70,11	285,57	19,71%	80,29%
	Reserva Legal Averbada	3.291,72	506,88	2.784,84	15,40%	84,60%
	Reserva Legal Proposta	11.921,74	3.039,03	8.882,71	25,49%	74,51%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	72,51	8,40	64,12	11,58%	88,42%
6	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	291,34	97,39	193,95	33,43%	66,57%
	Reserva Legal Averbada	5.375,17	1.897,61	3.477,55	35,30%	64,70%
	Reserva Legal Proposta	5.384,09	1.927,31	3.456,78	35,80%	64,20%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	250,72	74,60	176,12	29,76%	70,24%
7	Reserva Legal Aprovada e não Averbada	61,15	18,09	43,06	29,58%	70,42%
	Reserva Legal Averbada	463,58	138,53	325,05	29,88%	70,12%
	Reserva Legal Proposta	2.296,66	588,29	1.708,37	25,62%	74,38%
	Reserva Legal vinculada à compensação de outro imóvel	4,49	0,87	3,62	19,39%	80,61%
Total Geral		92.191,85	24.897,33	67.294,51	27,01%	72,99%

Fonte: elaboração com dados do Cadastro Ambiental Rural (2023) e do Subproduto 2D do PMSH.

Mapa 5.10 – Reservas Legais na área do PMSH.



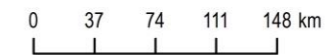
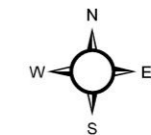
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Reserva Legal**
- Averbada
- Aprovada e não Averbada
- Vinculada à compensação de outro imóvel
- Proposta

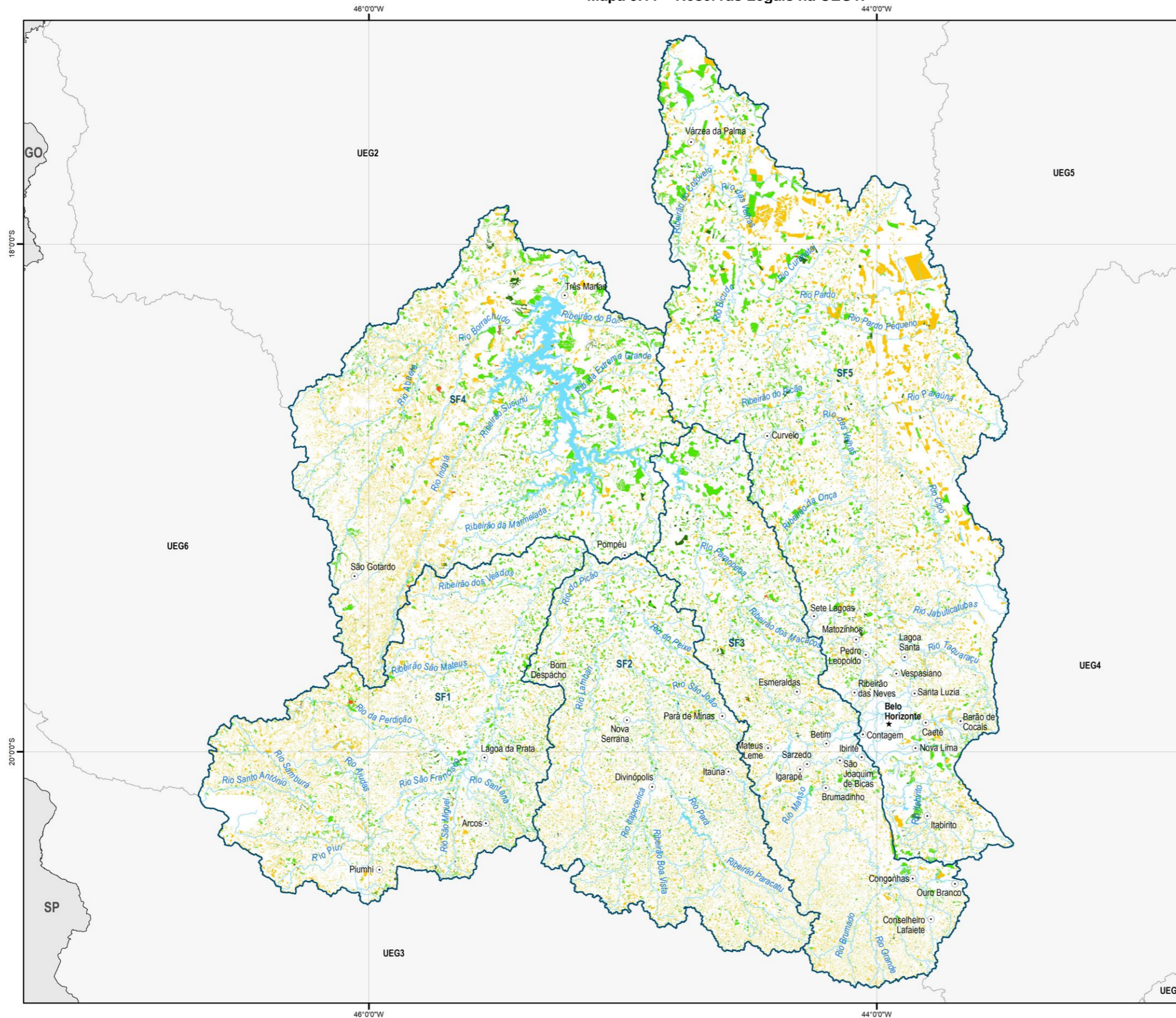
Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.11 – Reservas Legais na UEG1.



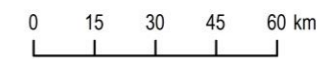
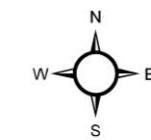
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Reserva Legal:**
- Averbada
- Aprovada e não Averbada
- Vinculada à compensação de outro imóvel
- Proposta

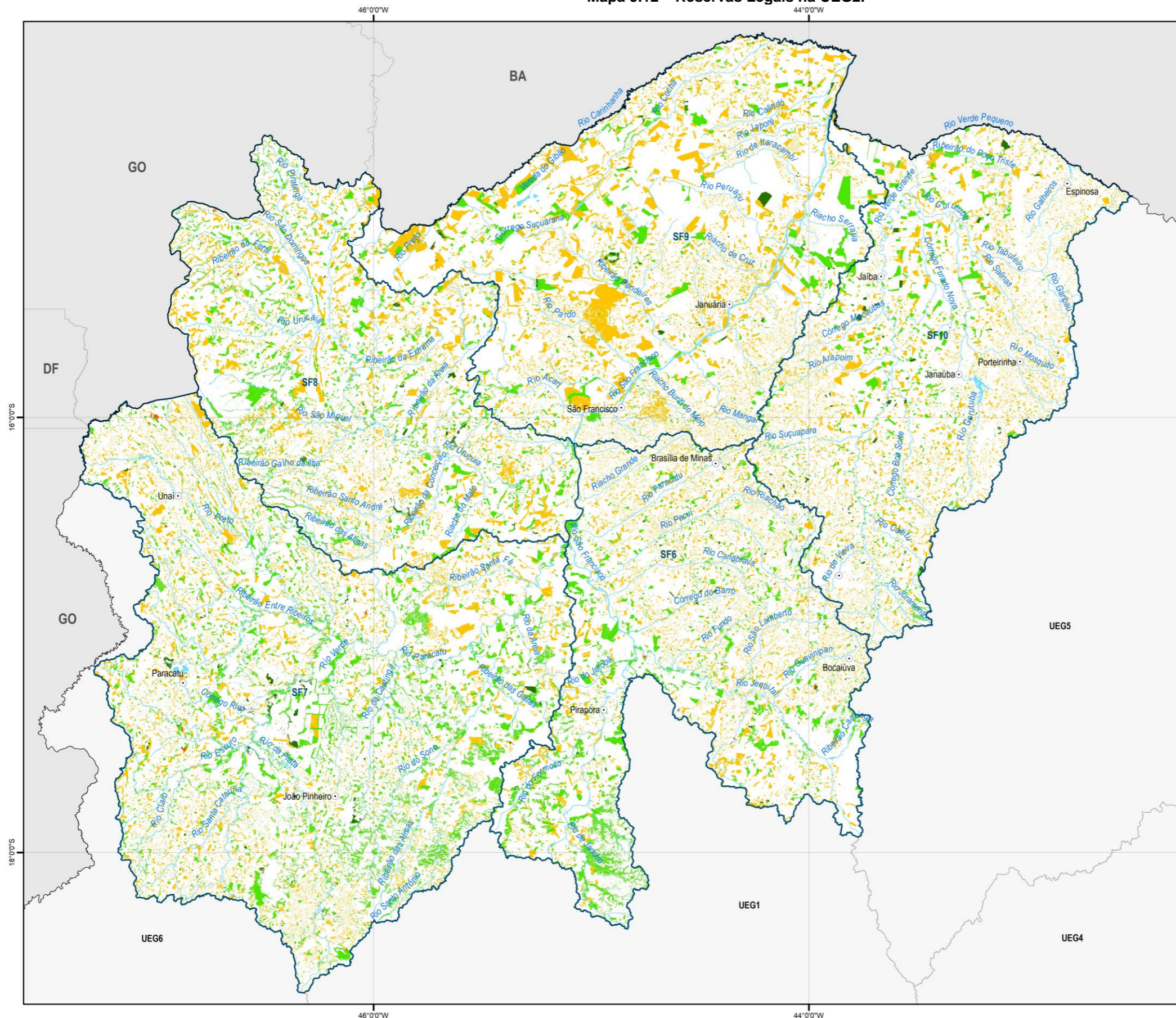
Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



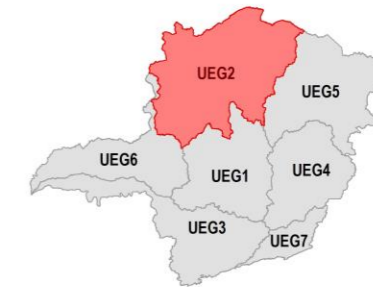
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.12 – Reservas Legais na UEG2.



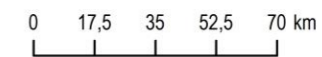
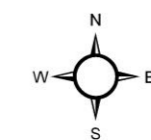
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município com mais de 30 mil habitantes
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Reserva Legal:**
- Averbada
 - Aprovada e não Averbada
 - Vinculada à compensação de outro imóvel
 - Proposta

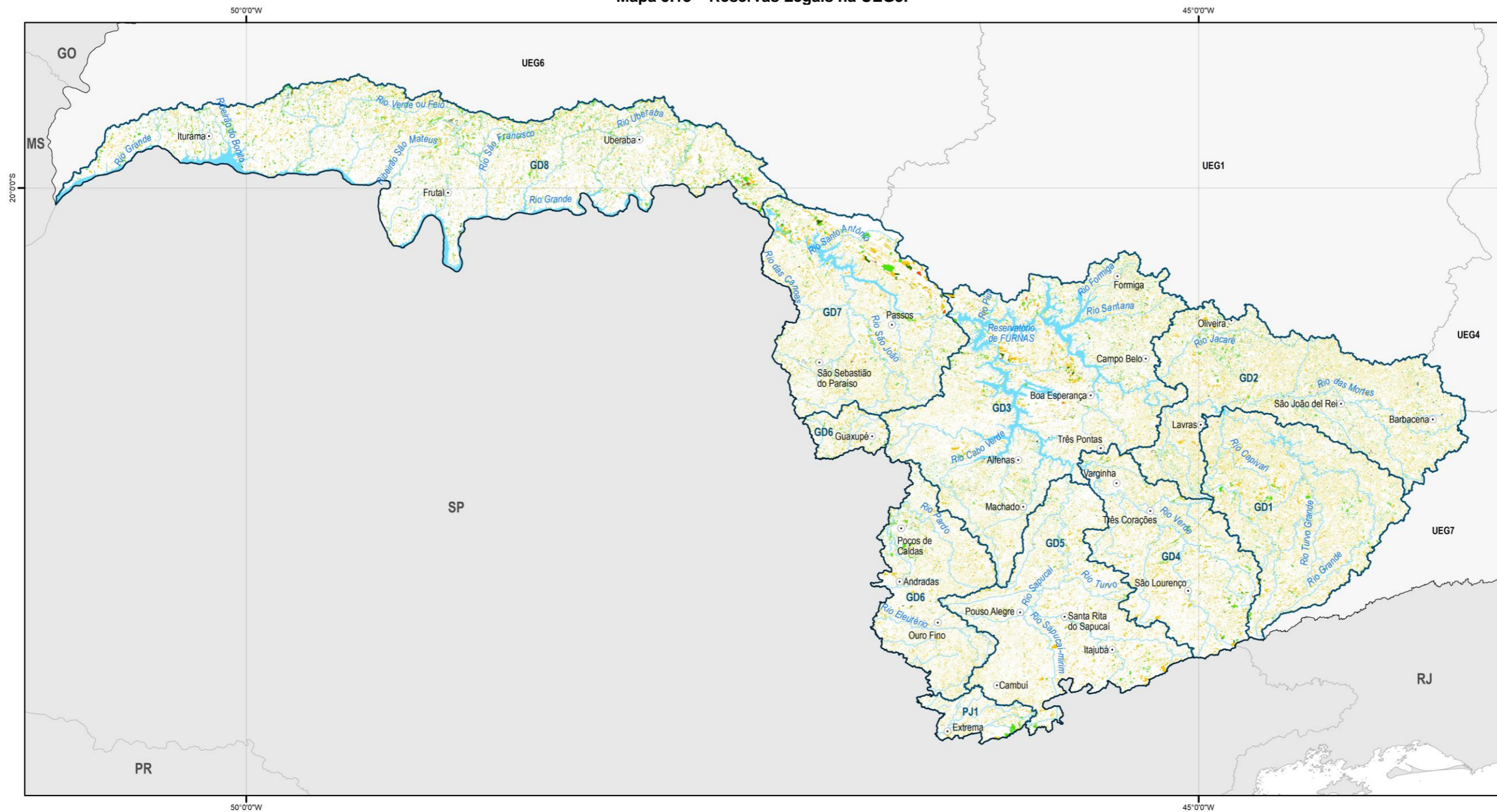
Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



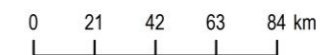
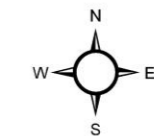
Mapa 5.13 – Reservas Legais na UEG3.



LEGENDA

- | | |
|---|---|
| ★ Capital estadual | Reserva Legal |
| ○ Município com mais de 30 mil habitantes | ■ Averbada |
| □ Limite estadual | ■ Aprovada e não Averbada |
| □ Circunscrição hidrográfica | ■ Vinculada à compensação de outro imóvel |
| — Curso d'água | ■ Proposta |
| — Massa d'água | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

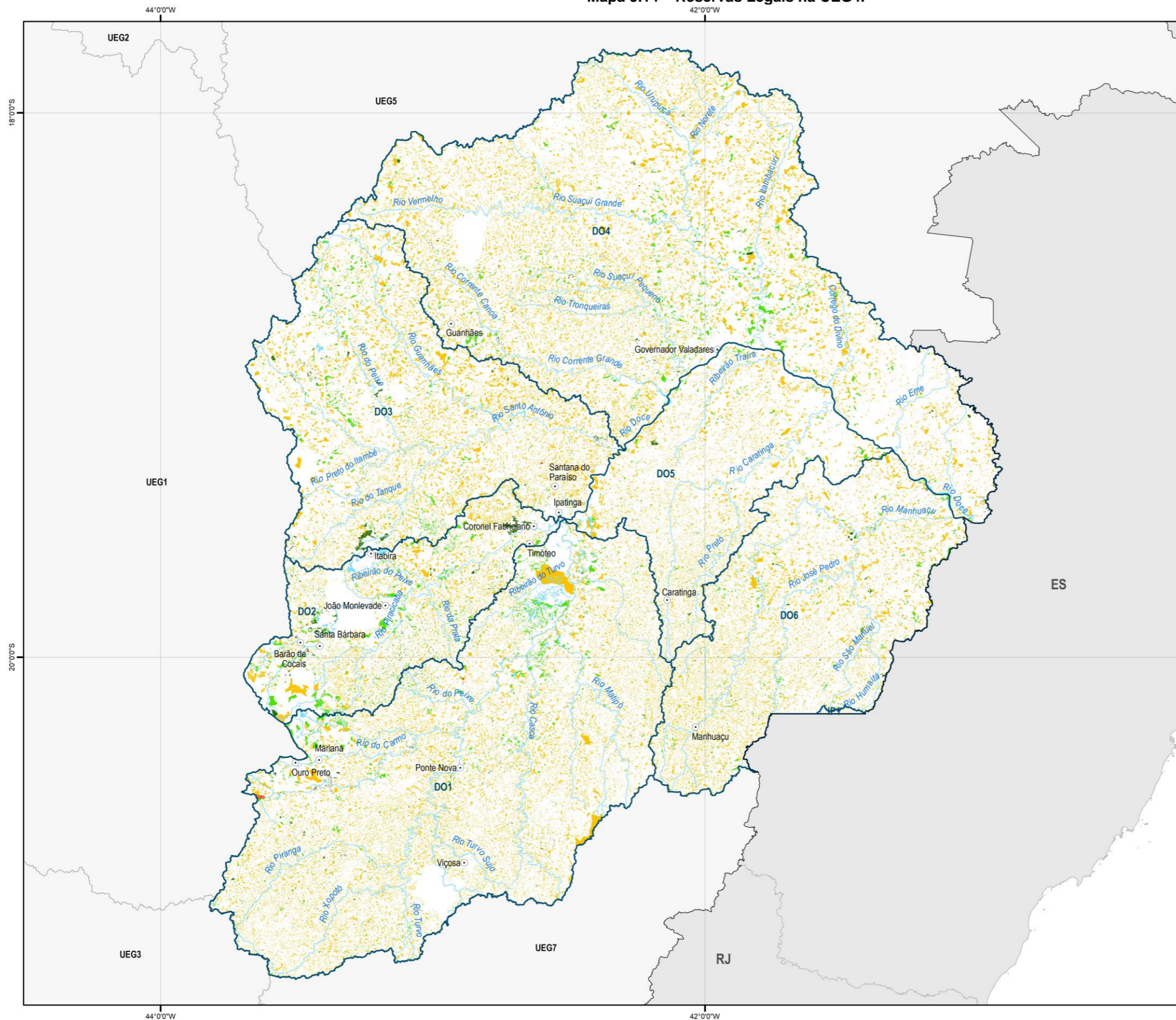


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Mapa 5.14 – Reservas Legais na UEG4.



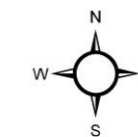
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Reserva Legal:**
- Averbada
- Aprovada e não Averbada
- Vinculada à compensação de outro imóvel
- Proposta

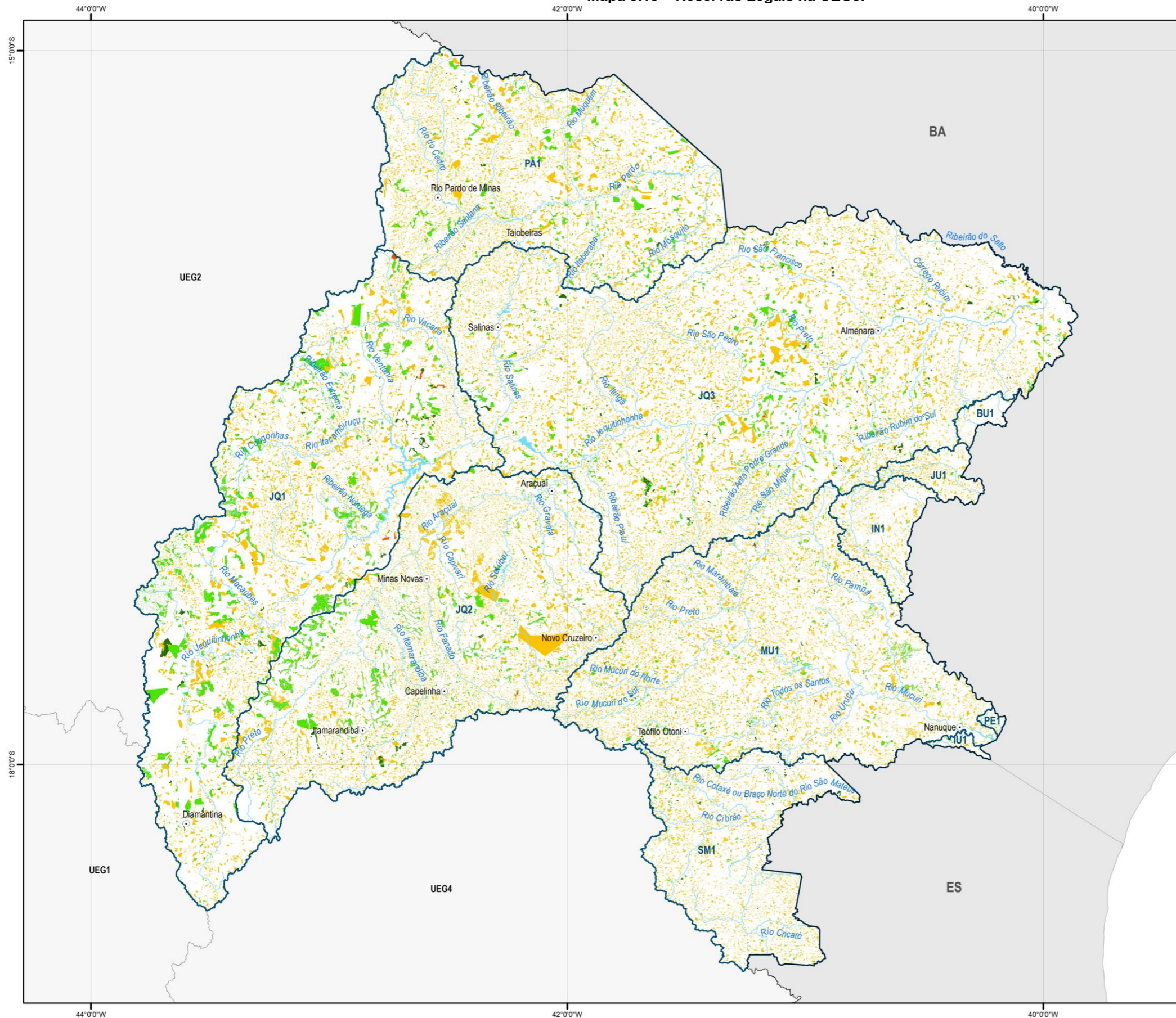
Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



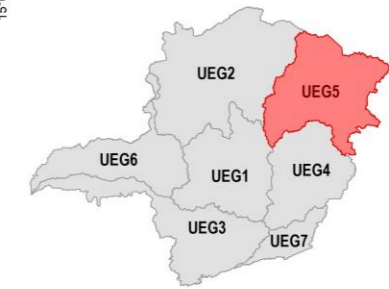
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.15 – Reservas Legais na UEG5.



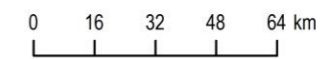
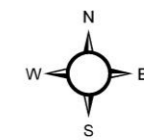
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscritão hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Reserva Legal:**
- Averbada
- Aprovada e não Averbada
- Vinculada à compensação de outro imóvel
- Proposta

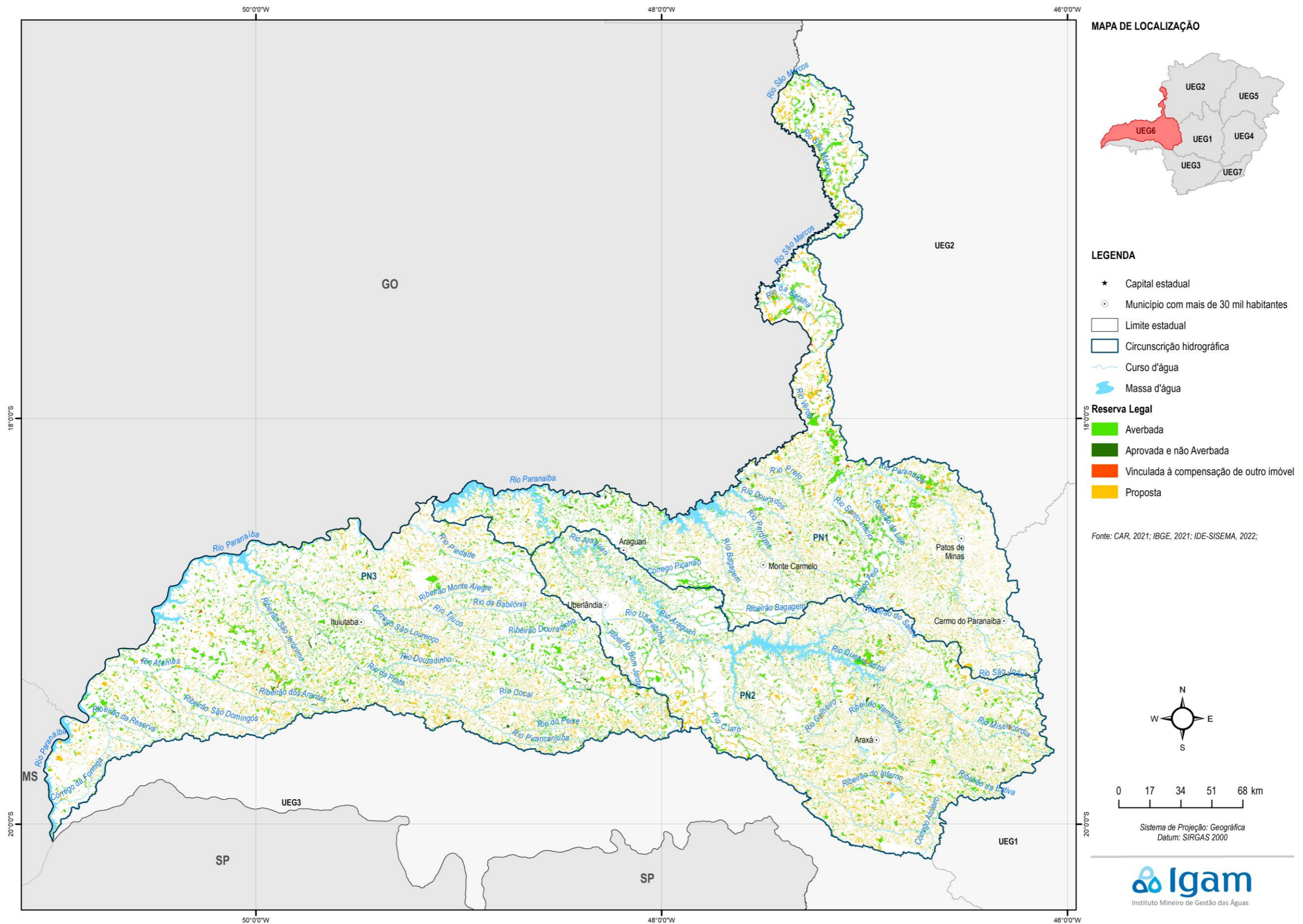
Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



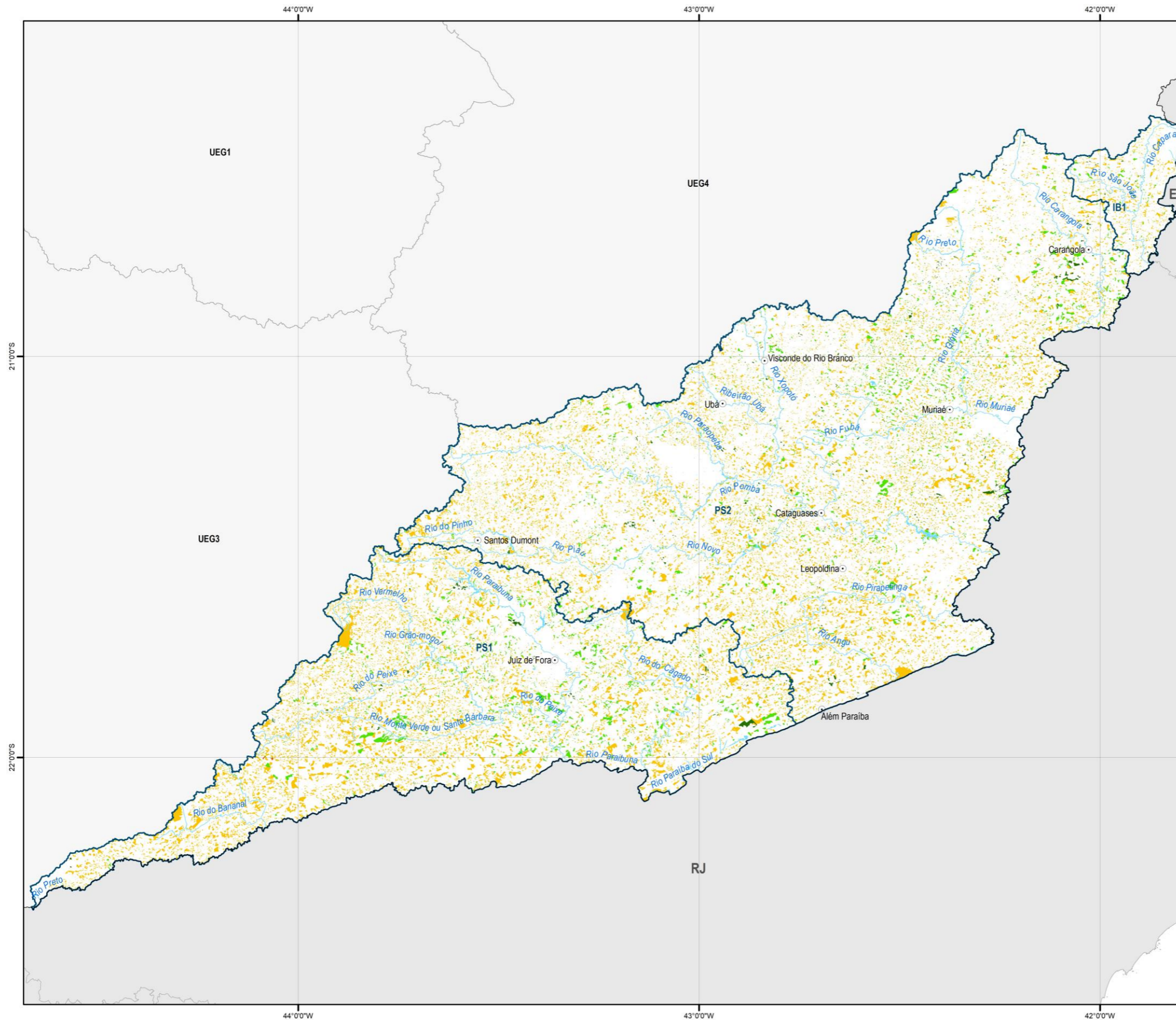
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



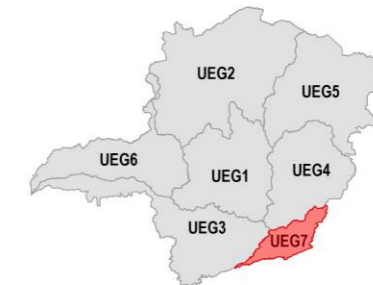
Mapa 5.16 – Reservas Legais na UEG6.



Mapa 5.17 – Reservas Legais na UEG7.



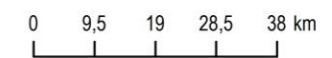
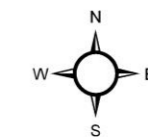
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- Reserva Legal:**
- Averbada
- Aprovada e não Averbada
- Vinculada à compensação de outro imóvel
- Proposta

Fonte: CAR, 2021; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



5.3 Áreas protegidas criadas

Neste capítulo são analisadas as Unidades de Conservação adicionadas das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) com área maior que 500 hectares, por seu tamanho razoável, em consonância com a abordagem adotada em IEF (2021a), que ressalta suas finalidades voltadas primariamente à conservação da biodiversidade e seu regime de uso mais protetivo, dentre as categorias de Uso Sustentável.

Foram coletados os dados de UCs disponibilizados pelo estado de Minas Gerais, através do IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), que contemplam unidades de conservação federais, estaduais e municipais do Estado de Minas Gerais.

Cabe a reflexão de que, segundo o entendimento do IEF, somente a criação de UC, sem as devidas ações de implementação, como limites definidos, regularização fundiária completa, plano de manejo elaborado e implementado, áreas internas restauradas e conservadas, as UCs podem não estar cumprindo todas suas funções ambientais. Contudo, nessa avaliação as UCs foram consideradas sob a ótica do propósito quando da sua criação, sem abordar especificidades e situação da gestão de cada uma. Partiu-se do pressuposto que, uma vez definidas como áreas legalmente protegidas, as porções do território aqui analisadas possuem condições legais para serem consideradas como áreas existentes para a conservação da biodiversidade.

No Estado de Minas Gerais, 10,07% do território encontra-se sob algum tipo de proteção por unidades de conservação. Sendo que 13.083,65 km² (2,23%) correspondem a UCs de proteção integral e RPPN maiores que 500 hectares; 40.334,44 km² (6,87%) são de UCs de uso sustentável; e 5.683 km² (0,97%) correspondem a Áreas de Proteção Especial (áreas definidas e demarcadas pelo governo do Estado de Minas Gerais ou municípios para proteção e conservação de mananciais). Cabe destacar que há sobreposição de áreas de unidades de conservação de categorias diferentes.

As Unidades Estratégicas de Gestão que se destacam em áreas cobertas por UCs são: Afluentes do Médio Rio São Francisco (14.919,8 km² de UCs) e Afluentes do Rio Doce (12.418,7 km² de UCs). Desses valores, cerca de 10.000 km² cobertos por UCs de uso sustentável nas UEGs citadas. Dessa forma, as UEGs com maior parte do território efetivamente protegido, por UCs de proteção integral (PI), são: Afluentes do Médio Rio São Francisco (4.902,3 km² de UCs-PI) e Afluentes dos rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo (2.653,86 km² de UCs-PI).

As UCs localizadas na área de abrangência do PMSH constam no APÊNDICE 1 e podem ser visualizadas no Mapa 5.18 para todo o território mineiro e do Mapa 5.19 ao Mapa 5.25 para as UEGs.

Como se pode ver no Quadro 5.7, as CH que se destacam pelo percentual de área coberta por áreas protegidas são Rio Pandeiros (2.920,1 km² = 9,1%), Médio Rio Grande (1.165,6 km² = 11,95%), Rio Itabapoana (61 km² = 9,22%).

A ampla maioria das CHs possuem áreas protegidas abaixo dos 5% (38 CHs) e dez delas não possuem áreas cobertas por unidades de conservação de proteção integral. Considerando

todo o Estado de Minas Gerais, apenas 2,23% do território encontra-se definido como unidades de conservação de proteção integral.

Quadro 5.7 – Áreas do território das circunscrições hidrográficas (CH) protegidas por Unidades de Conservação Integral e RPPN maiores que 500 hectares (UC-PI) e UCs de Uso Sustentável (UC-US).

UEG	Código da CH	Circunscrição Hidrográfica	Área da CH (km ²)	Área de UC-PI (km ²)	Área de UC-US (km ²)	% de área protegida
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,20	602,36	2,35	4,27%
	SF2	Rio Pará	12.223,90	15,64	1,69	0,14%
	SF3	Rio Paraopeba	12.054,70	113,01	571,73	5,68%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,90	19,28	0,92	0,11%
	SF5	Rio das Velhas	27.871,40	974,93	4.193,59	18,54%
UEG2	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	24.820,20	478,80	1.146,47	6,55%
	SF7	Rio Paracatu	41.475,20	51,24	7,38	0,14%
	SF8	Rio Urucuia	25.039,60	220,70	84,48	1,22%
	SF9	Rio Pandeiros	32.094,90	2.920,09	9.022,92	37,21%
UEG3	SF10	Rio Verde Grande	26.407,70	1.231,45	92,56	5,01%
	GD1	Alto rio Grande	8.758,00	161,82	994,94	13,21%
	GD2	Rio das Mortes	10.557,00	37,12	13,73	0,48%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10	171,76	1.239,95	8,69%
	GD4	Rio Verde	6.881,60	207,56	717,85	13,45%
	GD5	Rio Sapucaí	8.823,00	16,46	1.520,47	17,42%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,20	0,14	11,74	0,19%
	GD7	Médio rio Grande	9.757,30	1.165,61	0,71	11,95%
UEG4	GD8	Baixo rio Grande	18.673,90		947,88	5,08%
	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,70		1.150,96	99,76%
	DO1	Rio Piranga	17.926,60	558,67	3.283,73	21,43%
	DO2	Rio Piracicaba	5.462,50	329,91	1.247,29	28,87%
	DO3	Rio Santo Antônio	10.980,50	383,65	3.141,89	32,11%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,60	60,21	3.285,63	15,52%
	DO5	Rio Caratinga	6.333,80	76,34	79,15	2,45%
UEG5	DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70	94,97	268,51	4,04%
	IP1	Rio Itapemirim	32,6			0,00%
	MU1	Rio Mucuri	14.582,60		3.185,66	21,85%
	SM1	Rio São Mateus	5.612,30		328,55	5,85%
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,90	1.518,15	546,36	10,34%
	JQ2	Rio Araçuaí	16.289,10	352,59	784,90	6,98%
	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75	609,67	201,29	2,75%
	PA1	Rio Pardo	12.746,90	173,45	381,77	4,36%
	BU1	Rio Buranhém	329,3			0,00%
	IN1	Rio Itanhém	1.517,70			0,00%
UEG6	IU1	Rio Itaúnas	128,4			0,00%
	JU1	Rio Jucuruçu	710,4			0,00%
	PE1	Rio Peruípe	83,3			0,00%
UEG7	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,50	19,61	11,41	0,14%
	PN2	Rio Araguari	21.491,40	159,64	41,19	0,93%
	PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,80	97,54	9,77	0,40%
UEG7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,60	122,64	388,75	7,11%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,50	77,66	1.280,49	10,04%
	IB1	Rio Itabapoana	661,8	60,99	145,75	31,24%
Total			586.709,05	13.083,65	40.334,44	10,07

Fonte: elaboração própria, baseada em dados do ICMBio, IEF e MMA.

Em se tratando de áreas protegidas por unidades de conservação em cada bioma, o Quadro 5.8 a seguir sintetiza as informações. O Bioma Caatinga é o que tem maior percentual de seu

território protegido por unidades de conservação de proteção integral (5,1%). Já em relação às unidades de conservação de uso sustentável, é o Bioma Mata Atlântica que possui maior cobertura por esse grupo de proteção (10,0%). Considerando o somatório de unidades de conservação dos grupos proteção integral e uso sustentável, Mata Atlântica tem 11,3% de seu território coberto, enquanto Caatinga tem 8,4% e Cerrado 7,5%.

Quadro 5.8 – Territórios dos Biomas Caatinga, Cerrado e Mata atlântica no Estado de Minas Gerais protegidos por unidades de conservação dos grupos Proteção Integral (e RPPN > 500 ha) e Uso sustentável.

Bioma	Área do bioma (km ²)	Área de UC-PI (km ²)	% UC-PI	Área de UC-US (km ²) *	% UC-US	Total UC (km ²)	% UC
Caatinga	32.618,92	1.677,60	5,1	1.075,57	3,3	2.753,17	8,4
Cerrado	317.314,85	8.418,09	2,6	15.619,76	4,9	24.037,85	7,5
Mata Atlântica	236.775,56	2.987,96	1,3	23.639,11	10,0	26.627,07	11,3

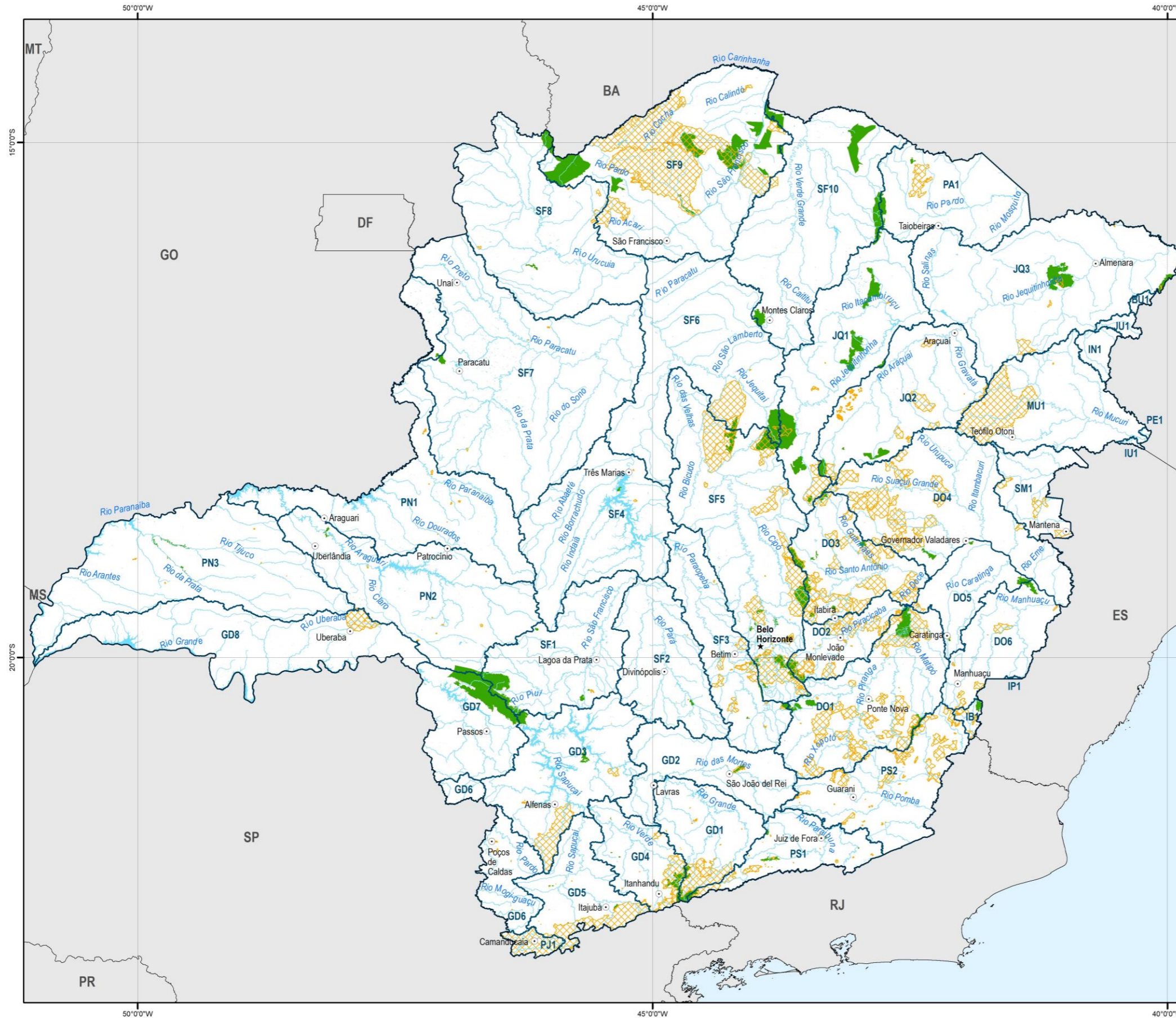
(*) Sem sobreposição

Fonte: elaboração própria.

É preciso evidenciar que há pequenas porções do território com sobreposição entre unidades de conservação do mesmo grupo. Já entre os grupos de Uso Sustentável e de Proteção Integral, as sobreposições são maiores, pois muitas UCs de proteção integral localizam-se dentro de UCs de uso sustentável. As UCs de proteção integral sobrepostas às UCs de uso sustentável sempre prevalecerão, considerando as normas e restrições. Assim, no Quadro 5.8 são apresentadas as áreas de cada bioma protegidas efetivamente por UCs de proteção integral e as áreas de UCs de uso sustentável (sem sobreposição), cuja penúltima coluna representa o total de área coberta por unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável nos territórios de cada bioma.

Por fim, cabe informar que as Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs) são abordadas em maior detalhe no capítulo 5.6.3, onde são destacadas áreas delimitadas que possuem maior relevância para a Segurança Hídrica, visto que a maioria das APEEs tem como parte dos atributos que motivaram sua criação a conservação de mananciais. Também se faz essa distinção pela não categorização das APEEs dentro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o que motiva diferenciação entre as categorias de UCs presentes no SNUC e as APEEs.

Mapa 5.18 – Unidades de conservação na área do PMSH.



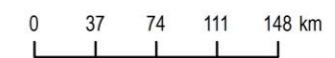
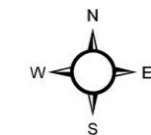
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- UC Uso sustentável
- UC Proteção integral

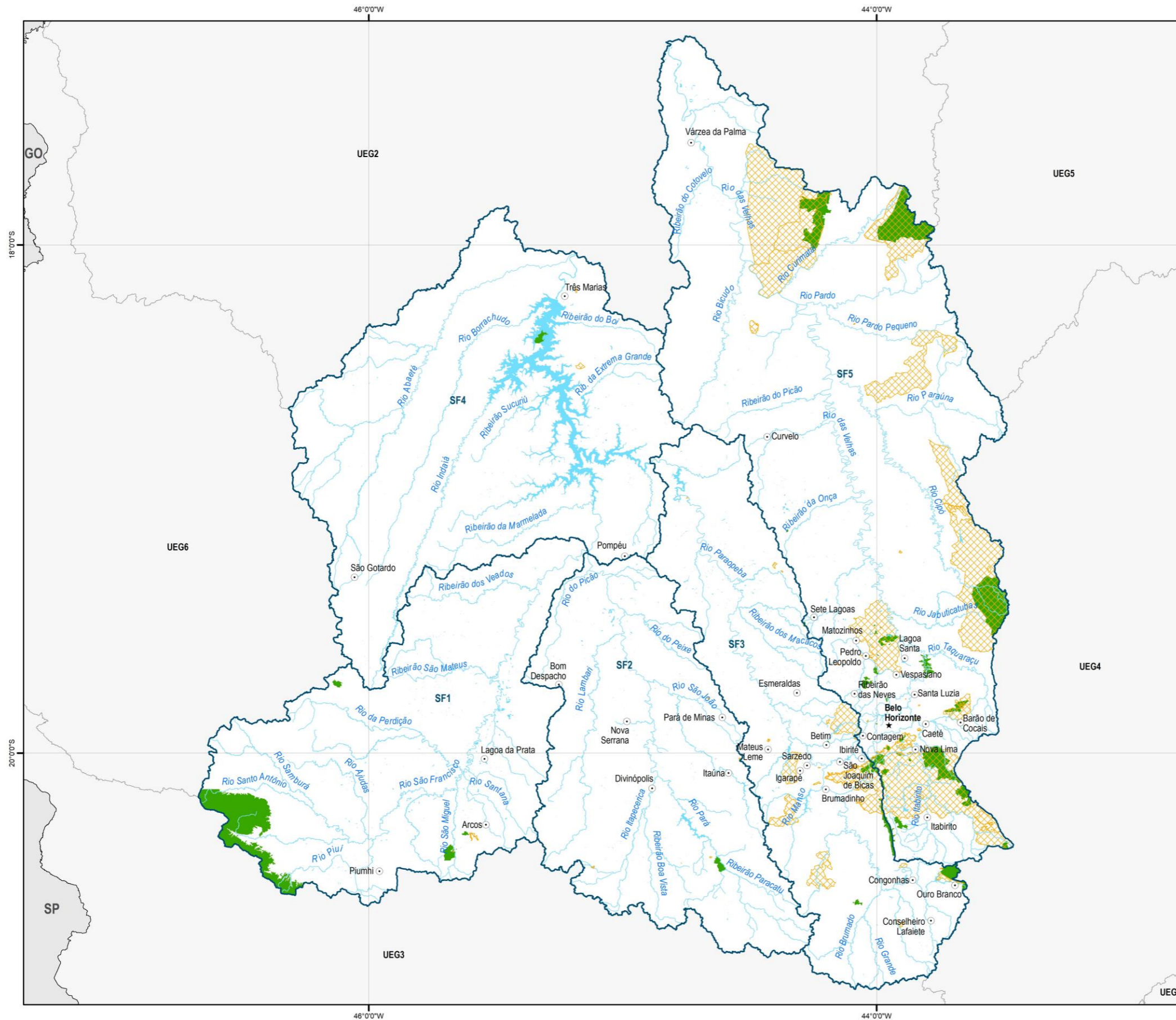
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.19 – Unidades de conservação na área da UEG1.



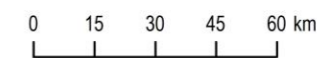
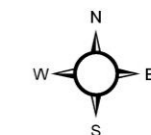
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- ▨ UC Uso sustentável
- UC Proteção integral

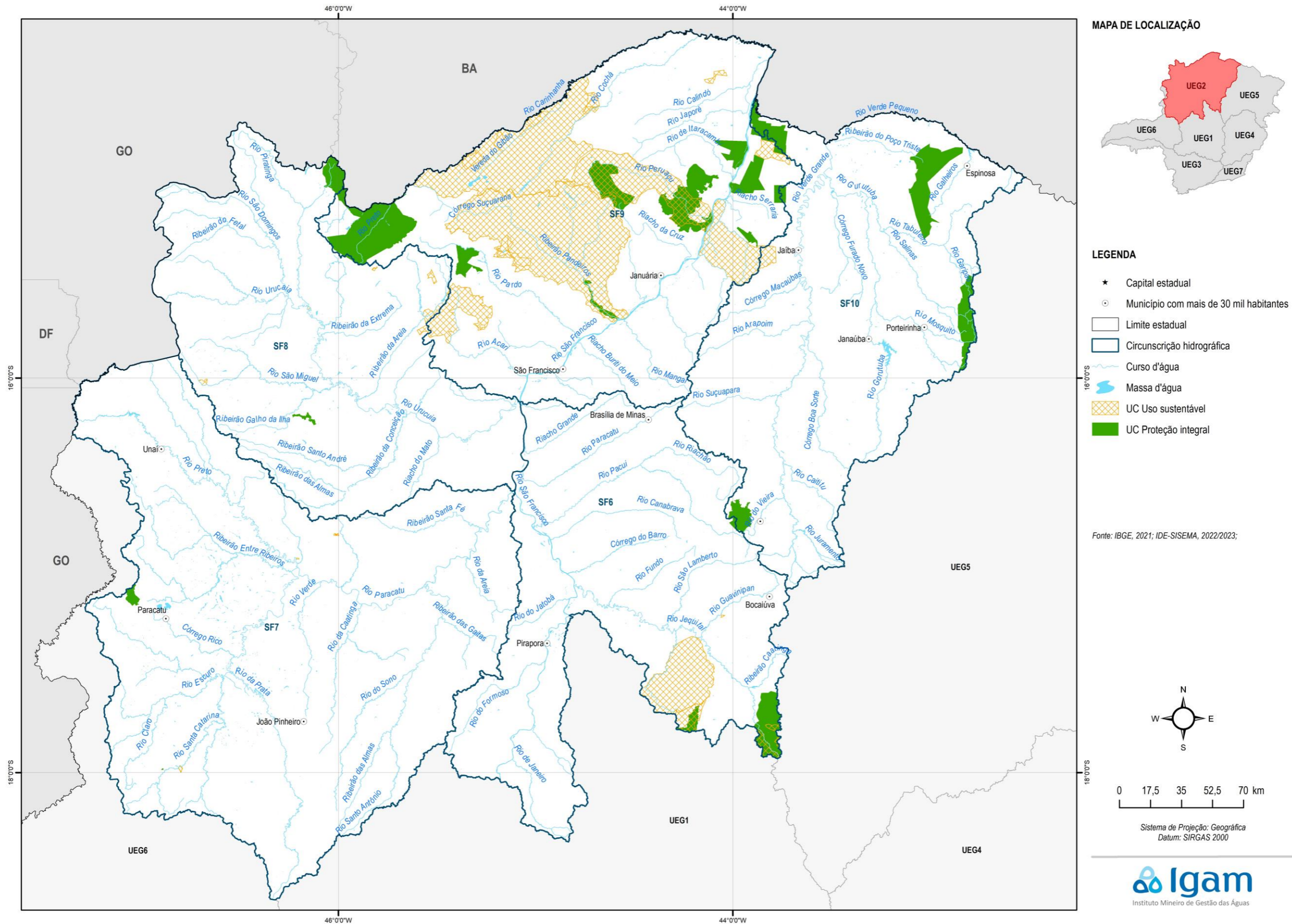
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023;



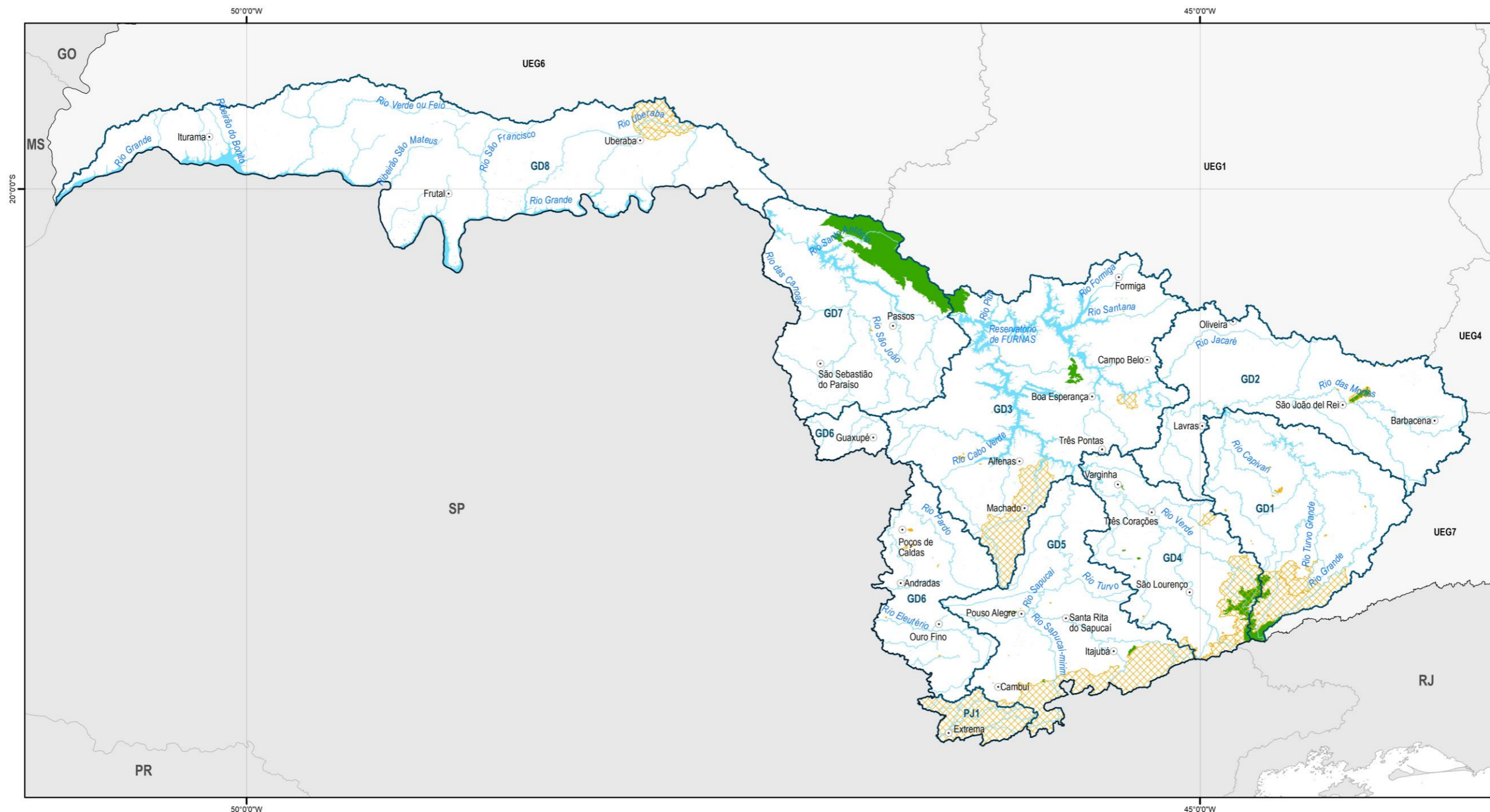
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.20 – Unidades de conservação na área da UEG2.



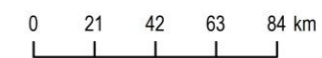
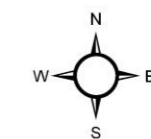
Mapa 5.21 – Unidades de conservação na área da UEG3.



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- UC Uso sustentável
- UC Proteção integral

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

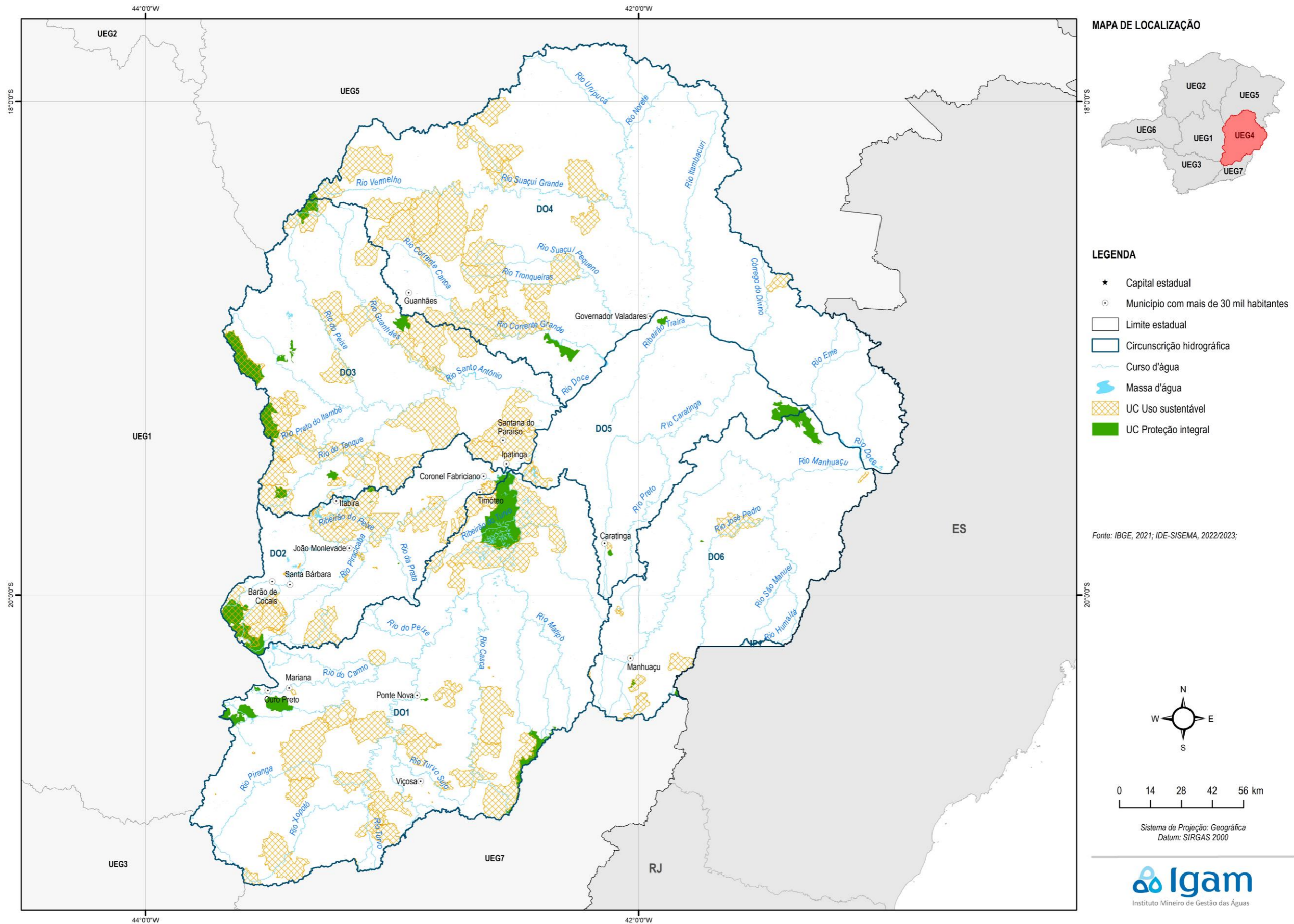


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

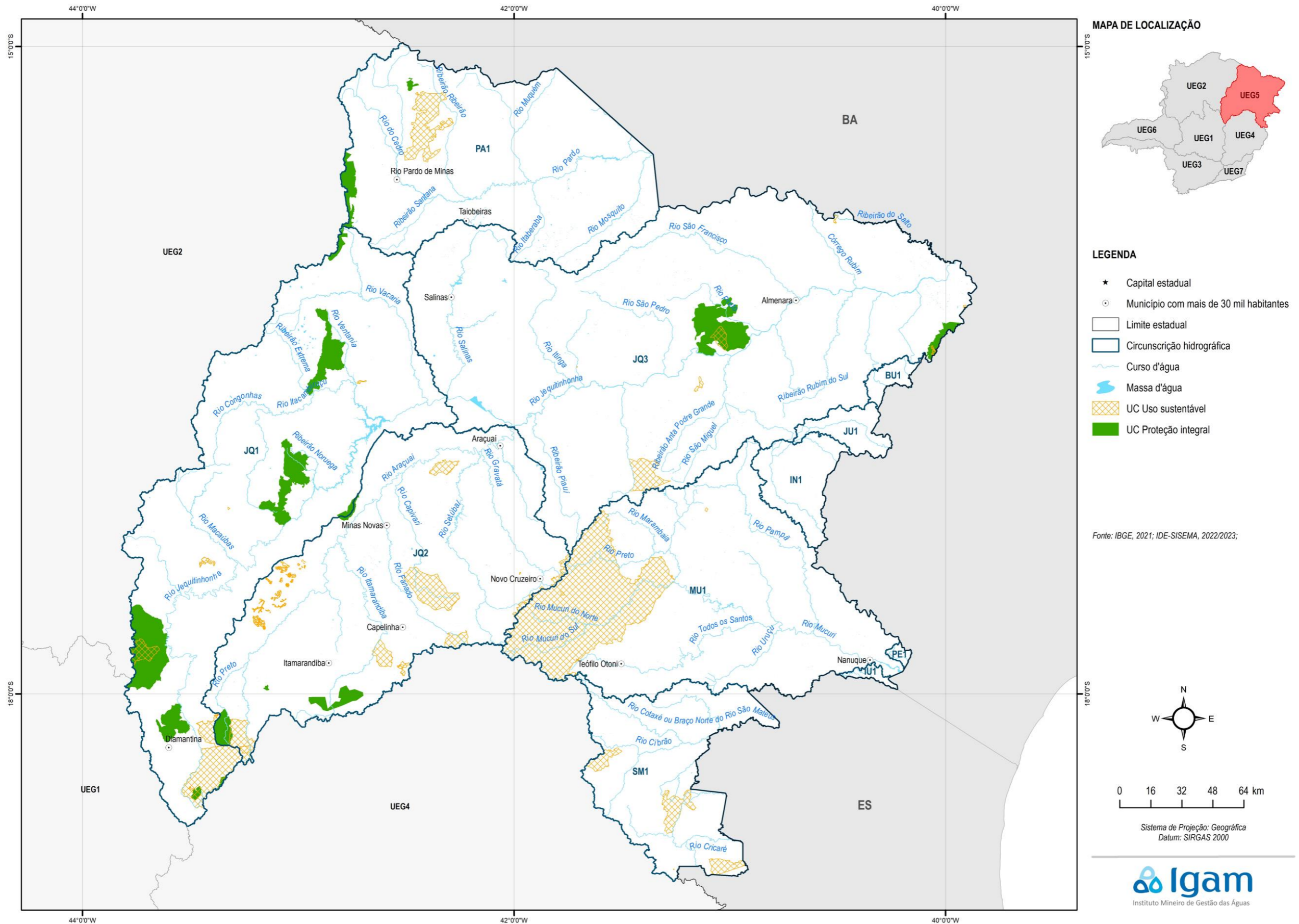
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023;



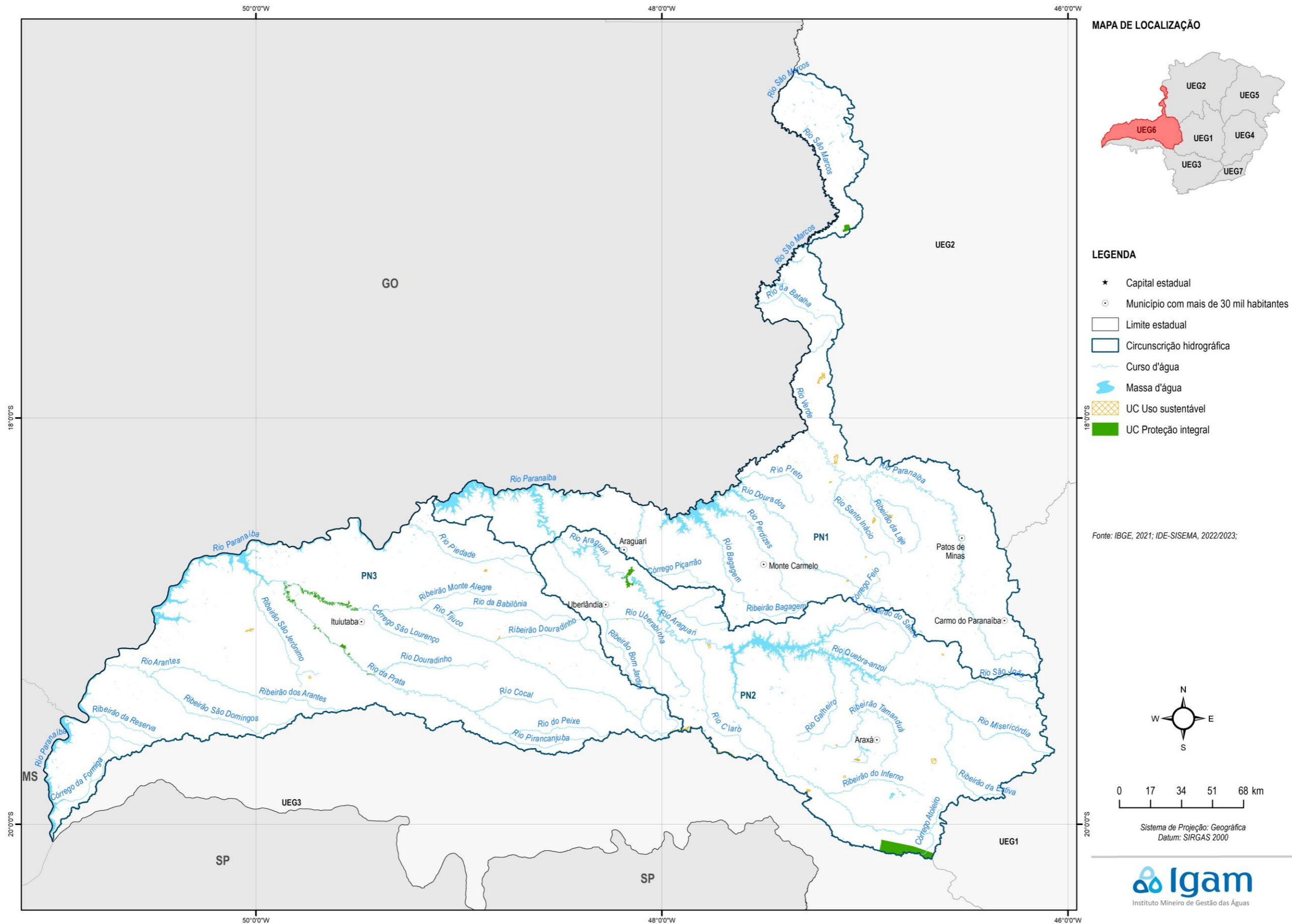
Mapa 5.22 – Unidades de conservação na área da UEG4.



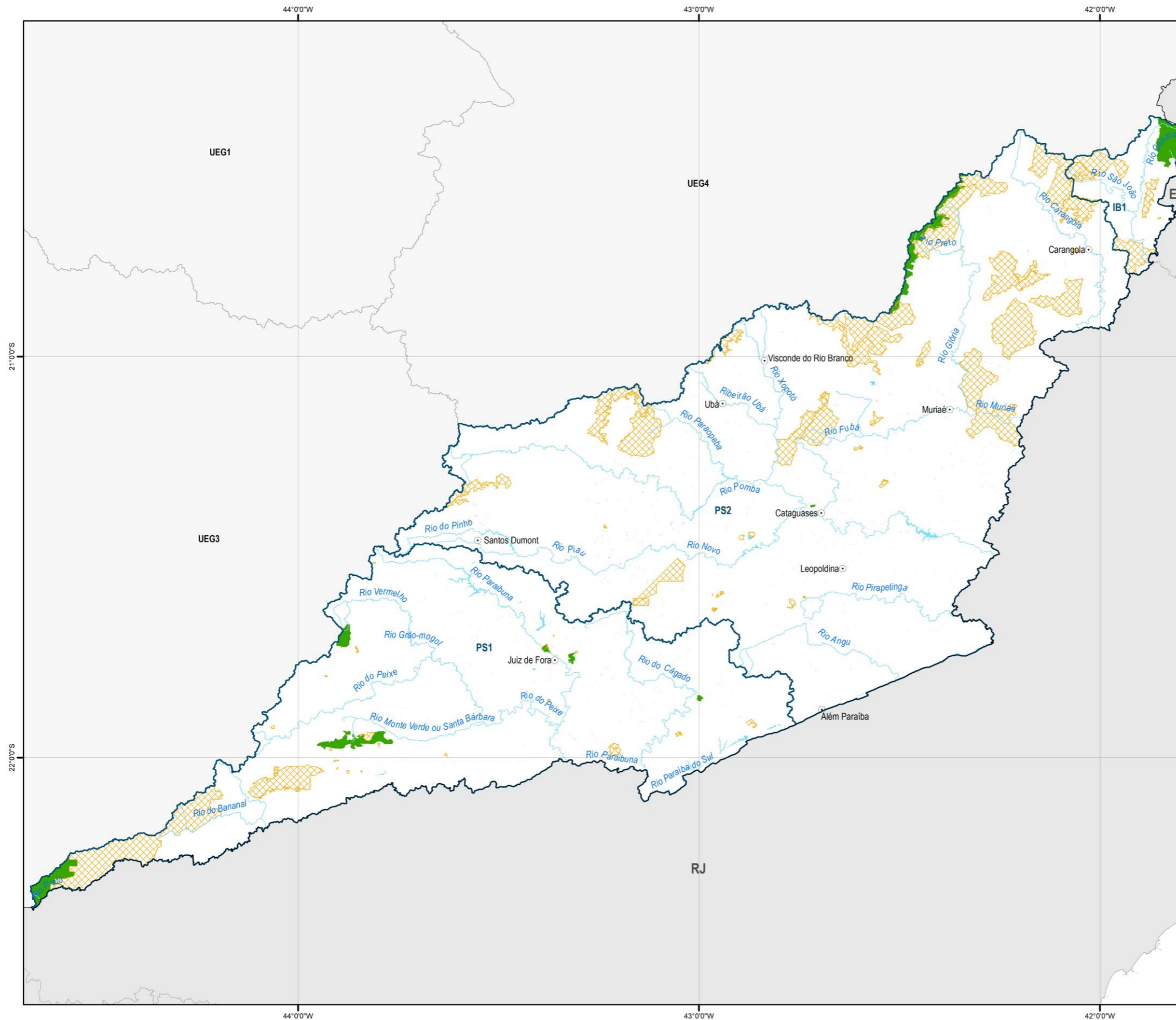
Mapa 5.23 – Unidades de conservação na área da UEG5.



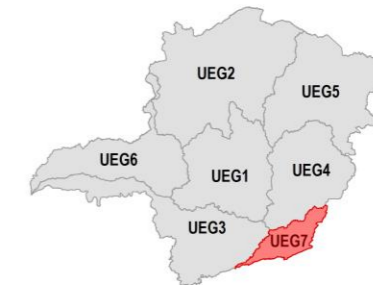
Mapa 5.24 – Unidades de conservação na área da UEG6.



Mapa 5.25 – Unidades de conservação na área da UEG7.



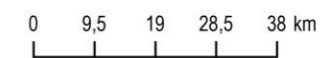
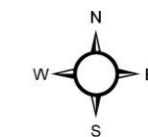
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município com mais de 30 mil habitantes
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- ▨ UC Uso sustentável
- UC Proteção integral

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



5.4 Áreas indicadas para a conservação da biodiversidade

Neste capítulo são analisadas as bases de dados que envolvem a indicação de áreas importantes para ações de conservação da biodiversidade e ecossistemas. As bases de dados utilizadas nessa análise foram:

- Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais (IEF, 2021a); e
- Programa Áreas Importantes para a Conservação das Aves (*Important Bird Area – IBA*), SAVE Brasil (2006).

5.4.1 Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais

O documento “Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais” (IEF, 2021a) contém o resultado de um esforço notável de mais de cem de pesquisadores, atuando de maneira integrada, envolvendo diversas instituições voltadas para o tema. O documento faz parte do Planejamento Sistemático da Conservação e da Restauração da Biodiversidade e dos Serviços Ambientais dos Biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica em Minas Gerais (PSCRMG).

Trata-se da atualização sistemática e periódica de áreas prioritárias para conservação no estado de Minas Gerais, nos mesmos moldes metodológicos (PSC) da iniciativa federal supracitada. O Projeto “Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais” combina informações sobre alvos de conservação, respectivos custos e a configuração da paisagem e seus resultados permitem uma visão integrada do território mineiro que contribui para fortalecer a capacidade de análise, de decisão e do desenho de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade.

Trata-se de um compêndio que analisou informações como alvos de conservação (atributos dos meios físico e biótico que devem ser conservados), incluindo grupos taxonômicos, habitats, feições da paisagem, ecossistemas e processos ecológicos de alta relevância; conflitos e oportunidades para conservação, tipologias e impactos de empreendimentos existentes; mananciais, unidades de conservação, comunidades tradicionais, sítios BAZE, sítios Geoambientais. É relevante informar que fazem parte do conjunto de dados considerados para a definição das áreas prioritárias as espécies-alvo aquáticas e aspectos relevantes para sua conservação, como conectividade hídrica, espécies de distribuição restrita e trechos de rios mais relevantes para a biodiversidade, contemplando o compartimento do ecossistema que possui forte aderência à segurança hídrica.

Apoiado por um robusto processamento de informações digitais e etapas de consolidação através de consultas públicas, o projeto permite uma visão integrada do território mineiro e contribui para fortalecer a capacidade de análise, de decisão e formulação de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade.

As informações utilizadas nesse diagnóstico foram advindas do mapa “Áreas Prioritárias Aprimoradas – versão pós consulta *online*” que, como o próprio nome diz, trata-se da versão consolidada após três etapas de análise computacional que envolveram o aperfeiçoamento

do mapeamento através de parâmetros analíticos e critérios recalibrados, envolvendo contribuições através de consulta pública *online*.

É relevante considerar que constam entre as bases utilizadas na composição do mapa consolidado (Áreas Prioritárias Aprimoradas – versão pós consulta online), alvos de Recursos hídricos:

- Regiões de contribuição para mananciais estratégicos - região de drenagem a montante dos pontos de captação superficial para abastecimento público que alimentam adensamentos urbanos com 200 mil habitantes ou mais;
- Áreas de alto potencial para recarga hídrica - feições do meio físico que desempenham papéis tanto na manutenção da biodiversidade, quanto na recarga hídrica, a saber, regiões de teto orográfico, acima de 900 m e acima de 1200 m de altitude, chapadões e tabuleiros e litologias com características propícias a maior potencial de contribuição para recarga hídrica; e
- Ecossistemas estratégicos para a conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros – peixes de distribuição restrita, peixes de riachos e peixes de calha de rios.

A análise global das áreas prioritárias definidas pelo IEF (2021) revelou que cerca de 29% (167.487 km²) da área de abrangência do PMSH foi apontado pelo IEF (2021) como áreas prioritárias para a conservação.

Analisando a cobertura de APCBs do IEF por CHs verifica-se que quatro delas possuem mais de 60% do território considerado prioritário para conservação:

- Rios Piracicaba e Jaguari (69,6%^{*2});
- Rio Pandeiros (66,1%);
- Alto rio Jequitinhonha (63,8%);
- Rio Itabapoana (61,0%^{*}).

Por outro lado, cinco Circunscrições Hidrográficas se destacam por apresentarem percentuais menores do que 10% de sua área incluídos em uma ou mais APCBs, a saber:

- Rio Itaúnas (0%^{*});
- Rio Peruípe (0%^{*});
- Rio Buranhém (1,5%^{*});
- Baixo rio Grande (3,9%);
- Rio São Mateus (8,1%).

As APCBs definidas pelo IEF, localizadas na área de abrangência do PMSH podem ser visualizadas no mapa apresentado a seguir.

² As circunscrições marcadas com asterisco (*) possuem áreas relativamente pequenas quando comparadas à maioria das CH e, por sua vez, os percentuais, especialmente os mais elevados, representam áreas absolutas também relativamente pequenas.

O Quadro 5.9 apresenta o quantitativo de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (IEF, 2021) para cada uma das circunscrições hidrográficas e o respectivo percentual de cobertura.

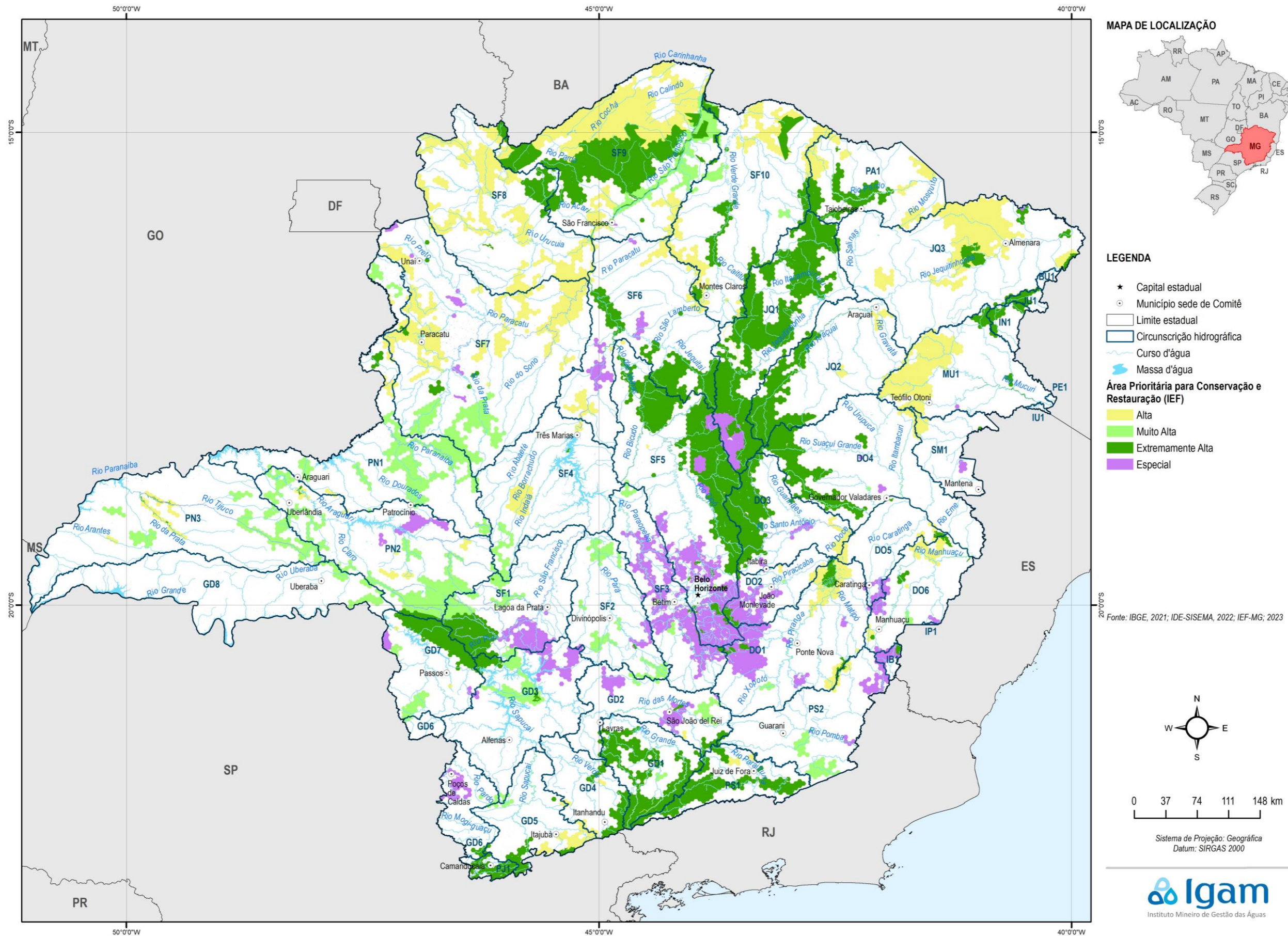
Quadro 5.9 – Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (IEF) em cada Circunscrição Hidrográfica na área do PMSH.

UEG	Códigos da CH	Circunscrição Hidrográfica	Área (km ²)	APCB-IEF (km ²)	%
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,20	5.190,02	36,7%
	SF2	Rio Pará	12.223,90	1.906,72	15,6%
	SF3	Rio Paraopeba	12.054,70	4.358,75	36,2%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,90	1.935,17	10,4%
	SF5	Rio das Velhas	27.871,40	13.381,42	48,0%
UEG2	SF6	Rios Jequitaiá e Pacuí	24.820,20	6.100,25	24,6%
	SF7	Rio Paracatu	41.475,20	10.945,04	26,4%
	SF8	Rio Uruçuia	25.039,60	8.306,22	33,2%
	SF9	Rio Pandeiros	32.094,90	21.207,39	66,1%
	SF10	Rio Verde Grande	26.407,70	6.480,00	24,5%
UEG3	GD1	Alto rio Grande	8.758,00	4.342,27	49,6%
	GD2	Rio das Mortes	10.557,00	2.035,54	19,3%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10	2.900,15	17,9%
	GD4	Rio Verde	6.881,60	1.023,81	14,9%
	GD5	Rio Sapucaí	8.823,00	1.683,28	19,1%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,20	743,18	11,7%
	GD7	Médio rio Grande	9.757,30	2.737,32	28,1%
	GD8	Baixo rio Grande	18.673,90	725,34	3,9%
UEG4	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,70	803,17	69,6%
	DO1	Rio Piranga	17.926,60	4.439,48	24,8%
	DO2	Rio Piracicaba	5.462,50	1.793,42	32,8%
	DO3	Rio Santo Antônio	10.980,50	4.370,40	39,8%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,60	3.818,30	17,7%
	DO5	Rio Caratinga	6.333,80	789,36	12,5%
	DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70	1.815,37	20,2%
UEG5	IP1	Rio Itapemirim	32,6	9,95	30,5%
	MU1	Rio Mucuri	14.582,60	4.516,86	31,0%
	SM1	Rio São Mateus	5.612,30	455,99	8,1%
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,90	12.731,40	63,8%
	JQ2	Rio Araçuaí	16.289,10	4.093,23	25,1%
	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75	6.540,88	22,2%
	PA1	Rio Pardo	12.746,90	4.139,27	32,5%
	BU1	Rio Buranhém	329,3	5,05	1,5%
	IN1	Rio Itanhém	1.517,70	472,32	31,1%
	IU1	Rio Itaúnas	128,4		0,0%
	JU1	Rio Jucuruçu	710,4	343,03	48,3%
UEG6	PE1	Rio Peruípe	83,3		0,0%
	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,50	5.641,70	25,4%
	PN2	Rio Araguari	21.491,40	6.154,44	28,6%
UEG7	PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,80	3.201,16	11,9%
	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,60	3.146,73	43,7%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,50	1.799,77	13,3%
	IB1	Rio Itabapoana	661,8	403,81	61,0%
Total			586.709,05	167.486,94	28,5%

Fonte: elaboração própria, baseada em dados do IEF (2021).

O Mapa 5.26 apresenta as APCBs definidas pelo IEF (2021).

Mapa 5.26 – Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais.



5.4.2 Áreas Importantes para a Conservação das Aves e Biodiversidade

O Programa Áreas Importantes para a Conservação das Aves, *Important Bird Area – IBA* (SAVE Brasil, 2006), visa identificar, monitorar e proteger uma rede de áreas críticas para as aves e a biodiversidade em geral. Faz parte da estratégia mundial da *BirdLife International* e cerca de 12.000 IBAs já foram identificadas até o momento em 200 países.

Atualmente as Nações Unidas reconhecem as IBAs como indicador-chave dentro dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio com a finalidade de Garantir a Sustentabilidade Ambiental.

Uma IBA ou Área Importante para Aves, é uma área designada por ser um importante habitat em nível mundial para a conservação de populações de aves. São identificadas por organizações nacionais de conservação. Ao serem assim designadas tornam-se alvos concretos para ações de conservação da natureza.

O mapeamento das IBAs existentes nos diversos biomas brasileiros é uma ferramenta prática que vem sendo utilizada por órgãos públicos, privados, comunidade científica e sociedade civil para subsidiar investimentos, projetos e campanhas de conservação. Essas informações têm contribuído para importantes avanços na proteção do patrimônio natural brasileiro, entre os quais estão a criação de unidades de conservação, a elaboração e implementação de planos de conservação e manejo de aves ameaçadas e a definição com o governo de áreas prioritárias para a biodiversidade. A IBA pode ser uma área protegida já existente ou potencial, com ou sem zonas de amortecimento, ou tratar-se de uma área que pode ser manejada para a conservação da natureza.

Na área de abrangência do PMSH foram identificadas 25 IBAS, apresentadas no Quadro 5.10. Na IBA MG15 (Serra da Canastra), são encontradas ave aquática considerada espécie ameaçada e uma ave de banhado considerada como espécie quase ameaçada. Essas espécies encontram-se em negrito no Quadro 5.10. No Mapa 5.27 é apresentado a localização da IBA MG15.

Quadro 5.10 – IBAs na área de abrangência do PMSH.

Código da IBA	Nome	Espécies ameaçadas e quase ameaçadas
ES/MG01	Parque Nacional do Caparaó	Espécies ameaçadas: duas (<i>Amazona vinacea</i> e <i>Procnias nudicollis</i>) Espécies quase ameaçadas: 19 (<i>Primolius maracanã</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Piculus aurulentus</i> , <i>Anabacerthia amaurotis</i> , <i>Dysithamnus stictothorax</i> , <i>Drymophila genei</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Psilorhamphus guttatus</i> , <i>Merulaxis ater</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Carpornis cucullata</i> , <i>Phyllomyias griseocapilla</i> , <i>Phylloscartes paulista</i> , <i>Phylloscartes difficilis</i> , <i>Embernagra longicauda</i> , <i>Orchesticus abeillei</i> e <i>Thraupis cyanoptera</i>)
MG/BA01	Bandeira / Macarani	Espécies ameaçadas: 10 (<i>Pyrrhura cruentata</i> , <i>Jacamaralcyon tridactyla</i> , <i>Synallaxis cinerea</i> , <i>Acrobatornis fonsecai</i> , <i>Tripophaga macroura</i> , <i>Disythamnus plumbeus</i> , <i>Myrmotherula urosticta</i> , <i>Merulaxis stresemanni</i> , <i>Carpornis melanocephala</i> e <i>Cotinga maculata</i>) Espécies quase ameaçadas: três (<i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Iodopleura pipra</i> e <i>Lipaugus lanioides</i>)
MG/BA02	Alto Cariri	Espécies ameaçadas: duas (<i>Amazona rhodocorytha</i> e <i>Carpornis melanocephala</i>) Espécies quase ameaçadas: três (<i>Tinamus solitarius</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> e <i>Orchesticus abeillei</i>)
MG/RJ01	Laranjal / Miracema	Espécies ameaçadas: três (<i>Amazona vinacea</i> , <i>Jacamaralcyon tridactyla</i> e <i>Dysithamnus plumbeus</i>)

Código da IBA	Nome	Espécies ameaçadas e quase ameaçadas
MG01	Mocambinho	Espécie ameaçada: <i>Penelope jacucaca</i> Espécies quase ameaçadas: sete (<i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Primolius maracaná</i> , <i>Nyctiprogne vielliardi</i> , <i>Gyalophylax hellmayri</i> , <i>Herpsilochmus sellowi</i> e <i>Arremon franciscanus</i>)
MG02	Vale do Peruçu	Espécies ameaçadas: duas (<i>Xiphocolaptes falcirostris</i> e <i>Phylloscartes roquettei</i>) Espécies quase ameaçadas: seis (<i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Herpsilochmus sellowi</i> , <i>Hylopezus ochroleucus</i> , <i>Knipolegus franciscanus</i> e <i>Arremon franciscanus</i>)
MG03	Januária	Espécies ameaçadas: duas (<i>Xiphocolaptes falcirostris</i> e <i>Phylloscartes roquettei</i>) Espécies quase ameaçadas: quatro (<i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Nyctiprogne vielliardi</i> , <i>Hylopezus ochroleucus</i> e <i>Knipolegus franciscanus</i>)
MG04	Fazenda Santana	Espécies ameaçadas: cinco (<i>Pyrrhura cruentata</i> , <i>Amazona rhodocorytha</i> , <i>Rhopornis ardesiacus</i> , <i>Myrmeciza ruficauda</i> e <i>Neopelma aurifrons</i>) Espécies quase ameaçadas: três (<i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Primolius maracana</i> e <i>Aratinga auricapillus</i>)
MG05	Reserva Biológica da Mata Escura	Espécie ameaçada: <i>Synallaxis cinerea</i> Espécies quase ameaçadas: quatro (<i>Leucopternis polionotus</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Herpsilochmus sellowi</i> e <i>Lipaugus lanioides</i>)
MG06	Chapada do Catuni	Espécie ameaçada: <i>Poospiza cinerea</i> Espécies quase ameaçadas: seis (<i>Polystictus superciliaris</i> , <i>Euscarthmus rufomarginatus</i> , <i>Arremon franciscanus</i> , <i>Embernagra longicauda</i> , <i>Passerina caerulescens</i> e <i>Charitospiza eucosma</i>)
MG07	Botumirim	Espécie ameaçada: <i>Asthenes luizae</i> Espécies quase ameaçadas: três (<i>Augastes scutatus</i> , <i>Formicivora iheringi</i> e <i>Embernagra longicauda</i>)
MG08	Baixo Rio das Velhas	Espécies ameaçadas: duas (<i>Phylloscartes roquettei</i> e <i>Curaeus forbesi</i>) Espécies quase ameaçadas: duas (<i>Nyctiprogne vielliardi</i> e <i>Phylloscartes eximius</i>)
MG09	Parque Estadual do Rio Preto	Espécies ameaçadas: três (<i>Asthenes luizae</i> , <i>Coryphas piza melanotis</i> e <i>Poospiza cinerea</i>) Espécie quase ameaçada: <i>Aratinga auricapillus</i>
MG10	Parque Estadual do Pico da Itambé	Espécie ameaçada: <i>Asthenes luizae</i> Espécies quase ameaçadas: três (<i>Augastes scutatus</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> e <i>Embernagra longicauda</i>)
MG11	Serra do Cipó	Espécies ameaçadas: quatro (<i>Nothura minor</i> , <i>Harpyhaliaetus coronatus</i> , <i>Asthenes luizae</i> e <i>Poospiza cinerea</i>) Espécies quase ameaçadas: sete (<i>Augastes scutatus</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> , <i>Charitospiza eucosma</i> , <i>Passerina caerulescens</i> , <i>Embernagra longicauda</i> e <i>Neothraupis fasciata</i>)
MG12	Parque Estadual do Rio Doce	Espécies ameaçadas: 10 (<i>Leucopternis lacernulatus</i> , <i>Crax blumenbachii</i> , <i>Pipile jacutinga</i> , <i>Pyrrhura cruentata</i> , <i>Amazona rhodocorytha</i> , <i>Amazona vinacea</i> , <i>Jacamaralcyon tridactyla</i> , <i>Dysithamnus plumbeus</i> , <i>Neopelma aurifrons</i> e <i>Curaeus forbesi</i>) Espécies quase ameaçadas: sete (<i>Tinamus solitarius</i> , <i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Primolius maracana</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Tricharia malachitacea</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> e <i>Oryzoborus maximiliani</i>)
MG13	Caratinga	Espécies ameaçadas: quatro (<i>Pyrrhura cruentata</i> , <i>Amazona vinacea</i> , <i>Jacamaralcyon tridactyla</i> e <i>Dysithamnus plumbeus</i>) Espécies quase ameaçadas: seis (<i>Tinamus solitarius</i> , <i>Crypturellus noctivagus</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Bailloni bailloni</i> , <i>Laniisoma elegans</i> e <i>Lipaugus lanioides</i>)
MG14	Serra do Caraça	Espécie ameaçada: <i>Harpyhaliaetus coronatus</i> Espécies quase ameaçadas: 11 (<i>Leucopternis polionotus</i> , <i>Primolius maracana</i> , <i>Augastes scutatus</i> , <i>Picus aurulentus</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Scytalopus indigoticus</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Laniisoma elegans</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> e <i>Embernagra longicauda</i>)

Código da IBA	Nome	Espécies ameaçadas e quase ameaçadas
MG15	Serra da Canastra	Espécies ameaçadas: oito (<i>Nothura minor</i> , <i>Taoniscus nanus</i> , <i>Mergus octosetaceus</i> , <i>Harpyhaliaetus coronatus</i> , <i>Alectrurus tricolor</i> , <i>Culicivora caudacuta</i> , <i>Anthus nattereri</i> e <i>Coryphaspiza melanotis</i>) Espécies quase ameaçadas: 12 (<i>Rhea americana</i> , <i>Primolius maracana</i> , <i>Aratinga auricapillus</i> , <i>Eleothreptus anomalus</i> , <i>Geobates poecilopterus</i> , <i>Scytalopus novacapitalis</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> , <i>Phylloscartes eximius</i> , <i>Sporophila melanogaster</i> , <i>Sporophila hypochroma</i> , <i>Passerina caeruleascens</i> e <i>Neothraupis fasciata</i>)
MG16	Ouro Preto / Mariana	Espécie ameaçada: <i>Harpyhaliaetus coronatus</i> Espécies quase ameaçadas: sete (<i>Augastes scutatus</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> , <i>Embernagra longicauda</i> e <i>Amaurospiza moesta</i>)
MG17	Parque Estadual da Serra do Brigadeiro	Espécies ameaçadas: cinco (<i>Amazona vinacea</i> , <i>Jacamaralcyon tridactyla</i> , <i>Procnias nudicollis</i> , <i>Sporophila frontalis</i> e <i>Poospiza cinérea</i>) Espécies quase ameaçadas: 12 (<i>Primolius maracana</i> , <i>Strix hylophila</i> , <i>Bailloni bailloni</i> , <i>Piculus aurulentus</i> , <i>Drymophila genei</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Psilorhamphus guttatus</i> , <i>Scytalopus indigoticus</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Carpornis cucullata</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> e <i>Phylloscartes eximius</i>)
MG18	Parque Estadual da Serra do Papagaio	Espécies ameaçadas: três (<i>Leucopternis lacernulatus</i> , <i>Amazona vinacea</i> e <i>Piprites pileata</i>) Espécies quase ameaçadas: três (<i>Leptasthenura setaria</i> , <i>Drymophila genei</i> e <i>Polystictus superciliaris</i>)
RJ/MG01	Parque Nacional de Itatiaia	Espécies ameaçadas: oito (<i>Claravis godefrida</i> , <i>Touit melanonotus</i> , <i>Biatas nigropectus</i> , <i>Piprites pileata</i> , <i>Onychorhynchus swainsoni</i> , <i>Hemitriccus furcatus</i> , <i>Sporophila falcirostris</i> e <i>Sporophila frontalis</i>) Espécies quase ameaçadas: 28 (<i>Tinamus solitarius</i> , <i>Leucopternis polionotus</i> , <i>Harpia harpyja</i> , <i>Primolius maracana</i> , <i>Strix hylophila</i> , <i>Bailloni bailloni</i> , <i>Piculus aurulentus</i> , <i>Anabacerthia amaurotis</i> , <i>Leptasthenura setaria</i> , <i>Dysithamnus stictothorax</i> , <i>Drymophila genei</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Merulaxis ater</i> , <i>Scytalopus indigoticus</i> , <i>Laniisoma elegans</i> , <i>Lipaugus lanioides</i> , <i>Iodopleura pipra</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Contopus cooperi</i> , <i>Phyllomyias griseocapilla</i> , <i>Polystictus superciliaris</i> , <i>Phylloscartes difficilis</i> , <i>Phylloscartes eximius</i> , <i>Amaurospiza moesta</i> , <i>Orchesticus abeillei</i> , <i>Thraupis cyanopectera</i> e <i>Dacnis nigripes</i>)
SP/MG01	Serra da Mantiqueira	Espécies ameaçadas: duas (<i>Amazona vinacea</i> e <i>Piprites pileata</i>) Espécies quase ameaçadas: nove (<i>Strix hylophila</i> , <i>Piculus aurulentus</i> , <i>Anabacerthia amaurotis</i> , <i>Leptasthenura setaria</i> , <i>Drymophila genei</i> , <i>Phibalura flavirostris</i> , <i>Tijuca atra</i> , <i>Phylloscartes difficilis</i> e <i>Phyllomyias griseocapilla</i>)
SP/MG02	São Fransico Xavier / Monte Verde	Espécies ameaçadas: três (<i>Touit melanonotus</i> , <i>Amazona vinacea</i> e <i>Biatas nigropectus</i>) Espécies quase ameaçadas: oito (<i>Triclaria malachitacea</i> , <i>Strix hylophila</i> , <i>Leptasthenura setaria</i> , <i>Drymophila ochropyga</i> , <i>Scytalopus indigoticus</i> , <i>Phylloscartes oustaleti</i> , <i>Phylloscartes difficilis</i> e <i>Orchesticus abeillei</i>)

Fonte: SAVE Brasil (2006).

Mapa 5.27 – IBAs na área do PMSH.



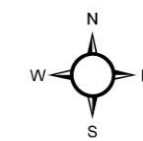
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital
- Município sede de
- Limite
- Circunscrição
- Curso d'água
- Massa d'água
- Áreas Importantes para a Conservação das Aves e Biodiversidade (IBAs)

Fonte: SAVE-BRASIL, 2019; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



O Quadro 5.11 apresenta os quantitativos e os percentuais de áreas ocupadas por IBAs nas Circunscrições Hidrográficas. Na análise desse se observa que 1,43% da área de Minas Gerais encontra-se definida como Área Importante para a Conservação de Aves (IBAs). As circunscrições que se destacam por apresentarem maiores áreas de IBAs são Médio Rio Grande (1.159,50 km² = 11,88%), Rio Piranga (1.076,13 km² = 6%) e Rio Pandeiros (1.045,59 km² = 3,26%). Dezenove CHs não possuem áreas de IBAs em seus territórios.

Quadro 5.11 – Circunscrições hidrográficas, áreas e percentuais de Áreas Importantes para a Conservação das Aves (Important Bird Area – IBA).

UEG	Códigos da CH	Circunscrição Hidrográfica (CH)	Área (km ²)	Área de IBAs (km ²)	%
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,20	571,25	4,04%
	SF2	Rio Pará	12.223,90	-	
	SF3	Rio Paraopeba	12.054,70	-	
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,90	-	
	SF5	Rio das Velhas	27.871,40	807,01	2,90%
UEG2	SF6	Rios Jequitaiá e Pacuí	24.820,20	1,27	0,01%
	SF7	Rio Paracatu	41.475,20	-	
	SF8	Rio Urucuia	25.039,60	-	
	SF9	Rio Pandeiros	32.094,90	1.045,59	3,26%
	SF10	Rio Verde Grande	26.407,70	40,94	0,16%
UEG3	GD1	Alto rio Grande	8.758,00	152,82	1,74%
	GD2	Rio das Mortes	10.557,00	-	
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10	-	
	GD4	Rio Verde	6.881,60	113,52	1,65%
	GD5	Rio Sapucaí	8.823,00	294,69	3,34%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,20	780,19	12,27%
	GD7	Médio rio Grande	9.757,30	1.159,50	11,88%
	GD8	Baixo rio Grande	18.673,90	-	
	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,70	131,40	11,39%
UEG4	DO1	Rio Piranga	17.926,60	1.076,13	6,00%
	DO2	Rio Piracicaba	5.462,50	439,37	8,04%
	DO3	Rio Santo Antônio	10.980,50	265,26	2,42%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,60	13,17	0,06%
	DO5	Rio Caratinga	6.333,80	-	
	DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70	17,89	0,20%
	IP1	Rio Itapemirim	32,6	-	
UEG5	MU1	Rio Mucuri	14.582,60	-	
	SM1	Rio São Mateus	5.612,30	-	
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,90	320,32	1,60%
	JQ2	Rio Araçuaí	16.289,10	95,53	0,59%
	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75	704,12	2,39%
	PA1	Rio Pardo	12.746,90	-	
	BU1	Rio Buranhém	329,3	0,23	0,07%
	IN1	Rio Itanhém	1.517,70	-	
	IU1	Rio Itaúnas	128,4	-	
	JU1	Rio Jucuruçu	710,4	-	
	PE1	Rio Peruípe	83,3	-	
UEG6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,50	-	
	PN2	Rio Araguari	21.491,40	133,83	0,62%
	PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,80	-	
UEG7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,60	50,60	0,70%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,50	135,51	1,00%
	IB1	Rio Itabapoana	661,8	60,24	9,10%
Total			586.709,05	8.410,38	1,43%

Fonte: elaboração própria, baseada em dados do SAVE Brasil (2006).

5.5 Ampliação da rede de áreas protegidas

Apresentadas as áreas protegidas criadas e as áreas indicadas para a conservação da biodiversidade resta a indicação das Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas em Minas Gerais, esse tema foi desenvolvido no âmbito do estudo Áreas prioritárias: estratégias para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de Minas Gerais (IEF, 2021a). O mapeamento resulta da identificação de áreas críticas à ampliação do sistema de área protegidas atual atendendo aos seguintes critérios:

- Presença de sítios Baze
- Presença de espécies-alvo de peixes de distribuição restrita (espécies anuais)
- Insubstituibilidade de 100% e entre 90% e 100%
- Estudos de criação de UC em andamento pelo IEF
- Rios de Preservação Permanente e pelo menos 50% de vegetação natural
- Cavernas reconhecidas como prioritárias em grau máximo pelo mapeamento do (ICMBIO, 2018b *apud* IEF, 2021a)
- Trechos de rios prioritários (e suas faixas ripárias de 200 m) bem conservados que contenham espécies, habitats ou processos ecológicos aquáticos raros ou de excepcional importância

Esses critérios foram aplicados em dois *rankings* gerando dois índices: “de Oportunidade, em que quanto mais alta a relevância ecológica e mais baixos os custos ou conflitos para a conservação” (IEF, 2021a); e “de Vulnerabilidade, em que quanto mais alta a relevância ecológica e mais severas as pressões ambientais” (IEF, 2021a). Ambos os índices apresentam valores mais altos para as áreas de maior relevância e em que há maiores oportunidades – mais baixos os custos ou conflitos para a conservação – e maior vulnerabilidade – mais severas as pressões ambientais –.

O Quadro 5.12 apresenta as áreas por classe e totais do índice de oportunidade e vulnerabilidade para cada uma das CHs e bacias, destacando em tons de verde os maiores valores, em que quanto mais saturado é o tom de verde, maior é o valor apresentado. Neste é possível notar que em comparação com as áreas totais das CHs, as áreas prioritárias ocupam parcelas pequenas do território, de forma que para a representação em unidades que facilitem a leitura, as áreas totais das CHs e bacias são apresentadas em km² e as áreas das áreas prioritárias em m². A seguir são destacados os maiores valores de áreas ocupadas totais e nas classes para cada UEG.

Na UEG1, destaca-se as áreas presentes na SF5, que totalizam 5.701,4 m², sendo 2.373,04 m² desses de classe 1 para o índice de oportunidade e 3.304,15 m² de classe 3 para o índice de vulnerabilidade. As demais CHs dessa UEG possuem valores menores que 1.200 m² ocupados por áreas prioritárias. Na UEG2 merecem destaque as CHs SF7, em que 2.690,16 m² são ocupados por áreas prioritárias, sendo desses 1.496,44 m² ocupados por áreas de classe 2 para o índice de oportunidade e 1.503,99 m² de classe 3 para o índice de vulnerabilidade; e SF9, em que 4.934,29 m² são ocupados por áreas prioritárias, sendo desses 1.974,34 m² ocupados por áreas de classe 3 para o índice de oportunidade e 2061,47 m² de classe 1 para o índice de vulnerabilidade. As demais CHs da UEG2 e todas as CHs da UEG3 apresentam áreas totais ocupadas por áreas prioritárias menores que 2.000 m². Na UEG4 se

destaca a CH DO3, que possui 2.700,42 m² de áreas prioritárias, sendo 998,65 m² são de classe 4 para o índice de oportunidade e 1.216,23 m² de classe 3 para o índice de vulnerabilidade. A CH JQ1 na UEG4 possui o maior quantitativo de área prioritária dentre todas as CHs, com um total de 9.487,89 m², sendo desses 5.038,49 m² de classe 4 para o índice de oportunidade e 5.502,02 m² para o índice de vulnerabilidade. Na UEG6, o destaque fica por conta da CH PN2, na qual 3.109,63 m² são ocupados por áreas prioritárias, em que 1.406,64 m² são de classe 4 para o índice de oportunidade e 1.153,17 são de classe 1 para o índice de vulnerabilidade.

O maior quantitativo de áreas classificadas como de classe 4 (mais alto) para o índice de oportunidade está localizado na CH JQ1 com uma área de 5.038,49 m², enquanto o maior quantitativo de áreas classificadas como de classe 4 (mais alto) para o índice de vulnerabilidade está localizado na CH SF5, somando 1.256,68 m².

A Figura 5.1 apresenta as áreas prioritárias classificadas em função do índice de oportunidade e a Figura 5.2 apresenta as áreas prioritárias classificadas em função do índice de vulnerabilidade.

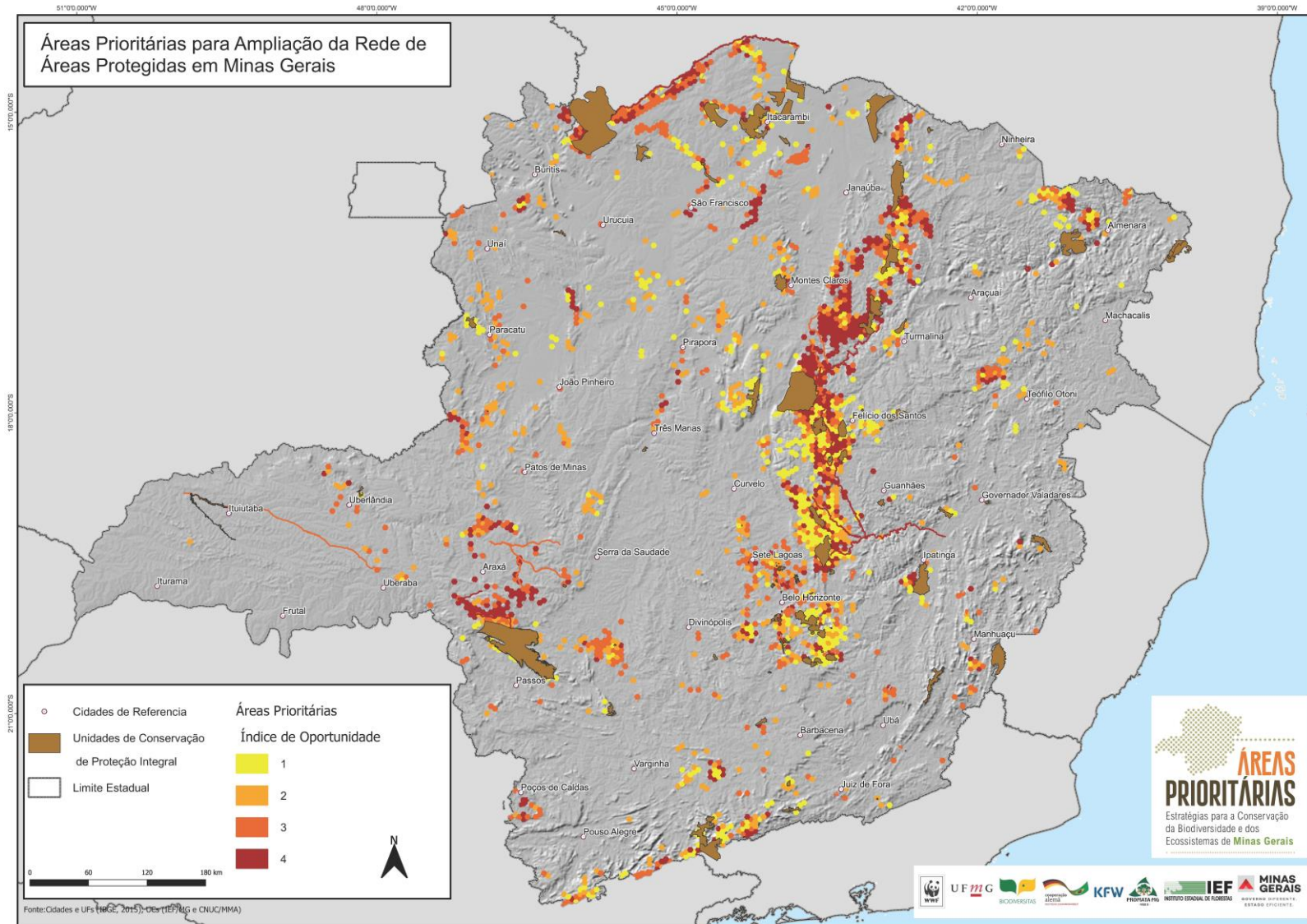
Quadro 5.12 – Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas por CH.

UEG	Códigos das CHs/Bacias	Área (km ²)	Índice de Oportunidade (área em m ²)					Índice de Vulnerabilidade (área em m ²)				
			1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
UEG1	SF1	14.156,20	89,13	393,40	546,51	136,10	1.165,14	122,89	53,22	312,58	676,46	1.165,14
	SF2	12.223,90	-	44,20	81,36	-	125,57	-	-	22,13	103,44	125,57
	SF3	12.054,70	129,11	485,04	461,75	121,16	1.197,06	34,34	98,96	441,82	621,95	1.197,06
	SF4	18.600,90	66,69	311,45	78,85	-	457,00	-	-	369,10	87,90	457,00
	SF5	27.871,40	2.373,04	1.394,44	1.134,71	799,22	5.701,40	769,93	370,65	3.304,15	1.256,68	5.701,40
UEG2	SF6	24.820,20	405,51	625,91	219,86	158,90	1.410,19	117,76	66,97	939,32	286,14	1.410,19
	SF7	41.475,20	545,36	1.496,44	490,21	158,15	2.690,16	156,44	1,71	1.503,99	1.028,03	2.690,16
	SF8	25.039,60	151,62	293,29	174,31	240,26	859,49	286,79	45,27	441,06	86,37	859,49
	SF9	32.094,90	1.044,34	717,35	1.974,34	1.198,26	4.934,29	2.061,47	870,43	1.662,35	340,04	4.934,29
	SF10	26.407,70	230,22	640,63	513,44	362,66	1.746,94	334,78	108,92	638,14	665,10	1.746,94
UEG3	GD1	8.758,00	391,61	389,10	141,11	206,87	1.128,69	228,79	70,27	702,27	127,36	1.128,69
	GD2	10.557,00	8,64	123,38	129,71	9,44	271,17	-	9,44	44,18	217,55	271,17
	GD3	16.246,10	73,16	49,87	144,57	4,98	272,58	-	4,98	76,55	191,05	272,58
	GD4	6.881,60	140,47	83,15	-	44,55	268,17	44,55	-	159,69	63,93	268,17
	GD5	8.823,00	92,08	158,88	147,61	64,50	463,07	97,53	1,53	187,58	176,43	463,07
	GD6	6.360,20	-	57,89	182,52	105,15	345,56	-	21,84	120,15	203,57	345,56
	GD7	9.757,30	118,73	60,79	110,47	-	289,99	-	-	160,75	129,24	289,99
	GD8	18.673,90	22,09	35,76	33,18	22,17	113,20	22,17	-	68,88	22,14	113,20
PJ1	1.153,70	82,39	67,13	87,74	20,00	257,26	26,61	124,49	106,16	-	257,26	
UEG4	DO1	17.926,60	472,22	183,30	263,70	150,84	1.070,05	137,07	29,14	562,59	341,25	1.070,05
	DO2	5.462,50	341,96	273,21	110,94	95,86	821,98	59,77	77,24	508,67	176,30	821,98
	DO3	10.980,50	696,60	676,39	328,79	998,65	2.700,42	924,45	156,39	1.216,23	403,36	2.700,42
	DO4	21.560,60	222,15	171,66	49,67	32,79	476,27	34,34	14,32	360,81	66,81	476,27
	DO5	6.333,80	-	11,27	26,14	29,22	66,63	7,59	21,63	6,76	30,65	66,63
	DO6	8.987,70	73,34	151,07	63,44	36,64	324,49	14,64	22,01	175,58	112,27	324,49
	IP1	32,6	-	-	0,15	-	0,15	-	-	-	0,15	0,15

UEG	Códigos das CHs/Bacias	Área (km²)	Índice de Oportunidade (área em m²)					Índice de Vulnerabilidade (área em m²)				
			1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
UEG5	MU1	14.582,60	184,06	444,13	255,47	117,00	1.000,67	177,39	156,47	532,59	134,22	1.000,67
	SM1	5.612,30	44,43	82,74	-	-	127,17	-	-	44,43	82,74	127,17
	JQ1	19.967,90	1.446,24	817,07	2.186,10	5.038,49	9.487,89	5.502,02	1.406,14	2.184,11	395,62	9.487,89
	JQ2	16.289,10	432,77	240,92	133,17	75,25	882,12	67,78	67,17	662,54	84,62	882,12
	JQ3	16.289,10	556,90	365,44	356,29	444,69	1.723,31	464,11	442,84	719,07	97,29	1.723,31
	PA1	12.746,90	229,82	341,82	65,27	68,54	705,45	74,55	36,73	503,73	90,44	705,45
	BU1	329,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IN1	1.517,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IU1	128,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JU1	710,4	15,80	-	-	-	15,80	-	-	15,80	-	15,80
PE1	83,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UEG6	PN1	22.252,50	83,15	388,03	235,79	155,57	862,54	90,66	150,07	406,50	215,32	862,54
	PN2	21.491,40	72,04	512,73	1.118,22	1.406,64	3.109,63	1.153,17	873,34	514,40	568,72	3.109,63
	PN3	26.907,80	-	70,49	208,72	-	279,21	-	-	110,19	169,02	279,21
UEG7	PS1	7.192,60	237,03	257,97	103,04	107,79	705,84	107,79	82,36	409,01	106,67	705,84
	PS2	13.524,50	16,12	21,96	141,29	-	179,37	-	-	20,43	158,94	179,37
	IB1	661,8	8,80	38,87	44,43	22,05	114,15	-	22,05	92,10	-	114,15

Fonte: elaborado com base em IEF (2021a).

Figura 5.1 – Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de oportunidade.



Fonte: IEF (2021a).

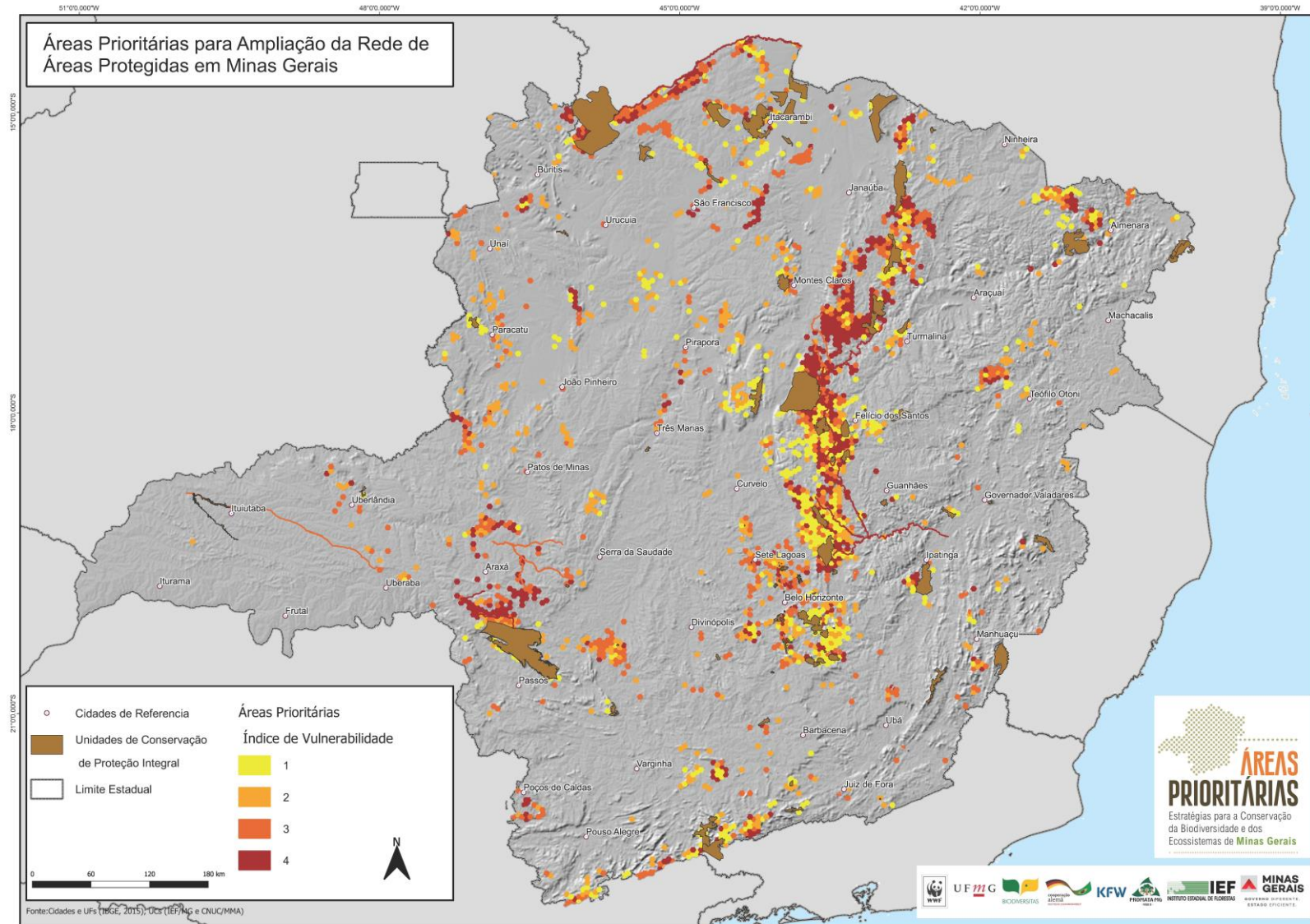
Elaborado por:
Consórcio Profill Engecorps

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF002-R01_VOLUME_II.docx



Figura 5.2 – Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de vulnerabilidade.



Fonte: IEF (2021a).

Elaborado por:
Consórcio Profill Engcorp

Nº da revisão
01

RF002
PMSH-RF02-R01_VOLUME_II.docx



5.6 Revitalização e conservação de áreas de interesse como estratégias para segurança hídrica

Este capítulo apresenta um recorte de informações de grande importância para os objetivos deste PMSH, abrangendo áreas prioritárias para a conservação e revitalização com enfoque na segurança hídrica e na manutenção das funções ecossistêmicas de produção de água. Para tanto, serão abordados os trabalhos “Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais – PSC” (IEF, 2021a) e os Relatórios de Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais dos anos de 2020 e 2021 (IGAM, 2020; IGAM 2021), que trouxeram informações e análises sobre as ações governamentais para promoção da segurança hídrica.

De modo a complementar, são apresentadas análises relativas à conservação das Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs) e das áreas a montante de corpos hídricos enquadrados com classe especial, que são diretamente relacionadas aos recursos hídricos e que aportam elementos de interesse para a segurança hídrica. O diagnóstico dessas áreas, associado às informações de conservação da biodiversidade, abrangidas pelos capítulos anteriores irão contribuir para a criação de estratégias de conservação e de revitalização que serão discutidas em etapas futuras deste PMSH.

Por fim, com base nas análises trazidas por IGAM (2020), a manutenção das funções ecossistêmicas que produzem água doce em quantidade e qualidade adequadas para os usos é um fator crítico para garantir a segurança hídrica. O comprometimento dessas funções está intimamente ligado à persistência da biodiversidade e afeta diretamente a necessidade de manter a vazão ecológica, tornando-se um obstáculo para uma gestão eficaz dos recursos hídricos.

5.6.1 Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais – Alvos de Recursos Hídricos

O Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais, que integra o Programa Estratégico de Segurança Hídrica e Revitalização de Bacias Hidrográficas - Somos Todos Água, foi coordenado pelo IEF, compondo seu eixo temático relativo à conservação e restauração da biodiversidade e dos bens e serviços ecossistêmicos relacionados à água (IGAM, 2020). Os produtos do Projeto buscam orientar o planejamento espacial de políticas relativas à infraestrutura verde, biodiversidade aquática e gestão dos estoques pesqueiros, aproveitando as sinergias entre políticas de conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.

O Capítulo 6 apresenta as Áreas Prioritárias finais deste estudo, no entanto, a fim de detalhar aspectos diretamente associados à provisão de serviços ecossistêmicos ligados aos recursos hídricos e à segurança hídrica, este item aponta as áreas e os critérios específicos para os alvos de recursos hídricos.

De acordo com IEF (2021a), a metodologia empregada seguiu os princípios do Planejamento Sistemático da Conservação (PSC), que envolve a compilação de dados espaciais, geoprocessamento, modelagem matemática, regras lógicas de decisão automatizada e ampla participação da comunidade científica, sociedade civil, usuários econômicos dos recursos naturais e órgãos de governo na seleção de áreas prioritárias.

De acordo com o estudo, os alvos de recursos hídricos foram selecionados por sua relevância estratégica para a oferta de água em quantidade e qualidade para assegurar seus usos múltiplos, atuais e futuros, com destaque ao abastecimento público e à conservação da biodiversidade.

A definição dos critérios foi desenvolvida a partir das seguintes etapas: a) Oficina de Definição e Critérios para Revitalização de Bacias Hidrográfica do Projeto Somos Todos Água (jan. 2019); b) ampla consulta online de validação dos critérios; c) Oficina de Alvos e Metas do PSCRMG; d) Oficina de Recursos Hídricos do PSCRMG (continuação da Oficina de Alvos e Metas); e e) consolidação dos resultados das etapas anteriores pelo IEF, Igam e Consórcio. As três classes de alvos de recursos hídricos foram:

1. Regiões de contribuição para mananciais estratégicos;
2. Áreas de alto potencial para recarga hídrica;
3. Ecossistemas estratégicos para a conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros;

A fim de apresentar as principais considerações pactuadas e os resultados do estudo, são detalhadas a seguir as áreas prioritárias para estes alvos de recursos hídricos.

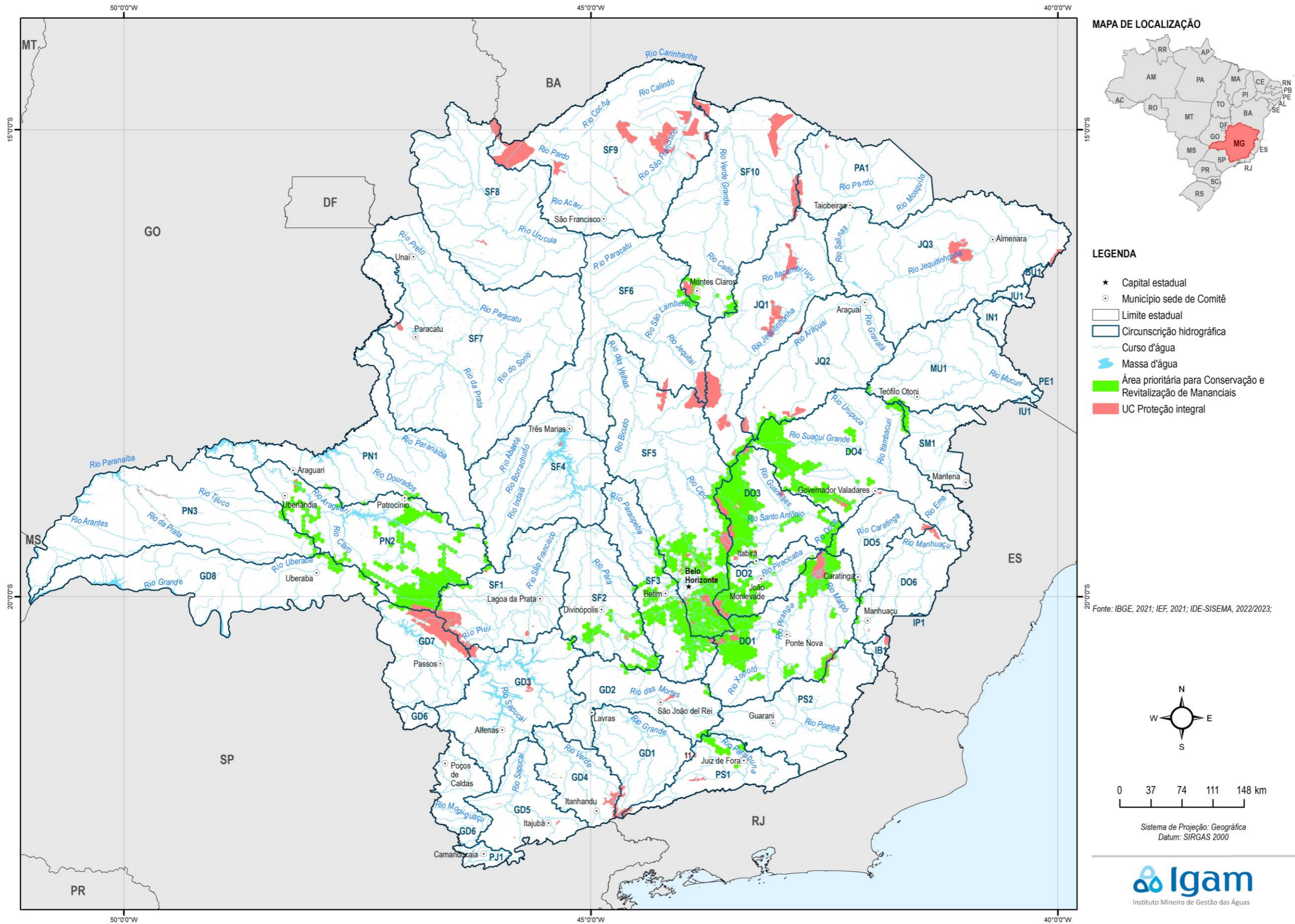
5.6.1.1 Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais

Conforme aponta IGAM (2020), mananciais de abastecimento público são alvos de interesse críticos e prioritários que exigem gestão ambiental diferenciada. Desta forma, as regiões de drenagem a montante dos pontos de captação superficial para abastecimento público, que alimentam adensamentos urbanos com 200 mil habitantes ou mais, foram empregadas como alvos de conservação.

O limiar de 200 mil habitantes foi empregado por representar alto grau de pressão sobre os mananciais e por maximizar a população beneficiada pelos esforços de conservação, que, inevitavelmente, precisam ser concentrados, dadas as limitações de recursos e extensão do território. O detalhamento metodológico completo pode ser obtido em IEF (2021a).

O Mapa 5.28 apresenta as áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais.

Mapa 5.28 - Áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais.



Os resultados evidenciados pelo Mapa 5.28 refletem as áreas das bacias de captações próximas aos maiores centros urbanos e com maior dinâmica econômica, de acordo com os critérios utilizados para definição das áreas prioritárias para conservação e oferta d'água. Tais critérios vão ao encontro de outras metodologias semelhantes, como as utilizadas por Ikemoto & Napoleão (2018) apud IEF (2021a).

Conforme aponta IGAM (2020), a pressão exercida sobre esses mananciais tem crescido. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a taxa de urbanização de Minas Gerais supera os 80% e, juntamente com a expansão dos centros urbanos, diferentes usos do solo têm reduzido de forma contínua a cobertura vegetal nativa. Trata-se de um quadro que se repete em todo o estado. Nessa perspectiva, proteger e revitalizar estas áreas constituem ações estratégicas da gestão dos recursos hídricos e do território.

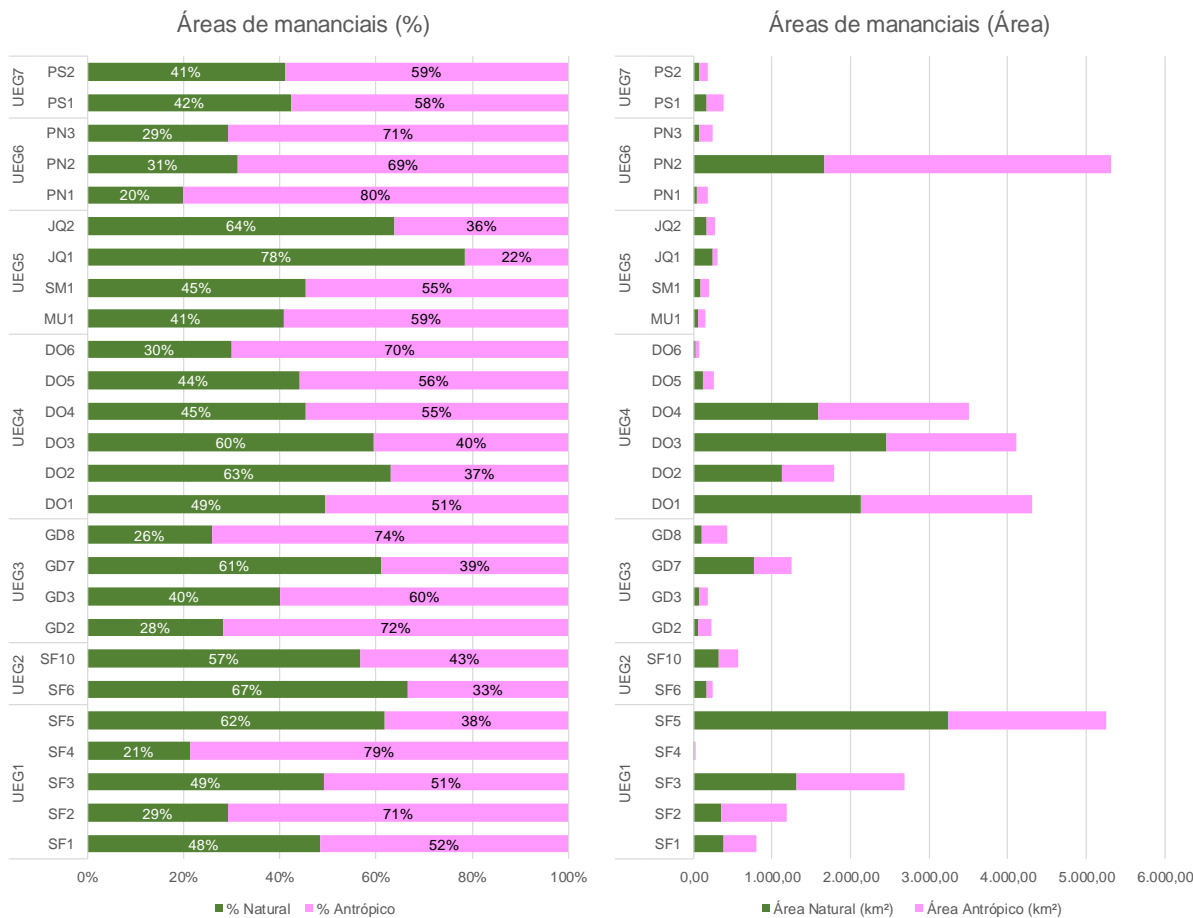
A fim de avaliar a situação da conservação e de antropização destas áreas prioritárias, o Quadro 5.13 apresenta as áreas prioritárias para conservação de mananciais nas CHs, assim como a sua classificação em área natural e antrópica e os respectivos percentuais. A Figura 5.3, por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tomando como base o mapeamento de uso e cobertura do solo elaborado no Subproduto 2D.

Quadro 5.13 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais nas CHs.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópica (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	387,05	414,17	801,21	48%	52%
	SF2	Rio Pará	347,22	840,61	1.187,83	29%	71%
	SF3	Rio Paraopeba	1.316,83	1.363,34	2.680,17	49%	51%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	7,09	26,09	33,18	21%	79%
	SF5	Rio das Velhas	3.242,38	2.008,66	5.251,04	62%	38%
UEG2	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	160,29	80,65	240,94	67%	33%
	SF10	Rio Verde Grande	321,58	244,38	565,95	57%	43%
UEG3	GD2	Rio das Mortes	64,69	164,23	228,92	28%	72%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	73,65	109,66	183,31	40%	60%
	GD7	Médio rio Grande	767,76	488,50	1.256,26	61%	39%
	GD8	Baixo rio Grande	109,57	314,66	424,23	26%	74%
UEG4	DO1	Rio Piranga	2.135,05	2.181,16	4.316,21	49%	51%
	DO2	Rio Piracicaba	1.130,11	663,15	1.793,26	63%	37%
	DO3	Rio Santo Antônio	2.453,48	1.659,56	4.113,04	60%	40%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	1.590,63	1.919,94	3.510,56	45%	55%
	DO5	Rio Caratinga	111,82	141,92	253,75	44%	56%
	DO6	Rio Manhuaçu	21,99	51,52	73,51	30%	70%
UEG5	MU1	Rio Mucuri	59,08	85,32	144,39	41%	59%
	SM1	Rio São Mateus	86,52	103,99	190,51	45%	55%
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	244,47	67,00	311,47	78%	22%
	JQ2	Rio Araçuaí	172,30	97,15	269,45	64%	36%
UEG6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	35,60	143,81	179,40	20%	80%
	PN2	Rio Araguari	1.665,58	3.647,19	5.312,77	31%	69%
	PN3	Baixo rio Paranaíba	69,65	168,82	238,47	29%	71%
UEG7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	159,13	216,27	375,41	42%	58%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	75,75	108,78	184,54	41%	59%
Total Geral			16.809,27	17.310,51	34.119,78	49%	51%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.3 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais.

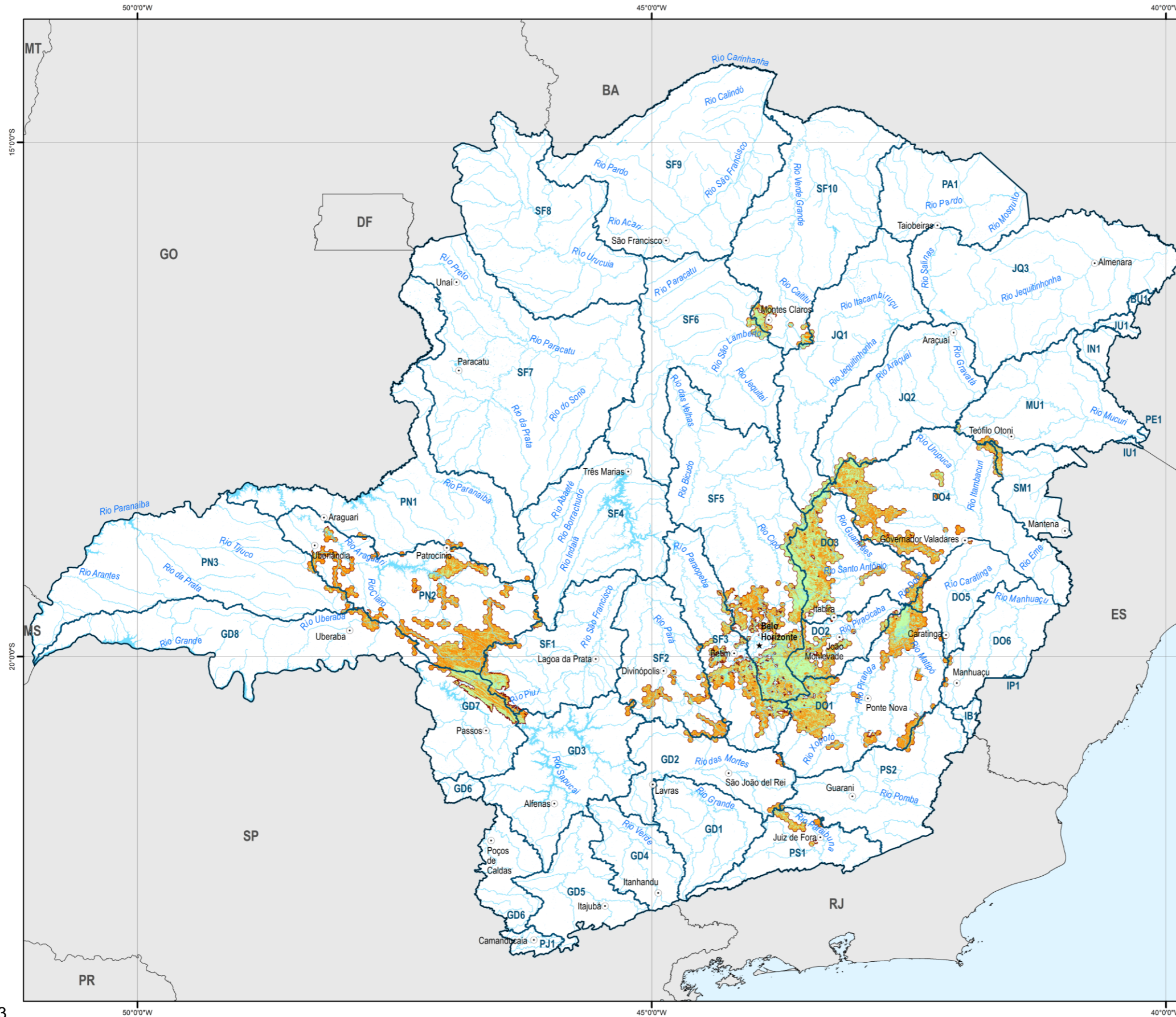


Fonte: elaboração própria.

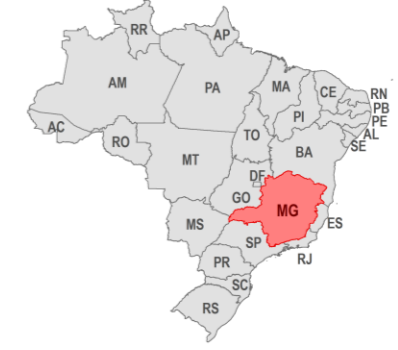
Os resultados evidenciam diferentes graus de antropização das áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais. Em termos percentuais, destaca-se a UEG 6, com 69% da sua área antropizada. Em termos de área antropizada, as maiores áreas estão localizadas na UEG 6, com destaque para a PN2 – Rio Araguari, na UEG 1, na bacia do São Francisco, com destaque para a SF5 - Rio das Velhas e na UEG 4, com destaque para a DO1 – Rio Piracanga e DO4 – Rio Suaçuí Grande.

O Mapa 5.29 apresenta as áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais classificadas em usos naturais e antrópicos.

Mapa 5.29 – Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais.



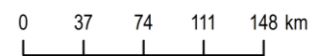
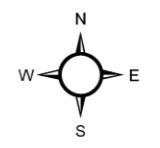
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
 - Áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais
- Cobertura do solo**
- Natural
 - Antrópico

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IEF, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



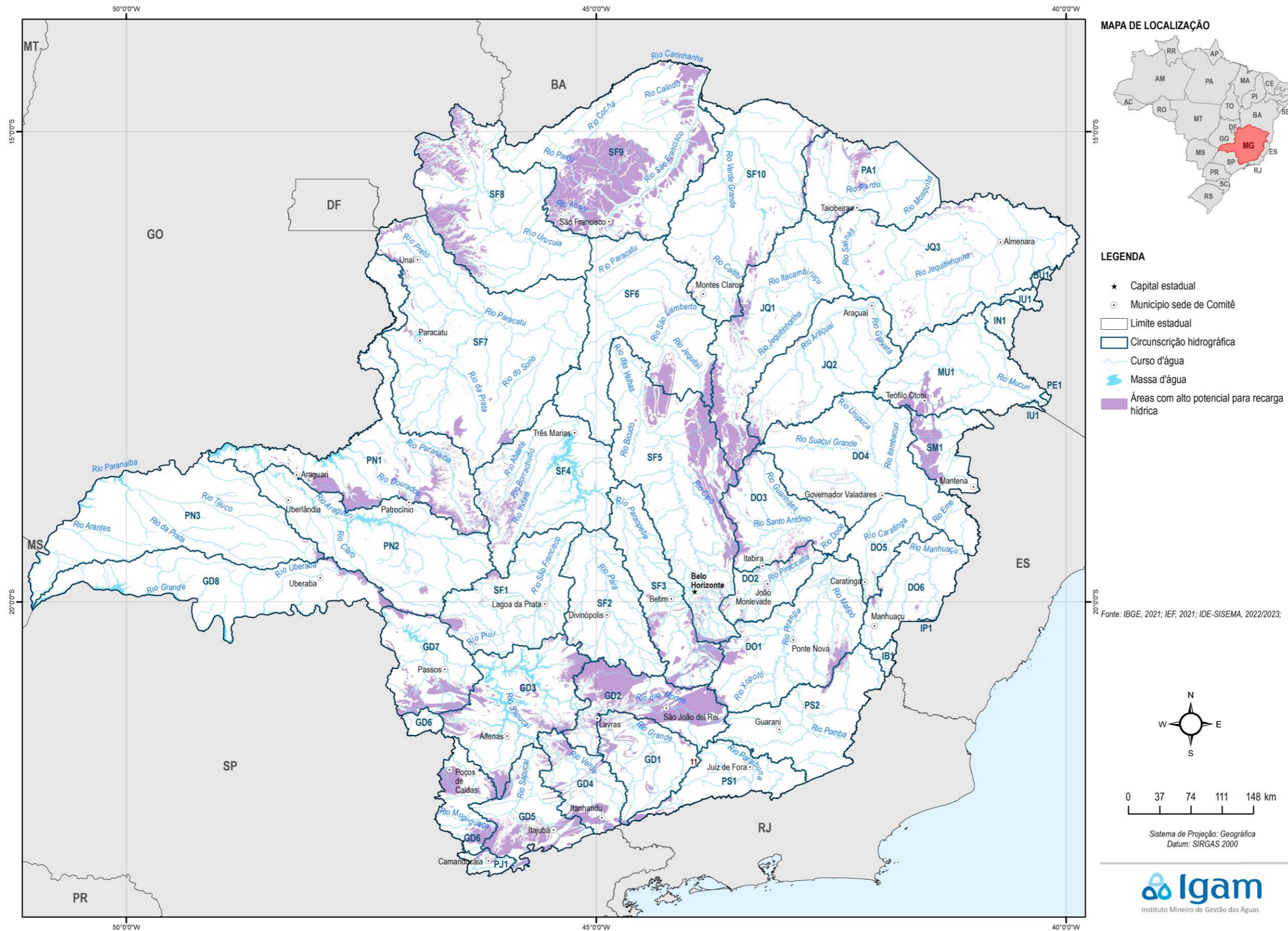
5.6.1.2 Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica

A identificação de áreas prioritárias para a recarga hídrica desempenha um papel fundamental na concentração de esforços voltados para a conservação ou restauração da cobertura natural do solo. Essas medidas têm o objetivo de melhorar a infiltração de água no solo e reduzir as perdas causadas pelo escoamento superficial (Igam, 2020).

As áreas prioritárias para a conservação e revitalização da oferta hídrica tiveram como base o mapeamento de áreas com alto potencial para recarga hídrica. Conforme o IEF (2021a), as áreas de recarga estão diretamente relacionadas à altitude e ao tipo de formação rochosa, sendo que as regiões mais elevadas, em regiões de cabeceiras, compostas por rochas mais porosas ou com elevado grau de fraturamento, oferecem maior contribuição.

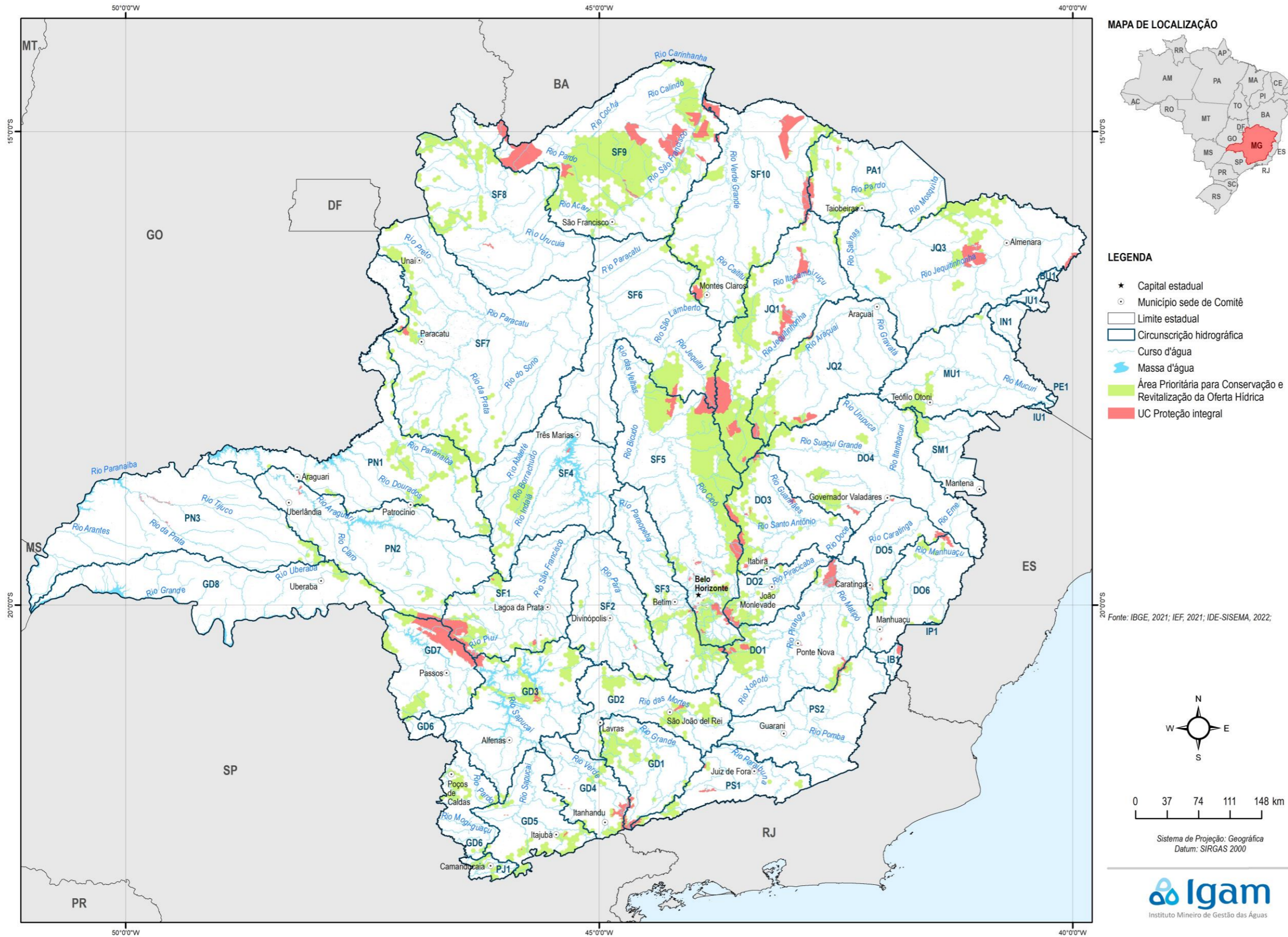
Como alvos de conservação foram utilizadas feições do meio físico que desempenham papéis na manutenção da biodiversidade e na recarga hídrica, a saber: i) regiões de teto orográfico, acima de 900 m e acima de 1200 m de altitude, chapadões e tabuleiros; ii) litologias altamente fraturadas e de alta porosidade a partir do mapeamento das litologias, cotas altimétricas e feições geomorfológicas mais favoráveis. O Mapa 5.30 apresenta as áreas com alto potencial para recarga hídrica.

Mapa 5.30 - Áreas com alto potencial para recarga hídrica.



O Mapa 5.31 apresenta as áreas prioritárias para manutenção e incremento da recarga hídrica, contemplando o subconjunto de áreas cujas feições geomorfológicas e geológicas são mais favoráveis à infiltração de água, contribuindo para a disponibilidade hídrica durante os períodos de estiagem. Esta priorização visa orientar a conservação, a restauração e as boas práticas no manejo dessas áreas a fim de promover o reabastecimento de aquíferos subterrâneos durante as chuvas e a minimização do escoamento superficial e da exportação de sedimentos.

Mapa 5.31 - Áreas prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais.



De acordo com Igam (2020), o mapeamento das áreas prioritárias revelou a importância das características topográficas elevadas, das formações geológicas e de outros fatores estruturais para a proteção dos recursos hídricos. Destacam-se a cadeia do Espinhaço, o conjunto serrano do Quadrilátero Ferrífero, a Canastra e as serras que dividem Minas-Goiás, bem como as cristas da Mantiqueira. Essas elevações desempenham um papel fundamental como áreas de recarga para os principais rios do estado. As bacias hidrográficas geomorfológicas dessas regiões abrigam as nascentes dos rios Doce, São Francisco, Jequitinhonha, Grande, Paranaíba e Mucuri. Portanto, essas áreas planálticas e serranas conferem elevada importância em termos de proteção e revitalização.

Outro conjunto de áreas importantes encontra-se na Bacia do Rio São Francisco, em suas formações cársticas, que possuem características hidrológicas distintas e vulnerabilidades ambientais específicas. Essas áreas são estrategicamente importantes devido ao alto potencial de armazenamento de água nos aquíferos cársticos, especialmente em uma região sujeita a variações interanuais nas chuvas. Além disso, as áreas circunvizinhas têm enfrentado o avanço da agricultura e da silvicultura (IGAM, 2020).

De acordo com Igam (2020), áreas com cobertura natural íntegra e pastagens bem manejadas apresentam taxas de infiltração de água e recarga de aquífero muito favoráveis. Além disso, os campos localizados em regiões de cabeceira são altamente biodiversos e abrigam centros de riqueza e endemismo em manchas de ecossistemas relictuais sendo alvos de grande interesse para a proteção e revitalização.

A fim de avaliar a situação da conservação e de antropização destas áreas prioritárias, o Quadro 5.14 apresenta a situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica nas CHs. A Figura 8.6, por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tomando como base o mapeamento de uso e cobertura do solo elaborado no Subproduto 2D.

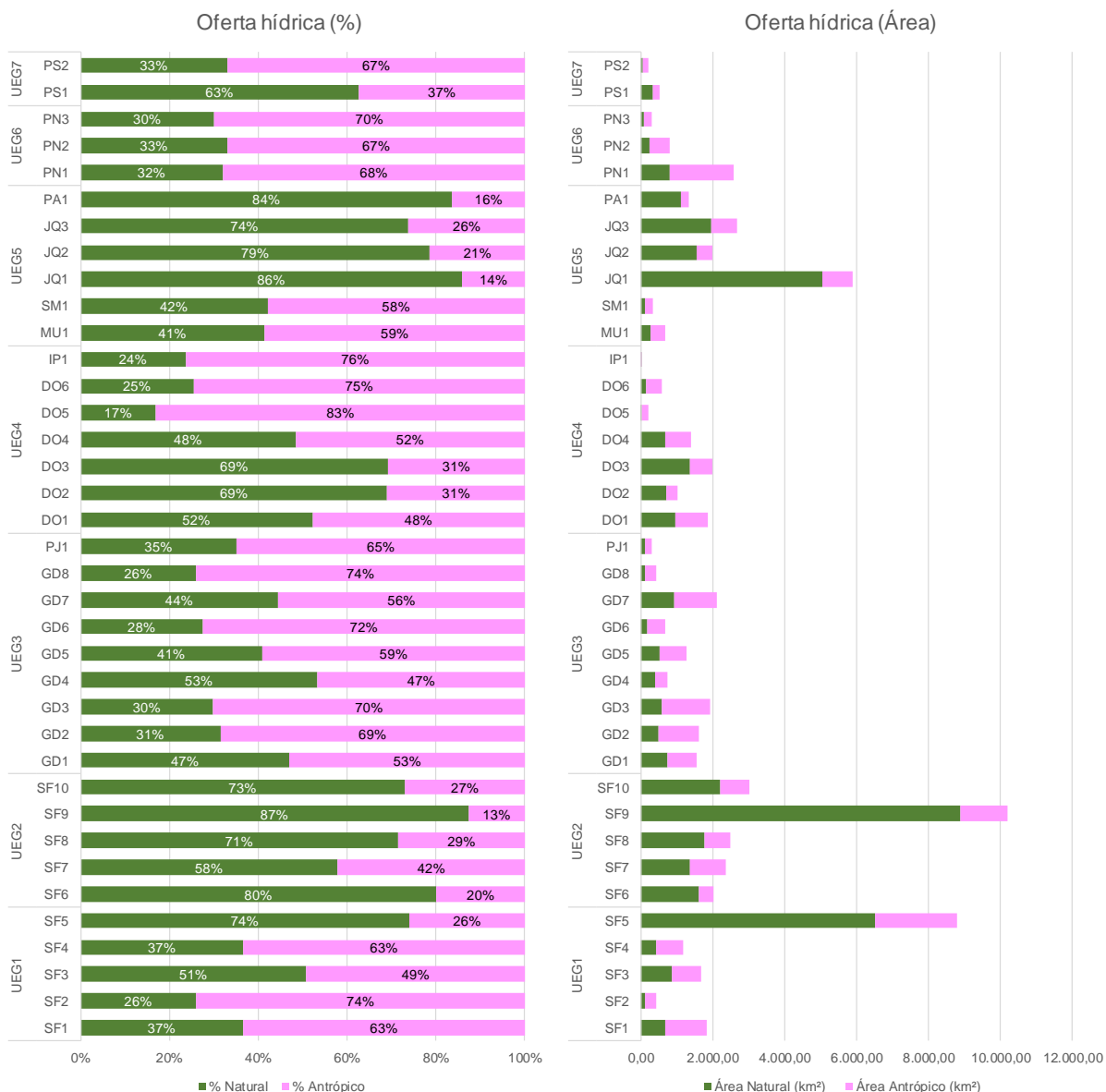
Quadro 5.14 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópico (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
UEG 1	SF1	Alto rio São Francisco	675,31	1.168,94	1.844,26	37%	63%
	SF2	Rio Pará	113,29	321,74	435,03	26%	74%
	SF3	Rio Paraopeba	858,80	830,68	1.689,49	51%	49%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	428,65	741,31	1.169,96	37%	63%
	SF5	Rio das Velhas	6.516,01	2.294,41	8.810,42	74%	26%
UEG 2	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	1.626,19	404,86	2.031,05	80%	20%
	SF7	Rio Paracatu	1.363,75	992,29	2.356,05	58%	42%
	SF8	Rio Uruçuia	1.782,35	712,74	2.495,09	71%	29%
	SF9	Rio Pandeiros	8.906,14	1.300,20	10.206,34	87%	13%
	SF10	Rio Verde Grande	2.209,96	817,14	3.027,10	73%	27%
UEG 3	GD1	Alto rio Grande	732,55	823,82	1.556,37	47%	53%
	GD2	Rio das Mortes	506,27	1.103,53	1.609,80	31%	69%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	580,11	1.360,73	1.940,84	30%	70%
	GD4	Rio Verde	398,83	348,45	747,28	53%	47%
	GD5	Rio Sapucaí	518,75	749,10	1.267,85	41%	59%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	189,90	497,43	687,34	28%	72%

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópico (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
	GD7	Médio rio Grande	948,53	1.183,06	2.131,59	44%	56%
	GD8	Baixo rio Grande	116,63	331,44	448,07	26%	74%
	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	113,98	209,92	323,90	35%	65%
UEG 4	DO1	Rio Piranga	971,34	891,22	1.862,56	52%	48%
	DO2	Rio Piracicaba	712,74	319,28	1.032,02	69%	31%
	DO3	Rio Santo Antônio	1.382,88	616,81	1.999,69	69%	31%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	673,86	718,65	1.392,51	48%	52%
	DO5	Rio Caratinga	39,43	192,61	232,04	17%	83%
	DO6	Rio Manhuaçu	153,77	450,00	603,77	25%	75%
	IP1	Rio Itapemirim	2,36	7,60	9,95	24%	76%
UEG 5	MU1	Rio Mucuri	277,78	392,27	670,05	41%	59%
	SM1	Rio São Mateus	138,24	190,59	328,83	42%	58%
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	5.055,39	833,50	5.888,89	86%	14%
	JQ2	Rio Araçuaí	1.574,52	427,45	2.001,98	79%	21%
	JQ3	Medio e Baixo rio Jequitinhonha	1.974,07	699,04	2.673,11	74%	26%
PA1	Rio Pardo	1.134,59	220,62	1.355,20	84%	16%	
UEG 6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	825,53	1.751,51	2.577,04	32%	68%
	PN2	Rio Araçuaí	263,70	532,83	796,52	33%	67%
	PN3	Baixo rio Paranaíba	96,85	225,13	321,97	30%	70%
UEG 7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	332,70	198,14	530,84	63%	37%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	71,80	145,24	217,04	33%	67%
Total Geral			44.267,53	25.004,30	69.271,83	64%	36%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.4 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas prioritárias para Oferta Hídrica.



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que as áreas de interesse para oferta hídrica se encontram preponderantemente bem preservadas, com 64% de cobertura natural. Em termos percentuais, destaca-se a UEG 6 com os maiores percentuais em todas CHs acima de 67% de área antropizada, com destaque para a PN1 - Rio Dourados / Alto rio Paranaíba, com uma área antropizada de 1.751,51 km². Considerando a área antropizada, também se destaca a SF5 - Rio das Velhas. 2.294,41 km².

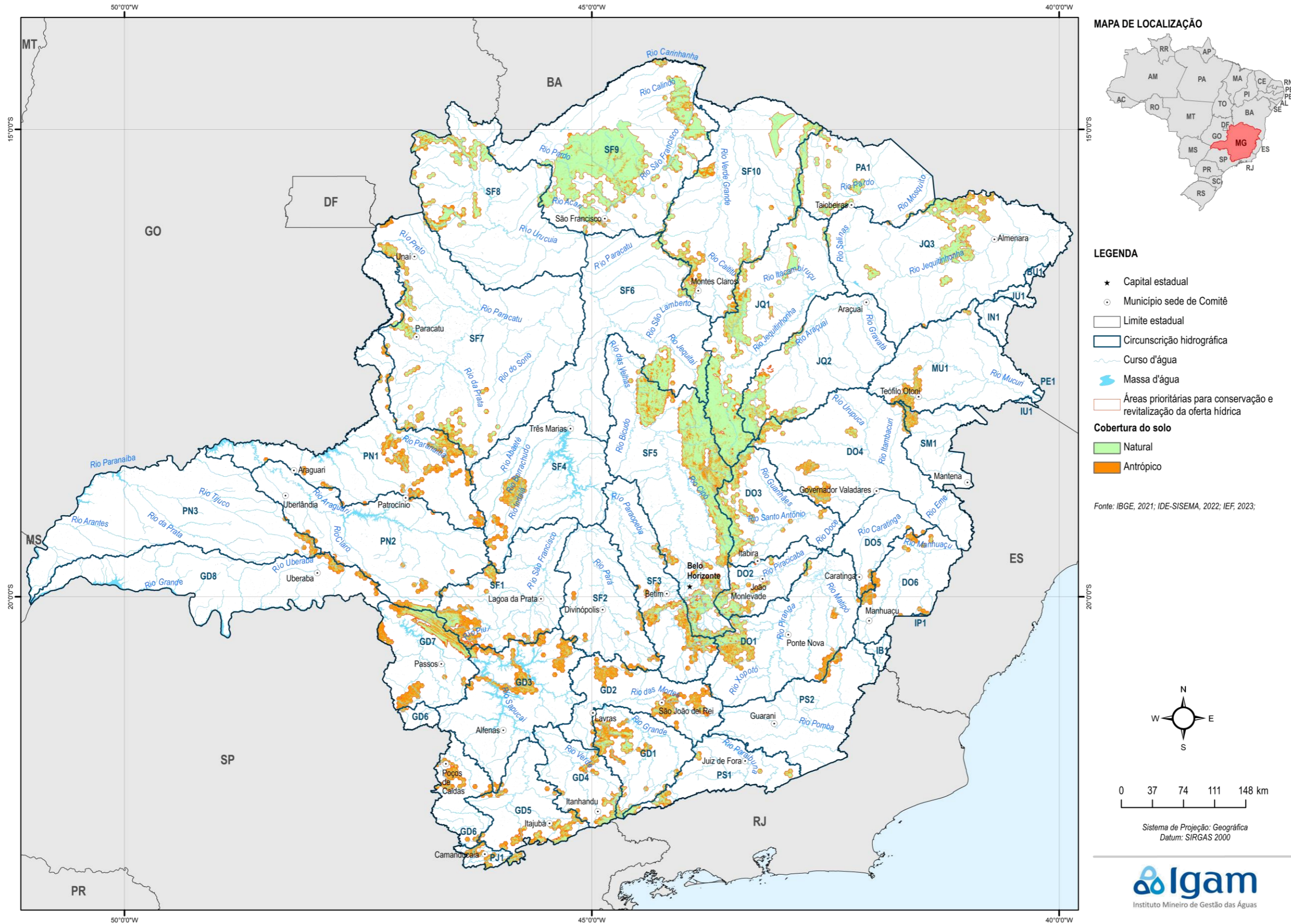
De acordo com Igam (2020), em função de sua alta declividade e das dificuldades técnicas inerentes à sua exploração, estas áreas foram relativamente poupadas do desmatamento, contribuindo para que parte de sua cobertura vegetal fosse mantida em razoável estado de conservação. De outra feita, os mesmos conjuntos serranos exibem diferentes fitofisionomias como campos rupestres graníticos, quartzíticos e ferruginosos, além de gradientes de florestas estacionais a cerrados, o que acentua o seu valor para a conservação.



O Mapa 5.32 apresenta as Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais classificadas em usos naturais e antrópicos.



Mapa 5.32 – Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais classificadas em usos naturais e antrópicos.

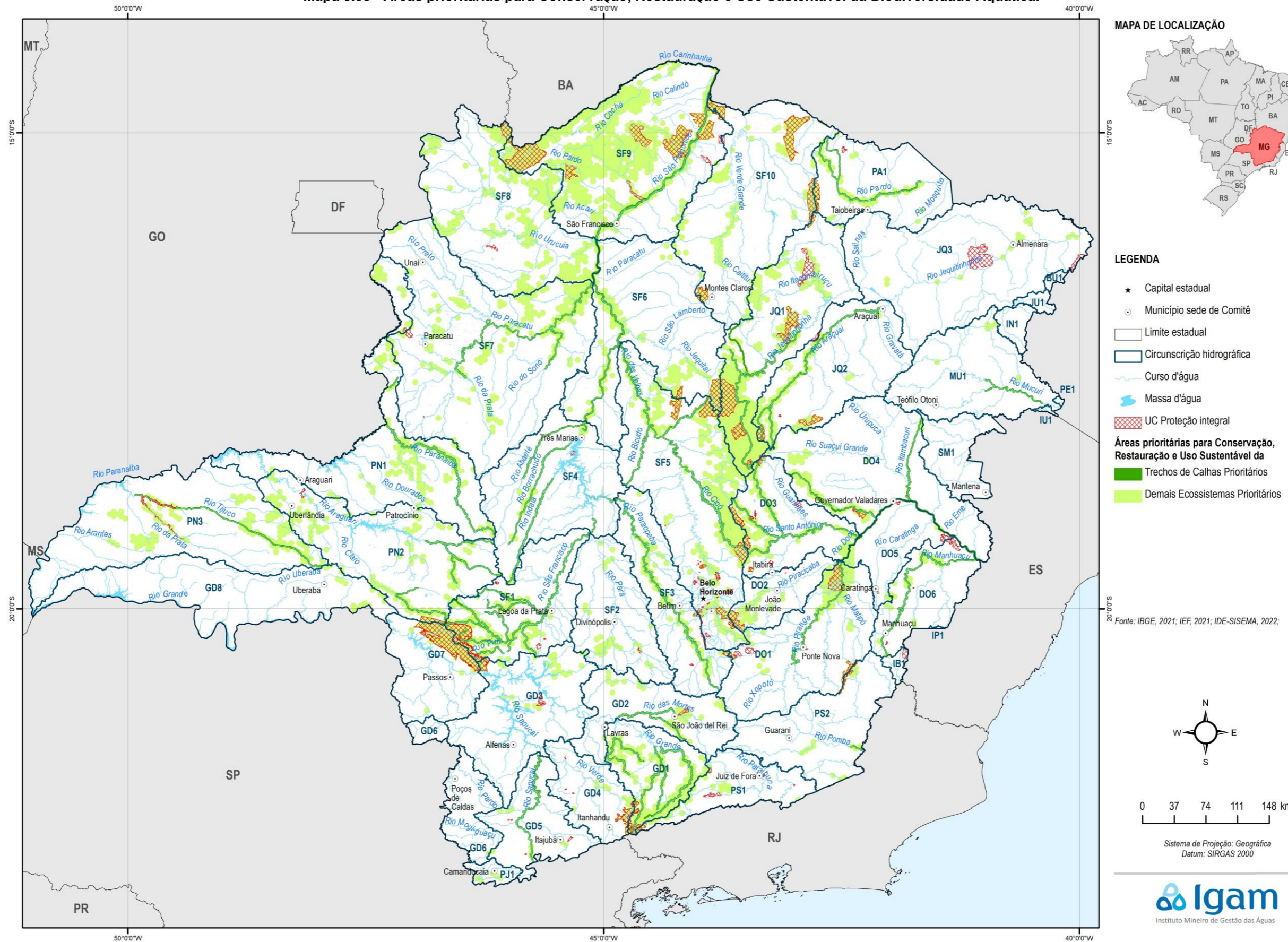


5.6.1.3 Áreas Prioritárias para a Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática

Outro tema de interesse associado aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos recursos hídricos e conservação da biodiversidade está a priorização feita no âmbito de IEF (2021a) que resultou em Áreas Prioritárias para a Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática (Mapa 5.33). Este mapeamento não está diretamente relacionado aos Alvos de Recursos Hídricos do estudo, mas aos Alvos de Biodiversidade.

O estudo considera como dados de entrada as seguintes informações: a) espécies de peixes de calha, de cabeceira e de distribuição excepcionalmente restrita, como peixes anuais; b) classes de ecossistemas aquáticos – planícies fluviolacustres, lagoas marginais e veredas; c) trechos de Rios de Preservação Permanente; d) trechos de rios em que se desenrolam processos ecológicos singulares ou necessários à persistência de espécies no contexto regional ou estadual. Cabe destacar que esta priorização contempla as informações das Áreas Prioritárias já apresentadas no item 5.6.1.4.

Mapa 5.33 - Áreas prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.



A fim de avaliar a situação da conservação e de antropização destas áreas prioritárias, o Quadro 5.15 apresenta a situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para a Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática. A Figura 9.11 por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tomando como base o mapeamento de uso e cobertura do solo elaborado no Subproduto 2D.

Quadro 5.15 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópico (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
UEG 1	SF1	Alto rio São Francisco	967,37	2.103,97	3.071,33	31%	69%
	SF2	Rio Pará	208,87	486,55	695,42	30%	70%
	SF3	Rio Paraopeba	596,95	974,79	1.571,74	38%	62%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	290,66	466,64	757,30	38%	62%
	SF5	Rio das Velhas	4.112,30	2.267,92	6.380,22	64%	36%
UEG 2	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	1.742,27	1.193,63	2.935,90	59%	41%
	SF7	Rio Paracatu	2.817,14	1.671,59	4.488,74	63%	37%
	SF8	Rio Urucuia	4.189,70	1.175,16	5.364,85	78%	22%
	SF9	Rio Pandeiros	12.231,30	1.314,93	13.546,23	90%	10%
	SF10	Rio Verde Grande	2.044,00	876,13	2.920,13	70%	30%
UEG 3	GD1	Alto rio Grande	1.416,62	1.734,36	3.150,98	45%	55%
	GD2	Rio das Mortes	262,42	571,56	833,98	31%	69%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	192,65	449,15	641,80	30%	70%
	GD4	Rio Verde	243,57	190,74	434,30	56%	44%
	GD5	Rio Sapucaí	84,59	248,16	332,75	25%	75%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	2,86	14,22	17,08	17%	83%
	GD7	Médio rio Grande	801,11	505,39	1.306,51	61%	39%
	GD8	Baixo rio Grande	92,16	249,65	341,81	27%	73%
	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	24,55	77,41	101,96	24%	76%
UEG 4	DO1	Rio Piranga	1.014,73	904,07	1.918,80	53%	47%
	DO2	Rio Piracicaba	558,61	188,82	747,43	75%	25%
	DO3	Rio Santo Antônio	1.396,47	976,44	2.372,91	59%	41%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	649,31	922,17	1.571,48	41%	59%
	DO5	Rio Caratinga	157,31	217,48	374,79	42%	58%
	DO6	Rio Manhuaçu	197,95	486,88	684,82	29%	71%
	MU1	Rio Mucuri	53,66	148,43	202,09	27%	73%
	SM1	Rio São Mateus	10,15	11,56	21,71	47%	53%
UEG 5	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	5.759,37	1.079,48	6.838,85	84%	16%
	JQ2	Rio Araçuaí	1.509,64	440,51	1.950,15	77%	23%
	JQ3	Medio e Baixo rio Jequitinhonha	148,20	208,85	357,05	42%	58%
	PA1	Rio Pardo	1.014,12	365,00	1.379,12	74%	26%
	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	934,00	2.073,99	3.007,99	31%	69%
	PN2	Rio Araguari	856,79	2.024,14	2.880,94	30%	70%
UEG 6	PN3	Baixo rio Paranaíba	724,94	2.111,66	2.836,60	26%	74%
	PS1	Rios Preto e Paraibuna	320,84	242,47	563,31	57%	43%
UEG 7	PS2	Rios Pomba e Muriaé	118,82	275,69	394,51	30%	70%
	IB1	Rio Itabapoana	1,91	2,98	4,90	39%	61%
Total Geral			47.747,91	29.252,59	77.000,49	62%	38%

Fonte: Elaboração própria

Figura 5.5 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.



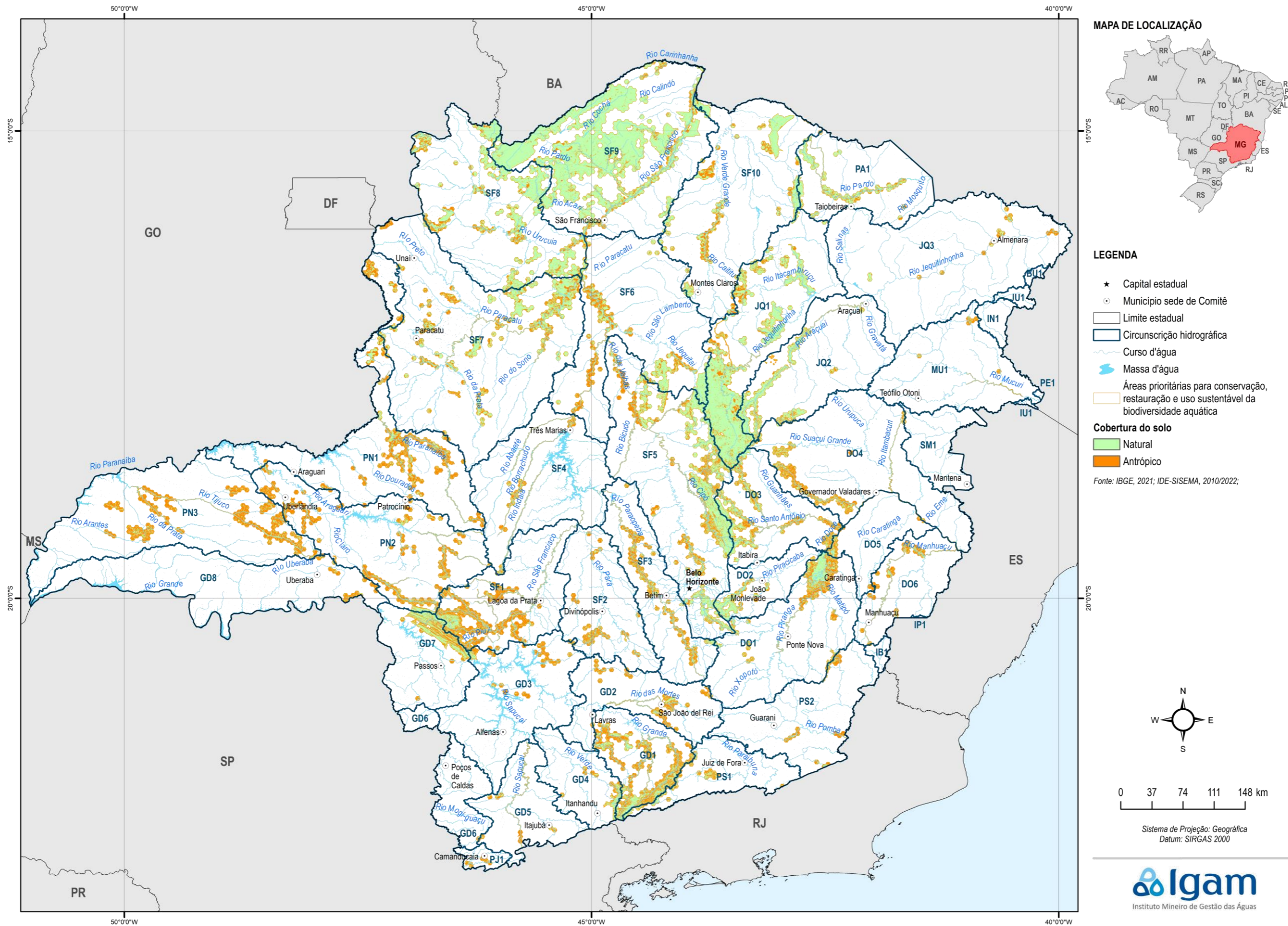
Fonte: elaboração própria.

Os resultados evidenciam que estas APs estão preservadas em 62%. No entanto, algumas áreas se destacam pela preponderância de áreas antropizadas. Em termos percentuais, destaca-se a UEG 6 com os maiores percentuais de área antropizada. Em termos de área antropizada, destacam-se as UEGs 1 e 6. Merecem destaque as CHs da UEG 6 (PN1, PN2 e PN3), com mais de 2.000 km² antropizados e as CHs SF1 - Alto rio São Francisco e SF5 - Rio das Velhas, também com áreas antropizadas de mais de 2.100 km².

O Mapa 5.34 apresenta as Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres Áreas Prioritárias para Restauração classificadas em usos naturais e antrópicos.



Mapa 5.34 – Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática.



5.6.1.4 Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres

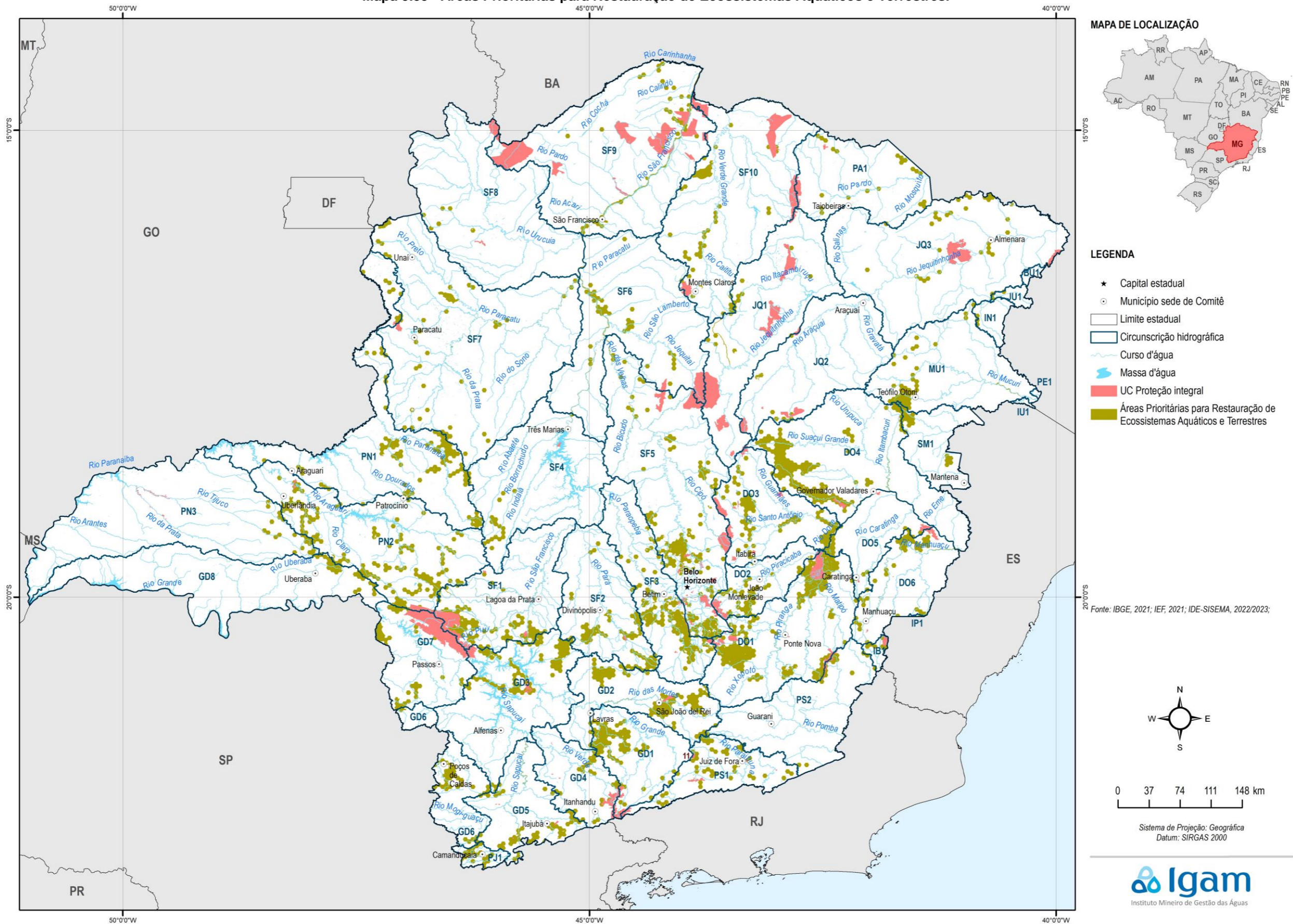
De acordo com IEF (2021a), foi elaborada uma árvore de decisões com o objetivo de orientar políticas de restauração de ecossistemas aquáticos e terrestres. Essa árvore de decisões identificou um subconjunto de Áreas Prioritárias onde a restauração é considerada mais necessária e terá os melhores resultados ecológicos para a biodiversidade e os recursos hídricos. Para determinar essas áreas, foram utilizados os seguintes critérios:

(a) Unidades de Planejamento com 30 a 50% de vegetação natural, insubstituibilidade maior ou igual a 8000 (selecionadas em 80% ou mais das iterações de priorização de áreas) e pelo menos 5 alvos registrados;

(b) Unidades de Planejamento com 50% ou menos de vegetação natural com os seguintes alvos: mananciais de abastecimento público (conforme o critério apresentado no item 5.6.1.1), áreas de alto potencial para recarga hídrica (conforme o item 5.6.1.2), espécies-alvo de peixes de riacho, espécies-alvo de peixes microendêmicos, Sítios-BAZE ou mais de 30% das APP degradadas e carga potencial de exportação de sedimentos acima de mil toneladas por ano ou corredor Sossego-Caratinga.

O detalhamento metodológico e as respectivas justificativas para os critérios adotados pode ser obtida em IEF (2021a). O Mapa 5.35 apresenta essas áreas.

Mapa 5.35 - Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.



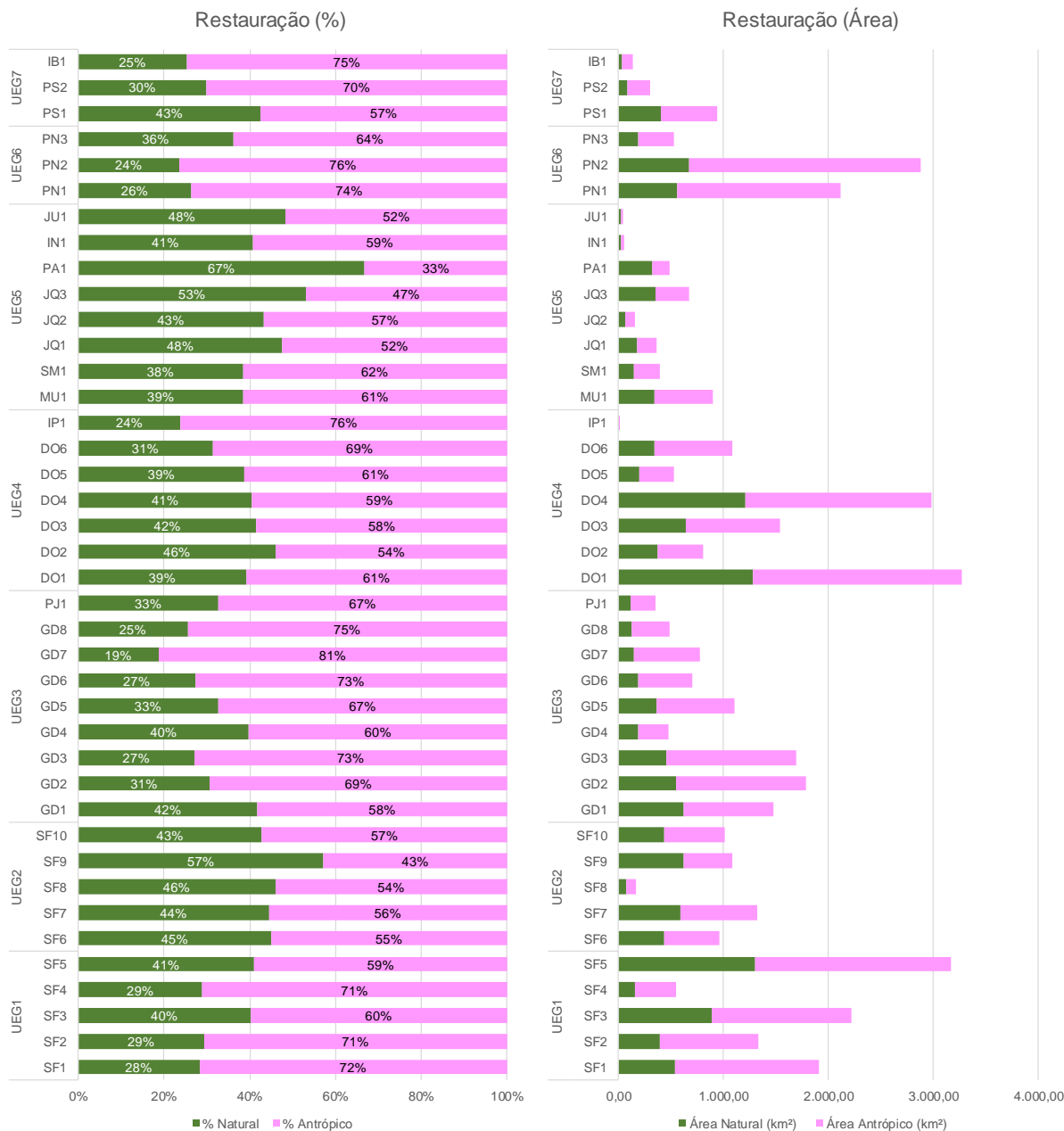
De modo complementar, seguindo a mesma lógica dos demais alvos de recursos hídricos já apresentados e a fim de avaliar a situação da conservação e de antropização das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, o Quadro 5.16 apresenta os resultados para as CHs. A Figura 5.6, por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tomando como base o mapeamento de uso e cobertura do solo elaborado no Subproduto 2D.

Quadro 5.16 – Situação de conservação e antropização das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres em Minas Gerais nas CHs.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópica (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópica
UEG1	SF1	Alto rio São Francisco	540,74	1.373,45	1.914,18	28%	72%
	SF2	Rio Pará	391,74	943,77	1.335,52	29%	71%
	SF3	Rio Paraopeba	891,10	1.325,42	2.216,52	40%	60%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	159,60	391,06	550,66	29%	71%
	SF5	Rio das Velhas	1.301,05	1.867,17	3.168,22	41%	59%
UEG2	SF6	Rios Jequitá e Pacuí	431,60	527,73	959,32	45%	55%
	SF7	Rio Paracatu	586,31	733,11	1.319,41	44%	56%
	SF8	Rio Uruçuaia	79,09	93,09	172,18	46%	54%
	SF9	Rio Pandeiros	624,47	466,01	1.090,49	57%	43%
	SF10	Rio Verde Grande	434,45	578,92	1.013,37	43%	57%
UEG3	GD1	Alto rio Grande	618,24	859,11	1.477,36	42%	58%
	GD2	Rio das Mortes	547,93	1.236,33	1.784,26	31%	69%
	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	459,91	1.239,14	1.699,06	27%	73%
	GD4	Rio Verde	189,55	286,13	475,68	40%	60%
	GD5	Rio Sapucaí	360,27	744,48	1.104,75	33%	67%
	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	191,29	510,81	702,10	27%	73%
	GD7	Médio rio Grande	144,56	628,82	773,38	19%	81%
	GD8	Baixo rio Grande	124,99	365,81	490,79	25%	75%
	GP1	Rios Piracicaba e Jaguari	116,51	240,18	356,68	33%	67%
UEG4	DO1	Rio Piranga	1.282,85	1.991,02	3.273,87	39%	61%
	DO2	Rio Piracicaba	374,18	438,18	812,36	46%	54%
	DO3	Rio Santo Antônio	642,94	901,81	1.544,75	42%	58%
	DO4	Rio Suaçuí Grande	1.211,01	1.771,51	2.982,52	41%	59%
	DO5	Rio Caratinga	203,72	321,09	524,82	39%	61%
	DO6	Rio Manhuaçu	341,57	748,08	1.089,65	31%	69%
	IP1	Rio Itapemirim	2,40	7,64	10,05	24%	76%
UEG5	MU1	Rio Mucuri	346,05	551,80	897,85	39%	61%
	SM1	Rio São Mateus	151,27	243,29	394,56	38%	62%
	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	174,46	191,60	366,06	48%	52%
	JQ2	Rio Araçuaí	69,36	91,15	160,51	43%	57%
	JQ3	Medio e Baixo rio Jequitinhonha	357,41	315,68	673,09	53%	47%
	PA1	Rio Pardo	323,92	160,46	484,38	67%	33%
	IN1	Rio Itanhém	21,57	31,47	53,03	41%	59%
	JU1	Rio Jucuruçu	20,01	21,32	41,33	48%	52%
UEG6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	559,03	1.561,73	2.120,76	26%	74%
	PN2	Rio Araguari	677,13	2.199,52	2.876,65	24%	76%
	PN3	Baixo rio Paranaíba	192,61	340,75	533,37	36%	64%
UEG7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	401,59	541,79	943,38	43%	57%
	PS2	Rios Pomba e Muriaé	90,13	211,50	301,63	30%	70%
	IB1	Rio Itabapoana	34,15	100,73	134,88	25%	75%
Total Geral			15.670,76	27.152,67	42.823,43	37%	63%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.6 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.



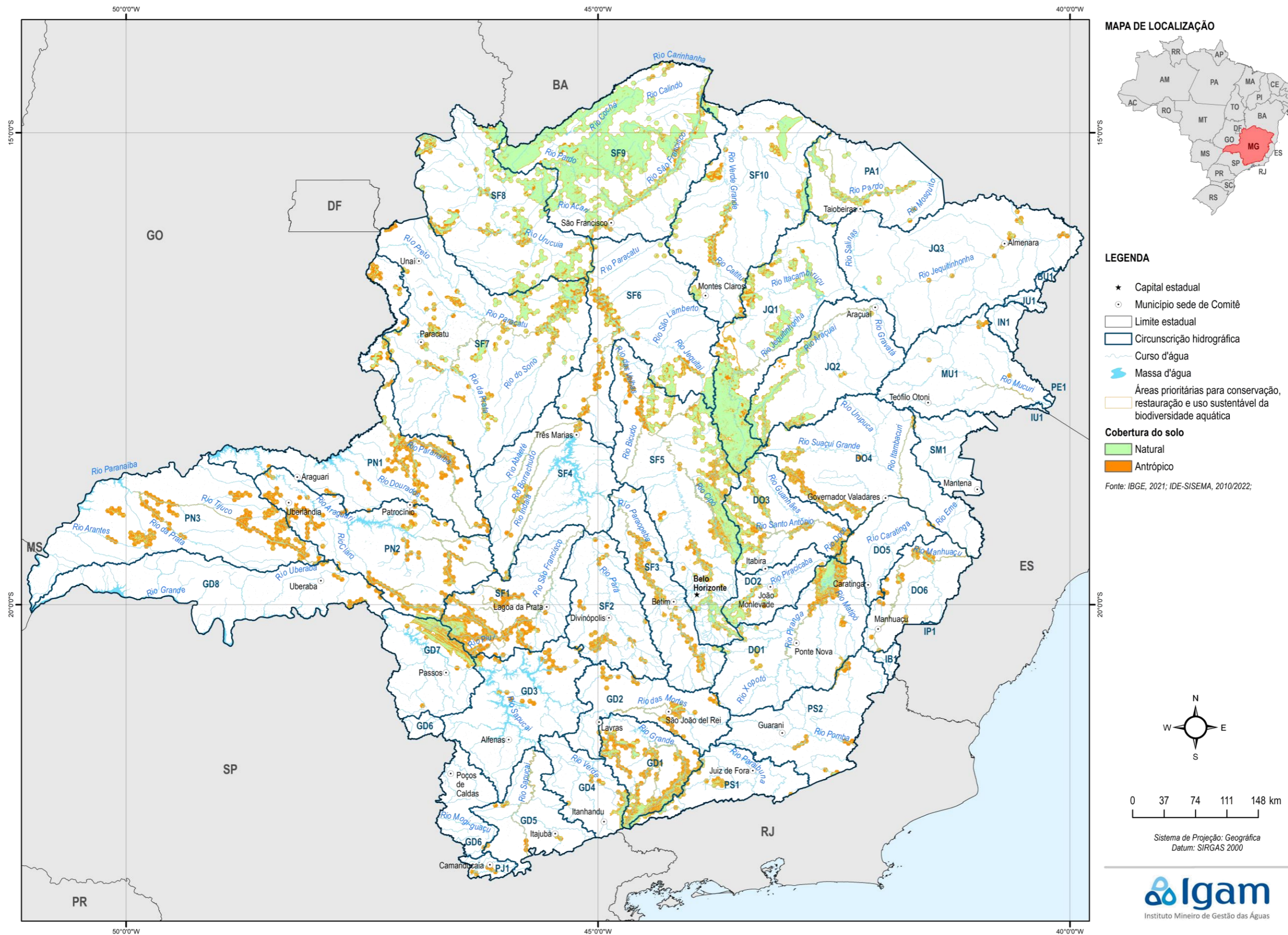
Fonte: elaboração própria.

Os resultados evidenciam que estas APs estão preponderantemente antropizadas (63%). Em termos percentuais, destacam-se as UEG 6 e UEG 3, com os maiores percentuais de área antropizada. Em termos de área antropizada, destacam-se as UEGs 1, 3 e 4. Considerando as maiores áreas antropizadas, merecem destaque a PN2 - Rio Araguari, 2199,52 km², a SF5 - Rio das Velhas, 1.867,17 km², a DO1 - Rio Piranga 1.991,02 km² e a DO4 – Rio Suaçuí Grande 1.771,51 km².

O Mapa 5.36 apresenta as Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres classificadas de acordo com a cobertura do solo, se natural e antrópica.



Mapa 5.36 – Classificação em áreas naturais e antrópicas das Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.

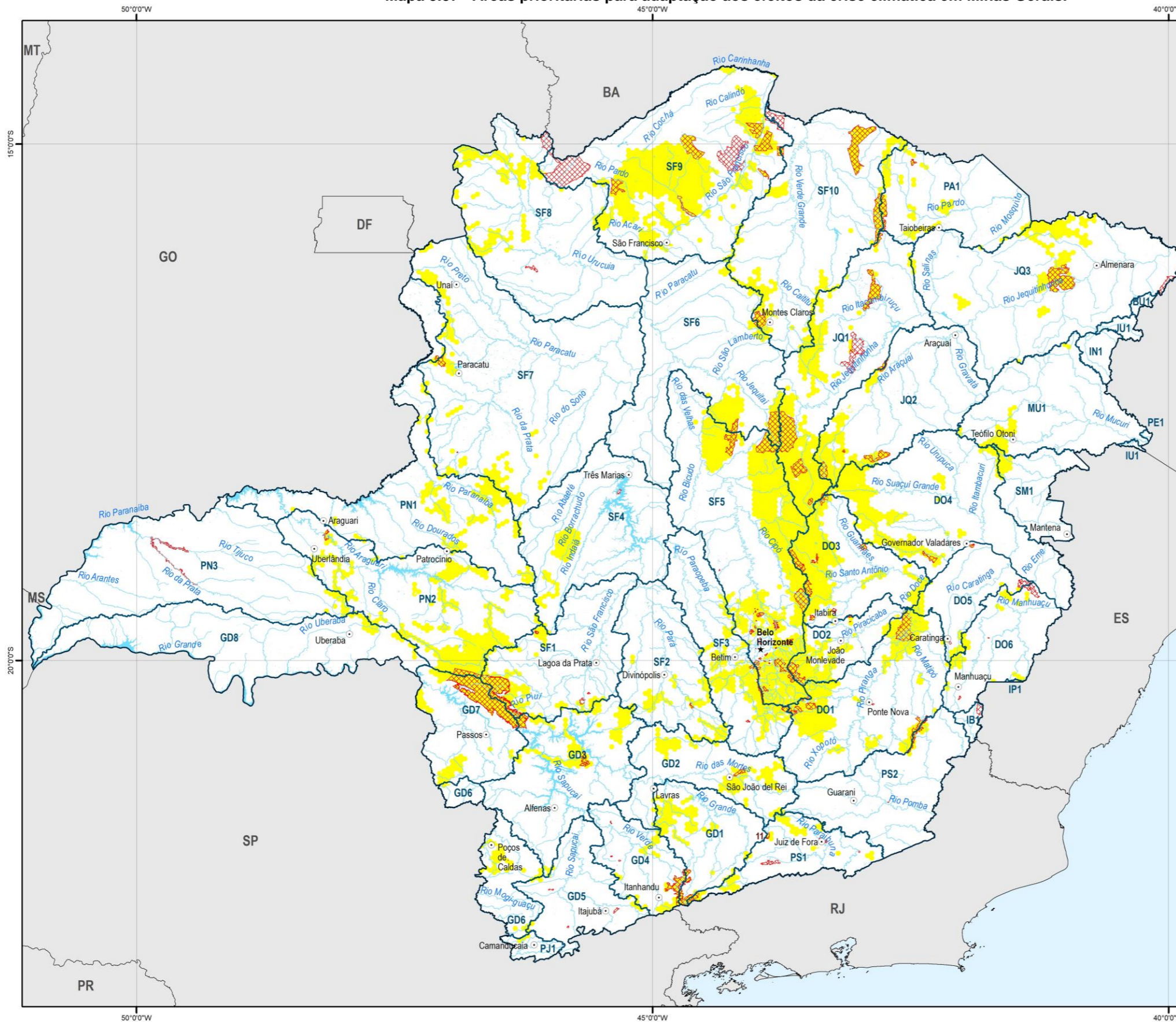


5.6.2 Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em Minas Gerais

No âmbito de IEF (2021a) também foi desenvolvido um mapa que identifica áreas críticas para a adaptação aos efeitos da crise climática, levando em consideração a importância estratégica dessas áreas na provisão de recursos hídricos, especialmente para grandes cidades, bem como sua vulnerabilidade às condições hidrológicas de escassez, que podem resultar em restrições no abastecimento humano. O objetivo desse mapa (Mapa 5.37) é orientar ações de conservação ou restauração que promovam a resiliência dos ecossistemas e das populações em localidades particularmente vulneráveis e pode ser de interesse deste PMSH. Este mapeamento foi elaborado com base nas informações das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais, conforme apresentado no item 5.6.1.1, e das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica, conforme apresentado no item 5.6.1.2.

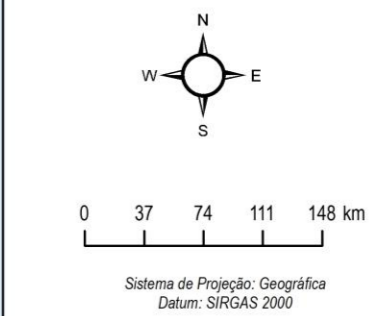
Esse mapa foi obtido pela seleção de Unidades de Planejamento prioritárias que interceptem i) cabeceiras de bacias sujeitas a efeitos de estiagem (índice de cokrigagem); ii) cabeceiras de bacias onde há municípios com Índice de Vulnerabilidade a Mudanças Climáticas (IMVC) acima de 0.6; iii) regiões de contribuição de mananciais para abastecimento de centros populacionais com 200 mil habitantes ou mais; e iv) regiões de alto potencial para recarga de aquíferos.

Mapa 5.37 - Áreas prioritárias para adaptação aos efeitos da crise climática em Minas Gerais.



- LEGENDA**
- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
 - ▨ UC Proteção integral
 - Áreas prioritárias para adaptação aos efeitos da crise climática

Fonte: IBGE, 2021; IEF, 2021; IDE-SISEMA, 2022/2023;



5.6.3 Conservação das Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs)

As Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs) têm como objetivo garantir a preservação de áreas ambiental e paisagisticamente importantes para a sociedade, conforme apontado por Magalhães et al. (2016). Essas áreas frequentemente estão localizadas em contextos com maior pressão ambiental, como áreas urbanas, periurbanas e regiões com intensa atividade econômica que possuem restrições locais significativas. As APEEs estão disponíveis na base de metadados da IDE-SISEMA (2023).

De acordo com os autores, em Minas Gerais, existem 19 APEEs, sendo a maioria delas (16) destinadas à proteção de mananciais, enquanto as demais visam preservar áreas naturais com características diversas. Essas APEEs podem ser consideradas uma tipologia de áreas protegidas prioritariamente voltadas para a conservação dos mananciais, conforme Euclides (2011) apud Magalhães et al. (2016). No entanto, a legislação em Minas Gerais não especifica ou caracteriza os instrumentos de gestão ou formas de regulação para a ocupação nas APEEs, não disciplina o parcelamento do solo e tampouco estabelece critérios de uso para as áreas declaradas como especiais.

Em função de estarem relacionadas às áreas de proteção de mananciais, se torna relevante a sua análise integrada às temáticas associadas à segurança hídrica tratadas neste capítulo. Além disso, as APEEs foram consideradas (juntamente com outras áreas protegidas) por IEF (2021a) como temas classificados como “oportunidades” na etapa de análise dos cursos para a conservação. De acordo com o trabalho, os temas classificados como “oportunidade” são vantajosos para a implantação de políticas de conservação efetivas e onde existem menos conflitos com outros usos do solo e das águas. O peso adotado pelo estudo pode fornecer subsídios para análises e considerações sobre estes temas do diagnóstico em etapas futuras do PMSH.

A fim de avaliar a situação da conservação e de antropização das APEEs, que configuram áreas de interesse para a proteção dos mananciais, e, portanto, para a segurança hídrica, o Quadro 5.17 apresenta as áreas de APEEs abrangidas pelas CHs, assim como a sua classificação em área natural e antrópica, em termos absolutos e percentuais. A Figura 5.7, por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso e cobertura do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

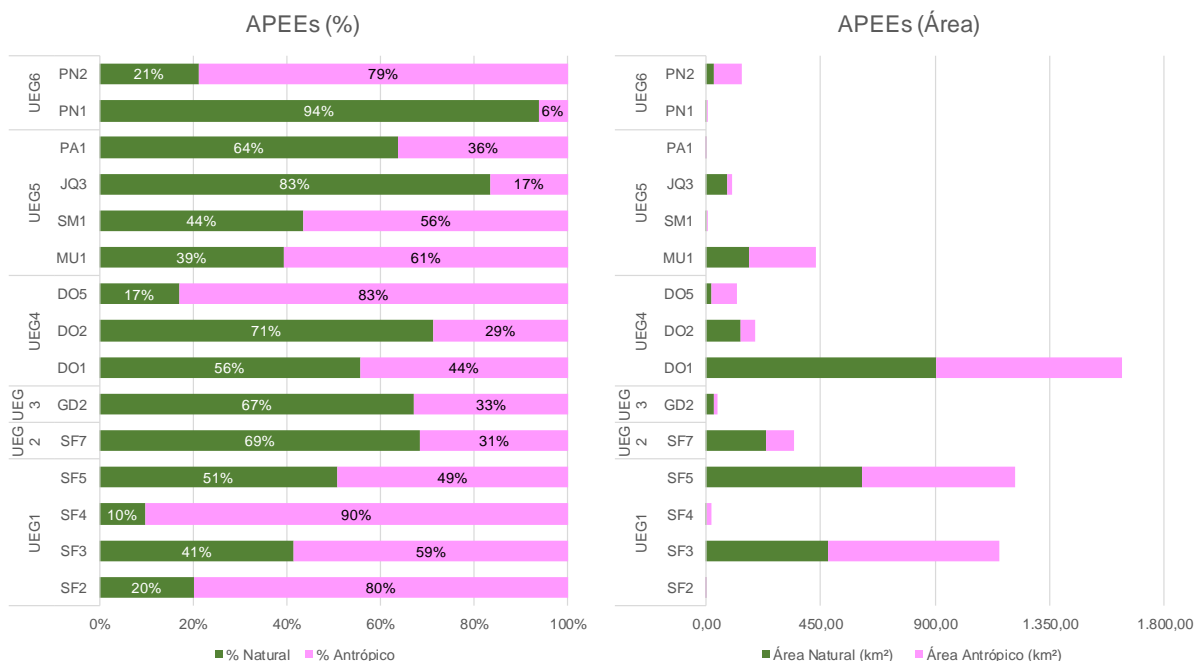
Quadro 5.17 – Situação de conservação e antropização das APEEs nas CHs.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km²)	Área Antrópica (km²)	Área total (km²)	% Natural	% Antrópico
UEG1	SF2	Rio Pará	0,17	0,68	0,85	20%	80%
	SF3	Rio Paraopeba	478,02	673,98	1.152,00	41%	59%
	SF4	Entorno da represa de Três Marias	2,04	19,13	21,17	10%	90%
	SF5	Rio das Velhas	615,34	598,57	1.213,91	51%	49%
UEG2	SF7	Rio Paracatu	237,04	109,00	346,04	69%	31%
UEG3	GD2	Rio das Mortes	31,25	15,26	46,51	67%	33%
UEG4	DO1	Rio Piranga	906,61	725,15	1.631,76	56%	44%
	DO2	Rio Piracicaba	137,21	55,62	192,83	71%	29%
	DO5	Rio Caratinga	20,54	100,90	121,45	17%	83%
UEG5	MU1	Rio Mucuri	169,72	261,58	431,30	39%	61%
	SM1	Rio São Mateus	0,78	1,01	1,79	44%	56%
	JQ3	Medio e Baixo rio Jequitinhonha	86,03	17,22	103,25	83%	17%

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópico (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
	PA1	Rio Pardo	0,28	0,16	0,43	64%	36%
UEG6	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	1,40	0,09	1,49	94%	6%
	PN2	Rio Araguari	29,46	110,13	139,59	21%	79%
Total Geral			2.715,89	2.688,49	5.404,38	50%	50%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.7 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das APEEs.

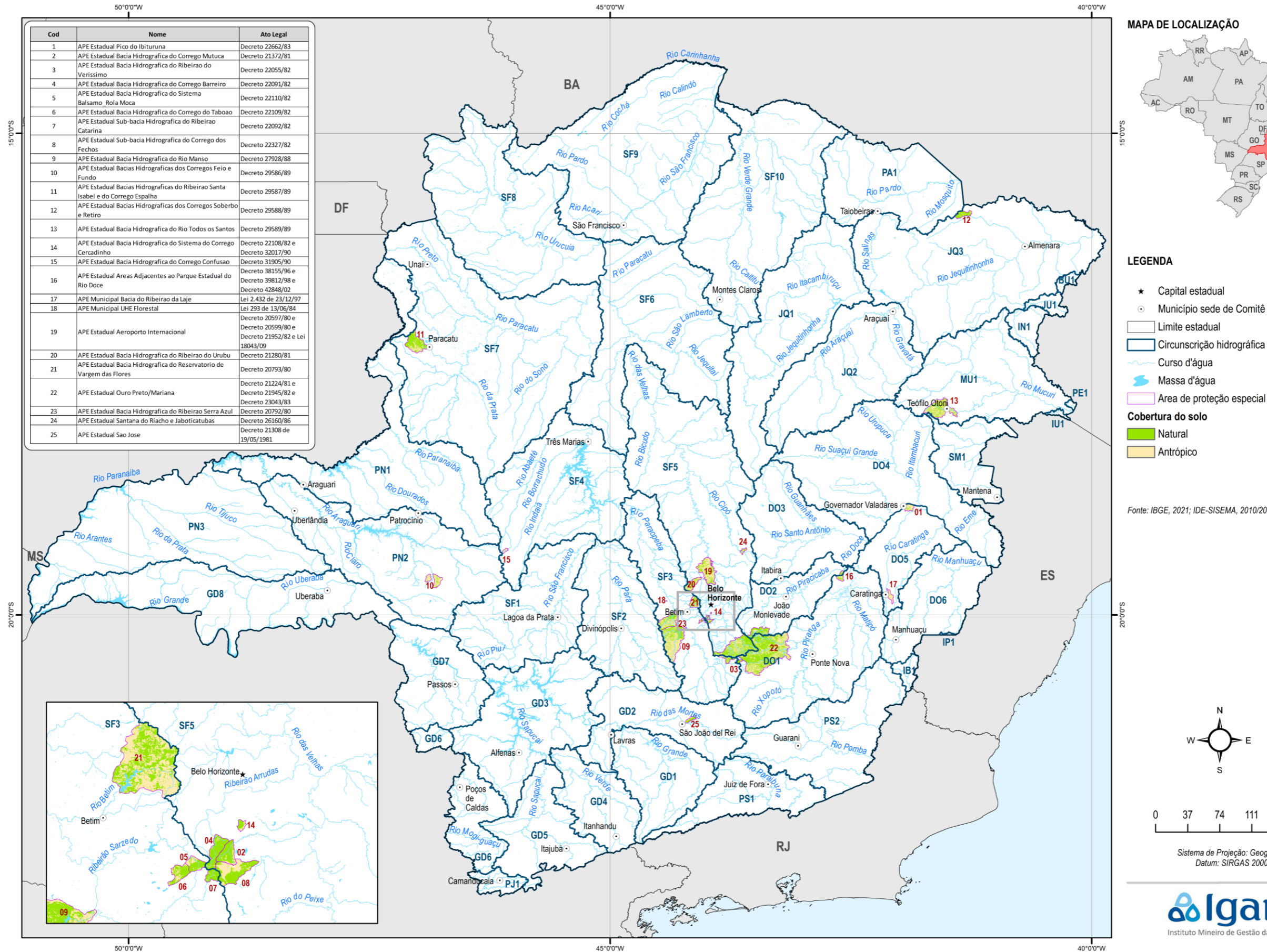


Fonte: Elaboração própria.

Os resultados evidenciam diferentes graus de antropização nas APEEs. Em termos absolutos, destacam-se as CHs SF3 – Rio Paraopeba, DO1- Rio Piranga e SF5 – Rio das Velhas com as áreas antropizadas superiores a 590 km². Em termos percentuais, se destacam as CHs SF2 (Rio Pará), SF4 (Entorno da represa de Três Marias), DO5 (Rio Caratinga) e PN2 (Rio Araguari), com percentuais de área antropizada superiores a 75%. Cabe observar que as áreas de APEEs nestas CHs são reduzidas em relação às citadas anteriormente.

O Mapa 5.38 apresenta a situação de conservação das APEEs em Minas Gerais.

Mapa 5.38 - Conservação das Áreas de Proteção Especial Estadual (APEEs).



5.6.4 Conservação de áreas a montante de trechos enquadrados como classe especial

O Enquadramento dos Corpos d'Água em Classes de Uso é um dos instrumentos das Políticas Nacional (Lei 9.433/1997) e Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13.199/99). Representa o estabelecimento metas de qualidade de água a serem mantidas ou alcançadas em segmentos de cursos hídricos, de acordo com os usos preponderantes pretendidos.

Os corpos hídricos enquadrados como Classe Especial são destinados i) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; ii) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, iii) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Visam, portanto, a uma qualidade da água excelente e que está associada aos usos mais exigentes dentre as cinco classes de enquadramento dos corpos d'água, conforme ilustra a Figura 5.8.

Figura 5.8 - Qualidade da água e exigência dos usos de acordo com as classes da Resolução CONAMA 357/2005.

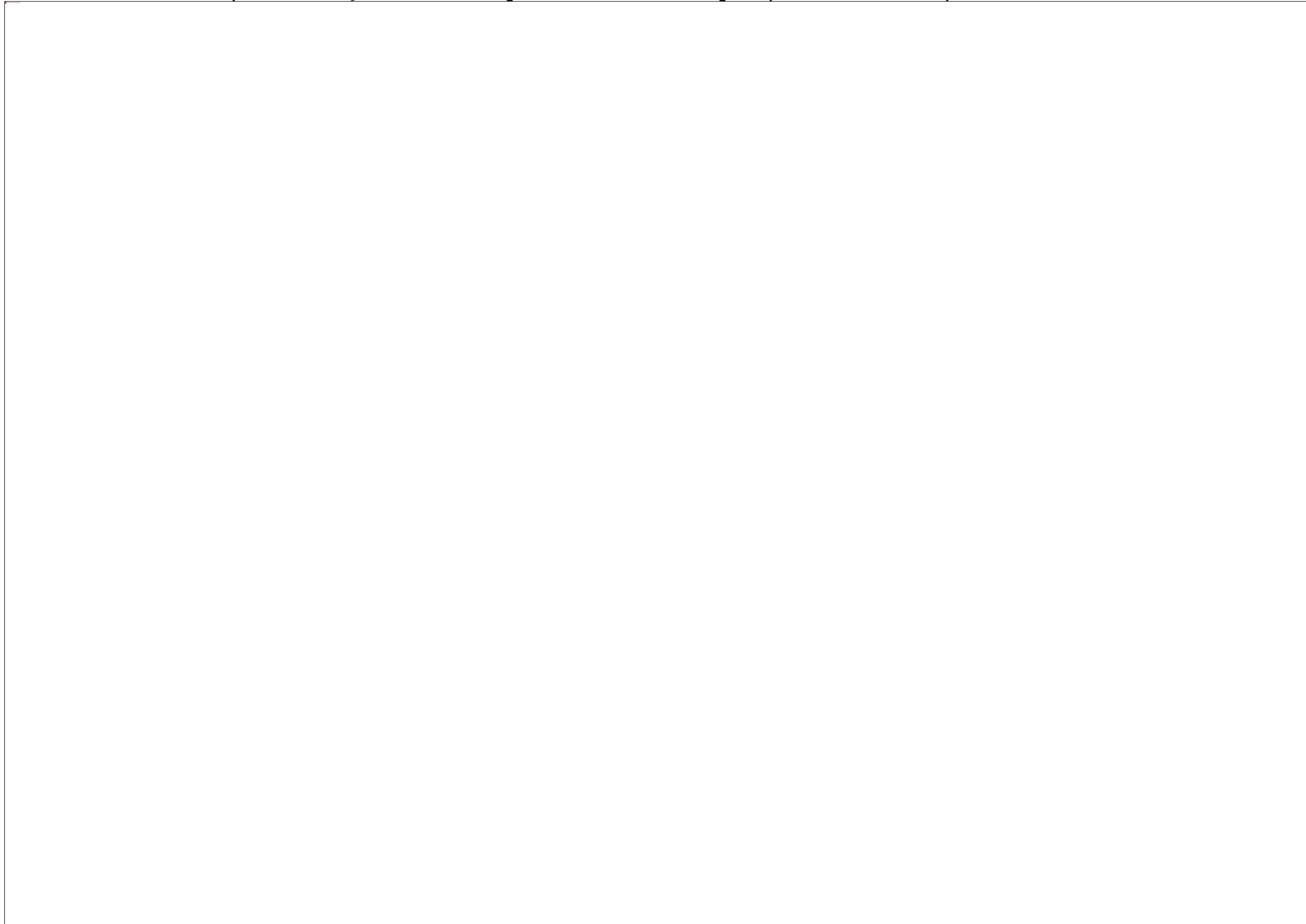


Fonte: ANA (2020b).

A área de drenagem a montante de cursos d'água enquadrados em classe especial estão disponíveis na base de metadados do IDE-SISEMA (2023), conforme o Mapa 5.39 e foi elaborada com base na hidrográfica ottocodificada/IGAM/2021.

Assim como as APEEs, os trechos de rios classificados como classe especial foram consideradas por IEF (2021a) como “oportunidades” para a para a implantação de políticas de conservação efetivas e onde existem menos conflitos com outros usos do solo e das águas. O peso adotado pelo estudo pode fornecer subsídios para análises e considerações sobre estes temas do diagnóstico em etapas futuras deste trabalho.

Mapa 5.39 - Localização das áreas de drenagem a montante dos cursos d'água enquadrados como classe especial em Minas Gerais.



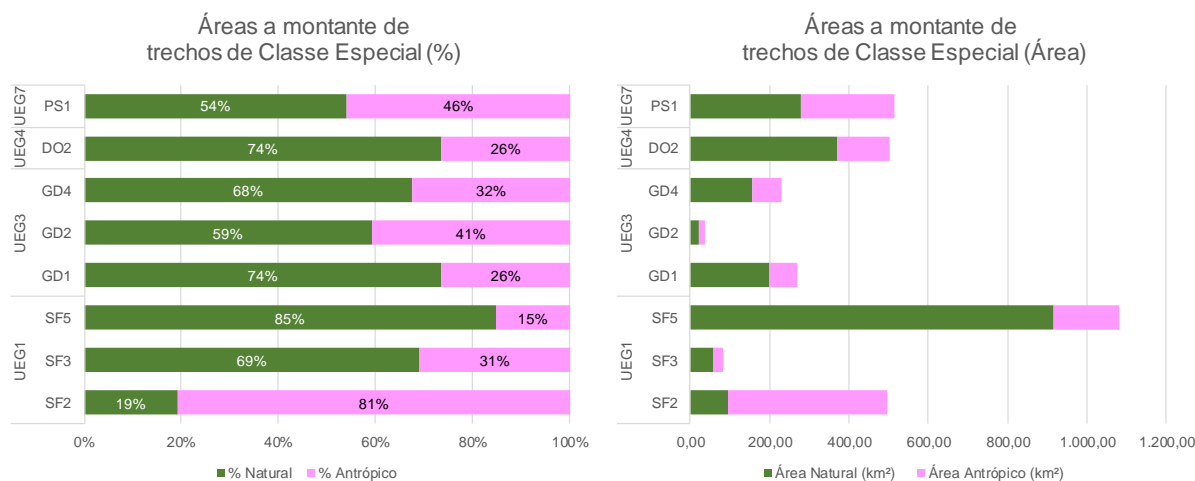
A fim de avaliar a situação da conservação e de antropização das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial, o Quadro 5.18 - Situação de conservação e antropização das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial nas CHs. apresenta a área total dessas bacias nas CHs, assim como a sua classificação em área natural e antrópica e os seus respectivos percentuais. A Figura 5.9, por sua vez, ilustra tais resultados. A reclassificação do uso do solo adotada para as classes natural e antrópica segue a metodologia apresentada no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Quadro 5.18 - Situação de conservação e antropização das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial nas CHs.

UEG	CH	CH (Nome)	Área Natural (km ²)	Área Antrópica (km ²)	Área total (km ²)	% Natural	% Antrópico
UEG1	SF2	Rio Pará	96,02	401,65	497,67	19%	81%
	SF3	Rio Paraopeba	58,07	26,04	84,11	69%	31%
	SF5	Rio das Velhas	915,87	165,73	1.081,61	85%	15%
UEG3	GD1	Alto rio Grande	198,85	71,43	270,27	74%	26%
	GD2	Rio das Mortes	21,74	14,98	36,73	59%	41%
	GD4	Rio Verde	155,27	74,55	229,82	68%	32%
UEG4	DO2	Rio Piracicaba	369,17	132,75	501,92	74%	26%
UEG7	PS1	Rios Preto e Paraibuna	278,07	235,73	513,80	54%	46%
Total Geral			2.093,06	1.122,86	3.215,92	65%	35%

Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.9 - Classificação em áreas naturais e antrópicas das áreas de drenagem dos trechos enquadrados como classe especial.



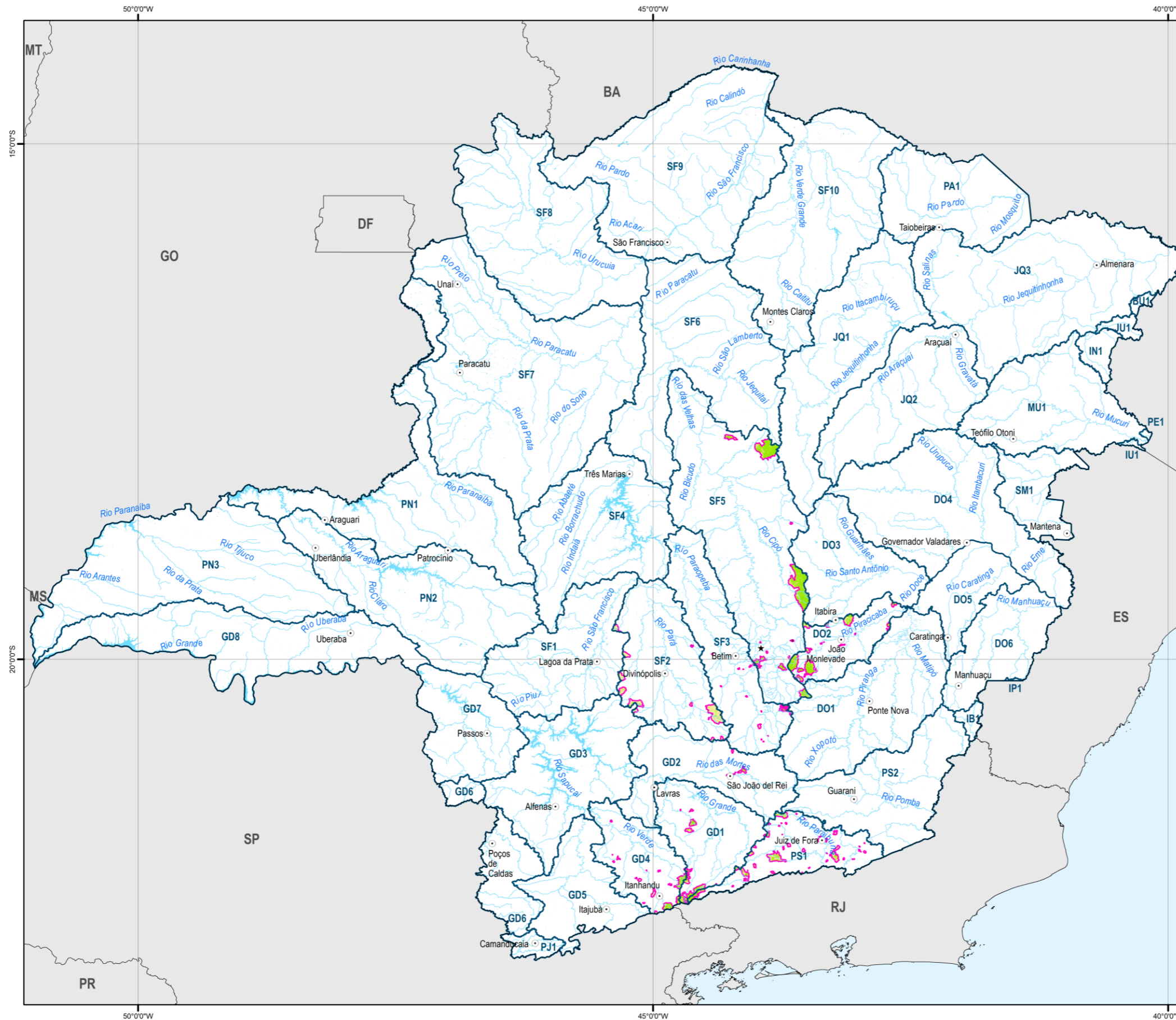
Fonte: elaboração própria.

Com base nas informações apresentadas, nota-se que as bacias que drenam corpos hídricos enquadrados com classe especial estão relativamente bem conservadas (65% de cobertura natural), o que é esperado em função dos objetivos destas áreas estarem associados a Unidades de Conservação de Proteção Integral e à proteção dos corpos hídricos e da biodiversidade.

As maiores áreas (e percentuais) antropizadas estão nas CHs SF2 (Rio Pará), com 401,65 km², que correspondem a 81% dessa área e na PS1 (Rios Preto e Paraibuna), com 235,73 km², que correspondem a 46% da área.

O Mapa 5.40 apresenta a situação de conservação das áreas a montante de trechos enquadrados como classe especial.

Mapa 5.40 - Conservação das áreas a montante de trechos enquadrados como classe especial.



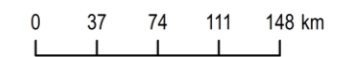
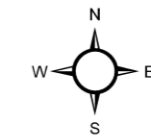
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água
- ▭ Áreas de bacia enquadrados como Classe Especial
- Cobertura do solo**
- Natural
- Antrópico

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2008/2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



5.7 Iniciativas de restauração ambiental na área do PMSH

A restauração ambiental é um meio de reestabelecer as funções ecológicas perdidas em áreas degradadas e urbanizadas, que são bastante presentes em regiões metropolitanas. Além de promover a conservação da biodiversidade, a partir da restauração dos ecossistemas, a sociedade se beneficia com os serviços ecossistêmicos de áreas preservadas, como a qualidade do ar e a qualidade e quantidade de água.

Em Minas Gerais existem diversas iniciativas de restauração ambiental, desde programas amplos que abrangem uma ou mais bacias hidrográficas, até ações pontuais, em municípios ou localidades, por exemplo. Essas ações incluem revitalização e recuperação de APPs, restauração de corredores ecológicos, proteção de nascentes e áreas de recarga, entre outras.

No âmbito estadual, o IEF possui uma atuação bastante significativa em programas de conservação e restauração de ecossistemas. A Copasa possui um programa de proteção e recuperação dos mananciais utilizados para a captação de água para abastecimento público das cidades operadas pela companhia. A Embrapa e o Igam também possuem alguns projetos de abrangência estadual. As principais bacias que compõem a rede hidrográfica do Estado (rios Doce, Grande, Jequitinhonha, Mucuri, Paraíba do Sul, Paranaíba, Pardo e São Francisco), por meio de seus comitês e de outras iniciativas espontâneas, possuem programas de restauração organizados nos seus territórios. Os programas e iniciativas nessas divisões territoriais identificados nesse plano são apresentados a seguir. Além disso, o Apêndice 2 apresenta um quadro resumo das iniciativas.

5.7.1 Programas Estaduais

5.7.1.1 Atuação do IEF

O IEF, vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), atua no desenvolvimento e conservação florestal, no estímulo às pesquisas científicas relacionadas à conservação da biodiversidade e na gestão de áreas protegidas e das unidades de conservação estaduais.

Nesse sentido, o Plano Estadual de Conservação e Restauração da Mata Atlântica (IEF, 2021b), elaborado pelo instituto, reúne alguns projetos voltados à restauração ambiental que estão sendo executados no Estado. O plano é composto por um conjunto de ações para a proteção, conservação e restauração da Mata Atlântica, desenvolvido pelo estado de Minas Gerais, por meio da SEMAD e do IEF, dentre as quais, destacam-se: proteção à fauna; criação e gestão de unidades de conservação; combate a incêndios florestais; fomento florestal e restauração ecológica de áreas de preservação permanente como nascentes e margens de cursos d'água; monitoramento florestal; fiscalização e regularização ambiental; implementação e gestão do Programa de Regularização Ambiental (PRA); manutenção de viveiros de produção e distribuição de mudas de espécies nativas; além das áreas desenvolvidas pelo Programa Bolsa Verde na seara dos pagamentos por serviços ambientais.

Um projeto que se destaca dentre os desenvolvidos pela SEMAD e IEF é o Projeto de Proteção da Mata Atlântica de Minas Gerais (Fase II) – Promata II, fruto de Contrato de Contribuição Financeira entre o banco alemão *KfW Entwicklungsbank* e o Governo do Estado

de Minas Gerais, firmado em 2009. O projeto foi iniciado em dezembro de 2011, após assinatura do contrato com consultoria de apoio técnico e teve a conclusão de sua execução em julho de 2019.

Em sua segunda fase, o projeto teve como objetivo principal “contribuir para a proteção da biodiversidade e para a recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica de Minas Gerais” e como objetivos secundários:

- 1) Proteger de maneira sustentável e integrada as unidades de conservação incluídas no projeto com suficientes recursos humanos, financeiros e instrumentos de gestão adequados; e
- 2) Contribuir para o fortalecimento de uma política de recuperação, recomposição e uso sustentável dos recursos naturais no entorno de UCs e áreas de conectividade.

O Projeto de Recuperação e Proteção dos Serviços do Clima e da Biodiversidade do Corredor Sudeste da Mata Atlântica Brasileira (Projeto Conexão Mata Atlântica) é executado pelo IEF e abrange duas sub-bacias pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – a dos Rios Pomba e Muriaé e a dos Rios Preto e Paraibuna. O objetivo do projeto é a recuperação ambiental de 2.200 hectares por meio de incentivos como, doação de material para cercamento, insumos para plantio, mudas e contratação de empresas para execução das ações de cercamento e plantio. O Projeto Conexão Mata Atlântica é realizado com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (*Global Environmental Facility* – GEF), tendo o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) como agência implementadora e a Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec) como executor financeiro. As ações do Projeto Conexão Mata Atlântica em Minas Gerais iniciaram-se em 2017, através do Acordo entre os Estados e a União, publicado em 2016, com vigência de 5 anos.

O IEF estimula a implementação da plataforma “Bosques Modelo (BM)”. Também conhecidos como Florestas Modelo, envolvem processos sociais, inclusivos e participativos que procuram o desenvolvimento sustentável de um território e, portanto, contribuem para alcançar objetivos globais de redução da pobreza, mudanças climáticas, luta contra a desertificação e metas de sustentabilidade.

Existem em Minas Gerais dois territórios reconhecidos pela Rede Iberoamericana de Bosques Modelo. O BM Mata Atlântica, criado em 2004, está situado na maior parte da área de abrangência do bioma no Estado, alcançando cerca de 2,5 milhões de hectares, no qual estão localizados mais de 230 municípios. O BM Mosaico Sertão Veredas Peruaçu, resultado da ampliação do BM Pandeiros, reconhecido desde 2005, estende-se por aproximadamente 1,8 milhão de hectares em 11 municípios. Dentre os resultados do projeto podem-se destacar o fomento ao extrativismo de frutos, a apicultura, horticultura, uso sustentável de madeira, fabricação de doces, dentre outros.

O Projeto Pró-Espécies: Todos contra a Extinção, do MMA está sendo executado para o território definido como Espinhaço Mineiro. A iniciativa promove, por meio da integração da União e Estados, a implementação de políticas públicas capazes de alavancar ações voltadas para reduzir as ameaças e melhorar o estado de conservação de pelo menos 290 espécies

com maiores riscos de serem extintas no Brasil. Nesse sentido, um dos objetivos do projeto consiste na elaboração de Planos de Ação Territoriais (PATs) que contemplem os territórios onde essas espécies estão distribuídas. Assim, o IEF atua no PAT Espinhaço Mineiro, no PAT Capixaba-Gerais e no PAT Veredas Goyas-Geraes.

A atuação do IEF inclui algumas outras ações que já são implementadas no Estado. Essas ações podem ser consideradas oportunidades para a região e compreendem iniciativas como a criação de corredores ecológicos, o apoio na elaboração dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA) em vários municípios mineiros, sendo que Teófilo Otoni foi o primeiro município a ter seu PMMA elaborado e implementado em Minas Gerais e já se encontra em fase de revisão, sempre com apoio do IEF e a aplicação da Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM), no Rio Doce, APA Alto Mucuri e no Corredor Ecológico Sossego Caratinga.

O IEF também atua por meio de parcerias com Acordos de Cooperação Técnica com OSCIPs, Associações e empresas privadas, no qual estas também possuem seus programas ambientais e metas ou mesmo débitos decorrentes de licenças ambientais e buscam o IEF para unir esforços na restauração e regularização de imóveis rurais..

Outra iniciativa relevante para a restauração ambiental no Estado é o Programa de Fomento Florestal. Por meio desse, além da assistência técnica fornecida pelas unidades regionais do IEF, o Instituto pode ceder mudas e insumos aos produtores rurais interessados em recuperar suas áreas. O programa possui três modalidades de fomento florestal: o fomento florestal ambiental, com foco na geração de serviços ecossistêmicos e na proteção da biodiversidade; o fomento florestal socioambiental, produzindo ambientes que conciliam interesses conservacionistas e de uso econômico; e o fomento florestal social, promovendo o reflorestamento com potencial econômico, visando a ampliação de renda no meio rural.

Algumas iniciativas já consolidadas em instrumentos legais para a preservação e restauração ambiental que são implementadas pelo IEF incluem o Programa Bolsa Verde, que se trata de incentivo financeiro para apoiar a conservação da cobertura vegetal nativa em Minas Gerais mediante pagamento por serviços ambientais aos proprietários e posseiros que já preservam ou que se comprometem a recuperar a vegetação de origem nativa em suas propriedades ou posses.

Outro instrumento legal é a Reposição Florestal, que se trata da obrigatoriedade da recomposição do volume de matéria-prima florestal explorado, mediante o plantio de espécies florestais adequadas ao consumo ou mediante pagamento e seu recurso pode ser usado para restauração, conforme a Lei Estadual 20.922 de 2013.

O Programa de Regularização Ambiental (PRA) é outro instrumento legal que possui o intuito de promover a regularização de posses e propriedades rurais que apresentem pendências ambientais, incluindo a implantação da recomposição de tais áreas, identificadas a partir da declaração no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Conforme o Decreto 48.127/2021, que regulamenta o PRA no estado, o programa tem por objetivo estimular a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP), de Reserva Legal (RL) e de Uso Restrito (AUR), em propriedades, que como já dito, tiveram a vegetação nativa no estado desmatada, antes de 22 de julho de 2008, e ainda, criar bases para uma economia voltada para a restauração de áreas verdes.

Partindo do pressuposto de que os produtores rurais são os protagonistas do processo de regularização ambiental dos imóveis rurais e que a sinergia entre os setores ambiental e produtivo é fundamental para o alcance e efetivação do PRA, o IEF iniciou em 2021 uma articulação interinstitucional para a construção conjunta da estratégia para mobilizar e engajar os proprietários/possuidores rurais para adesão ao Programa de Regularização Ambiental em Minas Gerais, dando origem ao Programa PRA Produzir Sustentável. Este Programa conta com apoio da Emater, Faemg, Fiemg, Fetaemg, Sindicatos de Produtores Rurais, TNC Brasil, bem como dos poderes públicos municipais, além de outros parceiros, como instituições de pesquisa e organizações da sociedade civil com atuação no território (IEF, 2023).

Dentre as ações do PRA Produzir Sustentável estão o mapeamento da governança dos territórios das 14 UFRBios do IEF distribuídas no estado, a promoção de oficinas técnicas de divulgação e promoção do programa em Minas Gerais, bem como formação de multiplicadores e apoio aos interessados na adesão ao Programa.

A partir de todos os programas apresentados, percebe-se uma ampla atuação do IEF em Minas Gerais, que abrange, principalmente, a regularização ambiental, gestão de UCs e coordenação dos diversos projetos de restauração e preservação. Nesses projetos, o Instituto realiza tanto a coordenação e desenvolvimento das ações, como também a articulação com os demais instituições e órgãos envolvidos, público e privados, e com os agentes financiadores, sendo um ator de extrema importância nos programas de restauração ambiental do estado.

5.7.1.2 Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa)

O Programa Socioambiental de Proteção e Recuperação de Mananciais – Pró-Mananciais tem por objetivo proteger e recuperar as microbacias hidrográficas e as áreas de recarga dos aquíferos dos mananciais utilizados para a captação de água para abastecimento público das cidades operadas pela Copasa.

Iniciado em 2017, o Pró-Mananciais integra o compromisso da empresa com a responsabilidade socioambiental e o desenvolvimento sustentável, buscando prevenir os efeitos agravados pela crise hídrica, no contexto das mudanças climáticas. O Programa traz em sua concepção a ideia de antecipar ações por meio do cuidado, da proteção e da recuperação das águas e dos pequenos cursos d'água, desde a sua nascente até o seu ponto de captação.

As ações são desenvolvidas a partir do estabelecimento de parcerias com as comunidades locais em conjunto com as prefeituras, representantes de escolas públicas, órgãos estaduais e ONGs, entre outros, visando a melhoria da qualidade e quantidade das águas, favorecendo a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Dentre as ações desenvolvidas, destacam-se o cercamento de nascentes e demais APPs, plantio de mudas nativas, construção de bacias de contenção de água de chuva (bolsões), bem como a realização de oficinas e capacitações em temas ambientais para o público escolar, agricultores e demais moradores do município, de forma a promover a cultura da sustentabilidade e, assim, ganhar cada vez mais parceiros na preservação ambiental.

5.7.1.3 Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam)

Como programa estadual também foi identificado o Somos Todos Água, que foi criado em 2020 e é gerido pelo Igam. Esse programa tem como objetivo desenvolver ações integradas, com a finalidade de conservação e recuperação da cobertura vegetal e da biodiversidade, controle da poluição, uso racional da água e a manutenção da quantidade e qualidade da água para garantia da segurança hídrica.

O Somos Todos Água (STA) é organizado em três eixos: conservação e recuperação da cobertura vegetal e da biodiversidade; manutenção da quantidade e qualidade da água, controle da poluição, uso racional dos bem e serviços ecossistêmicos; e garantia de sua provisão, principalmente daqueles associados à água.

O Somos Todos Água é composto pelas metas:

- Plano Mineiro de Segurança Hídrica, como fase de planejamento do STA; e
- Projeto de Revitalização na Bacia Hidrográfica do Rio Viamão.

5.7.1.4 Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG)

A Emater-MG desenvolve diversos projetos no Estado voltados para a educação e conservação ambiental e também para a promoção de práticas produtivas que não agridam o ambiente. A Empresa atua especialmente nas comunidades rurais, por meio de ações que promovam o equilíbrio entre o crescimento econômico e a preservação do meio ambiente, buscando a harmonia entre a tecnologia da produção rural e a sustentabilidade.

Uma das principais ações da Emater-MG na área ambiental é a revitalização da sub-bacia hidrográfica do rio São Francisco, desenvolvida em parceria com a Secretaria de Estado de Agricultura e Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf). Nos municípios de abrangência da sub-bacia, foram construídas barraginhas (para captação da água da chuva) e terraços, além da execução de trabalhos de proteção de nascentes e de adequação de estradas vicinais. Na etapa do Programa de Revitalização das Sub-bacias Hidrográficas do rio São Francisco realizada em 2022, foram investidos cerca de R\$ 1,82 milhão beneficiando 7 municípios da porção mineira da sub-bacia do rio São Francisco. Somente nessa etapa, foram construídas 2.460 barraginhas, 175 quilômetros de terraços, além da adequação ambiental de mais de 12 quilômetros de estradas vicinais (Seapa, 2022).

A Emater-MG desenvolve capacitações de agricultores familiares e técnicos da Fundação Renova, em diversas áreas, como bovinocultura, agroecologia, agroindústria e irrigação. O trabalho de consultoria técnica foi demandado pela Fundação, criada para coordenação, implementação e acompanhamento dos trabalhos de recuperação causados pelo rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, em Mariana, em novembro de 2015. O serviço é realizado por meio de um contrato de prestação de serviço. A Empresa realizou um amplo diagnóstico em propriedades atingidas em Mariana, Ponte Nova, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. Também foi elaborado um plano de adequação socioeconômica e ambiental das propriedades (Emater-MR, 2023).

5.7.1.5 Plano Conservador da Mantiqueira (PCM)

O Plano Conservador da Mantiqueira, firmado em 2016, é uma iniciativa coletiva do município de Extrema MG, da IUCN, da TNC BRASIL, da SOSMA, do WRI BRASIL e tem o apoio da ANA, sob a coordenação da FUNDAG, que busca a restauração florestal de 1,5 milhão de hectares em mais de 425 municípios da área de abrangência da Serra da Mantiqueira, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (341 municípios em MG), por meio de políticas públicas, capacidade técnica e governança municipal. A ação surgiu após o sucesso e expansão do consagrado projeto municipal Conservador das Águas, de Extrema, criado em 2005.

O Plano agrega diversas entidades de governo, incluindo o IEF como instituição parceira, iniciativa privada, comitês de bacias hidrográficas, unidades de conservação, organizações não governamentais ambientalistas, centros e universidades de pesquisas científicas, demonstrando a importância de ações conjuntas para atividades locais na implementação de medidas mais efetivas de combate às mudanças climáticas, possibilitando a compensação de milhões de toneladas de carbono e a preservação da biodiversidade, entre outros, além de garantir água para mais de 20 milhões de pessoas.

A mobilização visa promover a capacitação de gestores municipais e organizações que atuam na região de abrangência do programa por meio de palestras e treinamentos para a formação de profissionais aptos a replicarem o projeto.

Outro objetivo é canalizar recursos públicos para iniciativas tangíveis de restauração, além de apoiar os municípios na criação de projetos de lei e sua regulamentação, tanto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) quanto outras que possam fomentar a agenda de restauração, para que o proprietário rural e/ou o agricultor, principais agentes de transformação da restauração, recebam um incentivo ao promover a adequação ambiental de suas áreas e manter a qualidade dos mananciais, impactando positivamente na economia verde.

5.7.2 Programas por Bacia Hidrográfica

A organização territorial por bacias hidrográficas é bastante coerente para iniciativas voltadas a preservação ambiental, principalmente considerando que MG ficou conhecido como a "caixa d'água" brasileira, numa referência à relevância das suas bacias hidrográficas. As principais bacias que compõem a rede hidrográfica do Estado são as dos rios Doce, Grande, Jequitinhonha, Mucuri, Paraíba do Sul, Paranaíba, Pardo e São Francisco.

O Estado possui 36 comitês estaduais de bacia hidrográfica e seis comitês federais. No âmbito do RP006, relatório que apresenta o Subproduto 2J - Inventário de intervenções estruturais e não estruturais com a proposição de novas intervenções, foram levantadas informações acerca das intervenções não estruturais de diversos planos e projetos, dentre eles, dos Planos Diretores de Recursos Hídricos (PDRH). Considerando a temática de conservação dos recursos hídricos, foram observadas ações de recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de preservação permanente, bem como outras atividades como manejo de solo e água, controle de erosões, uso sustentável dos recursos hídricos, criação de áreas de restrição de uso, apoio e recuperação de UCs, recuperação de pastagens degradadas e Pagamento por Serviços Ambientais – PSA.

Abaixo serão descritos alguns programas e projetos de restauração ambiental realizados por esses comitês, além de outras instituições, como ONGs, prefeituras, empresas de saneamento, entre outros.

5.7.2.1 BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

5.7.2.1.1 *Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1)*

O Instituto Espinhaço está desenvolvendo o Projeto “Plantando Águas para o Rio São Francisco: Inovação em Restauração Florestal e Conservação de Solo e Água”, que abrange 100 municípios de MG. A ação visa promover a conservação do solo e da água e a recomposição da vegetação nativa em mais de 3 mil hectares no território da bacia hidrográfica do Alto Rio São Francisco. O projeto pretende aumentar a disponibilidade de água com qualidade e em quantidade, contribuindo com a segurança hídrica para o abastecimento público, para suporte à agricultura e às atividades industriais, além da geração de energia e apoio ao desenvolvimento rural sustentável.

5.7.2.1.2 *Bacia Hidrográfica do Rio Pará (SF2)*

O CBH do rio Pará executa o Programa de Conservação Ambiental e Produção de Água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Os objetivos do programa buscam maximizar o potencial de produção de água de uma determinada bacia hidrográfica a partir da ótica de delimitação em uma escala de microbacia. Em 2021 foram selecionadas as três primeiras sub-bacias do programa: microbacia do Ribeirão do Custódio; Ribeirão do Sapé, no município de Carmo do Cajuru, no médio curso; e o Ribeirão Pari, em Pompéu, no baixo Pará.

5.7.2.1.3 *Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (SF3)*

Na Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba não foram identificadas iniciativas de restauração ambiental por parte do comitê, porém, devido ao rompimento das barragens da Vale S/A, em Brumadinho, ter impactado significativamente a bacia, existem programas de reparação realizados pela Vale S/A e acompanhados pelo SISEMA. Em fevereiro de 2021 foi assinado o Acordo de Reparação Integral, que define as ações e pagamentos que devem ser realizados pela empresa Vale S/A para reparação socioeconômica e socioambiental, com valor estimado em 37,7 bilhões. Os projetos de recuperação ambiental do Acordo de Reparação Integral estão estimados em 5 bilhões de reais e incluem a recuperação do ribeirão Ferro-Carvão e do rio Paraopeba, manejo de fauna e flora, entre outros.

Entre as ações executadas até o momento pela empresa estão: o monitoramento da qualidade da água nos corpos hídricos afetados; o monitoramento da fauna aquática e terrestre; a remoção de rejeitos e estabilização das margens do ribeirão Ferro-Carvão; cercamento de APPs; recuperação do solo e controle de erosão; resgate de fauna e reintegração à natureza; monitoramento botânico; recuperação de espécies vegetais; e revegetação no marco zero. Está em desenvolvimento, ainda, o Plano de Reparação, que contempla a restauração ambiental em cinco frentes: preservação da flora e da fauna locais; remoção dos rejeitos em terra e dentro do rio, destinando-os para áreas seguras e controladas; contenção dos rejeitos, impedindo que cheguem ao rio nos períodos chuvosos; monitoramento e recuperação da qualidade da água e do solo; estudos de avaliação de risco à saúde humana e ecológica.

Na sub-bacia do rio Manso está em execução o Projeto Água Corrente, desenvolvido pela Fundação Biodiversitas. A iniciativa abrange os municípios mineiros de Rio Manso,

Brumadinho e Itatiaiuçu e busca restaurar 410 hectares de vegetação natural em APPs de nascentes e matas ciliares em parte da bacia do rio Manso. A restauração florestal será feita com a participação efetiva de pequenos produtores rurais locais, contribuindo para adequação das pequenas propriedades à nova Lei Florestal brasileira.

5.7.2.1.4 *Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (SF5)*

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas organiza dois programas voltados a restauração ambiental: Programa Revitaliza Rio das Velhas e Programa de Conservação e Produção de Água da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. O primeiro possui três focos principais de atuação, sendo um deles de conservação e produção de água. As ações desse programa incluem projetos no sentido de aumentar a permeabilidade do solo e armazenamento de água de chuva com a construção de barraginhas, além de ações de proteção de áreas de preservação ambiental, como a Serra do Cipó, de nascentes urbanas, rurais e de áreas de recarga. Ainda na fase de conservação do projeto estão as iniciativas para consolidar a trama verde-azul, prevista no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI), criando um mosaico de unidades de conservação com corredores ecológicos da Serra da Moeda ao Gandarela.

O Programa de Conservação e Produção de Água da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas consiste no desenvolvimento e execução de ações com o objetivo de maximizar o potencial de produção de água de sub-bacias hidrográficas, a partir do planejamento e execução de Soluções baseadas na Natureza (SbN). Inicialmente, serão selecionadas quatro sub-bacias para dar início ao Programa, que terá duração de seis anos. Após a escolha das microbacias prioritárias será feita a elaboração dos projetos técnicos, a implantação das intervenções e o monitoramento e assistência técnica.

O CBH Rio das Velhas e os subcomitês das Bacias Hidrográficas dos Ribeirões Onça e Arrudas realizaram a recuperação de 13 nascentes em Belo Horizonte, Sabará e Contagem. Os trabalhos foram realizados dentro do Projeto de Valorização de Nascentes Urbanas, responsável por mapear centenas de nascentes e elaborar um diagnóstico de suas principais características.

A Agência de Bacia Hidrográfica Peixe Vivo está desenvolvendo o Projeto “Revitalização da Bacia Hidrográfica Rio das Velhas” em Itabirito (MG). É um projeto piloto de soluções baseadas na natureza (SBN) para proteção de recursos hídricos. Os proprietários rurais da bacia do ribeirão Carioca serão capacitados para receber pagamento por serviços ambientais (PSA). Eles serão mobilizados e selecionados de acordo com as áreas prioritárias para conservação de recursos hídricos. Na sequência, serão elaborados e implantados projetos individuais, contendo as intervenções necessárias para restauração e conservação.

O Projeto “Recuperação de áreas degradadas da microbacia do Isidoro – sub-bacia do rio das Velhas” é desenvolvido nos municípios de Belo Horizonte e Santa Luzia (MG) pela empresa RMPC – meio ambiente sustentável. O projeto vai estabelecer um modelo de recuperação de nascentes e matas ciliares degradadas com o lançamento de esgoto doméstico na microbacia do Ribeirão Isidoro - especificamente nas nascentes e nos córregos da região. A ação visa garantir uma melhoria na qualidade da água aportada aos rios. A população próxima aos córregos Macacos, Fazenda Velha e Terra Vermelha passarão por capacitação sobre técnicas de recuperação.

O Projeto “Recomposição Florestal da Sub-bacia do Ribeirão Sabará-Caeté em Sabará – Região Metropolitana de Belo Horizonte” está sendo desenvolvido nos municípios de Sabará e Caeté (MG), pela empresa Probiomas Produtos e Serviços Ambientais. O objetivo desse projeto é ampliar a capacidade de coletar sementes e de produzir 60 mil mudas nativas e frutíferas por ano, de forma sustentável. A iniciativa visa melhorar o atendimento das demandas dos projetos de proteção de nascentes, a redução do assoreamento dos cursos d’água e a recomposição florestal de áreas degradadas da sub-bacia do Ribeirão Sabará-Caeté, com área de 120 hectares.

Foram identificadas algumas organizações sem fins lucrativos que possuem projetos na bacia do Rio das Velhas. O Instituto Espinhaço organiza o Projeto Semeando Florestas, Colhendo Águas na Serra do Espinhaço que visa contribuir para a restauração florestal por meio da produção de mudas arbóreas de espécies florestais nativas e da aceleração do processo de sucessão secundária.

Utilizando-se do Programa Bolsa Verde, a ONG The Nature Conservancy, por meio da Coalizão Cidades pela Água – Coalizão Belo Horizonte, realiza a conservação e restauração da sub-bacia do rio Itabirito, que faz parte do Alto Rio das Velhas, por meio de pagamentos por serviços ambientais aos produtores rurais da região.

O Projeto Manuelzão tem como área de atuação a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, escolhida como forma de superar a percepção municipalista das questões ambientais. Foram criados núcleos espalhados pela bacia que contam com a participação da sociedade civil, de representantes do poder público e de usuários de água. Seu objetivo é discutir e promover atividades relacionadas a questões ambientais locais, podendo contar com a parceria e orientação do Projeto Manuelzão.

5.7.2.1.5 Bacia Hidrográfica dos Rios Jequitá e Pacuí (SF6)

O Projeto “Entre rios: Projeto Riacho da Porta - Um caminho para a recuperação hídrica do rio São Francisco” é desenvolvido pela empresa Biocev Serviços de Meio Ambiente e tem como objetivo contribuir para a recuperação hídrica do rio São Francisco por meio da restauração de APPs, reserva legal e recarga hídrica na localidade de São Bento, município de Buritizeiro (MG). Entre as ações estão a implantação de parque e viveiro para produção de 200 mil mudas por ano, a restauração de 413 hectares e a capacitação de 600 pessoas.

5.7.2.1.6 Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu (SF7)

O Projeto “Córrego Coronel – ações de conservação de água e solo na microbacia do Rio Paracatu” é desenvolvido pela Associação do Município de Lagamar para a Proteção a Natureza (AMLPM) e tem o objetivo de proteger e recuperar APPs, principalmente nascentes e áreas de recarga de aquífero. Para isso, a ação cercará as nascentes e recuperará as áreas propícias ao abastecimento do lençol freático. A conservação de água e solo na microbacia do Rio Paracatu se dará por meio da construção de 200 bolsões, implantação de 71 hectares de terraços em nível, subsolagem e cercamento, além de plantio de 280 mudas nativas nas nascentes. No total, serão recuperados 140,9 hectares de área degradada.

5.7.2.1.7 Sub Bacia Mineira do Rio Urucuia (SF8)

O Projeto “Pró-Águas Urucuia” está sendo desenvolvido pelo Instituto Espinhaço e tem como objetivo a conservação do solo e da água e recomposição da vegetação nativa em mais de 2 mil hectares, na Bacia Hidrográfica do Rio Urucuia, estratégica para o Rio São Francisco. A ação visa aumentar a disponibilidade de água, contribuindo com a segurança hídrica para o abastecimento humano, a dessedentação animal e o suporte à produção agrícola ao desenvolvimento sustentável da região Noroeste de Minas Gerais.

5.7.2.1.8 Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio São Francisco (SF9)

O Projeto Pandeiros: “Revitalizar o rio, revitalizar seu povo” está sendo desenvolvido pela instituição Cáritas Diocesana de Januária nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, em MG. A ação pretende construir 1,5 mil barraginhas de contenção de processos erosivos, implantar 20 sistemas agroflorestais, capacitar 300 famílias e fazer o cercamento de nascentes. Além disso, o projeto prevê a construção de 200 terraços, a implantação de um viveiro de produção de mudas, de 100 sistemas de tratamento e reúso de águas cinzas e de 300 fossas com biodigestores.

O Projeto Recomposição Florestal e Desenvolvimento Sustentável das Sub Bacias do Ribeirão Pandeiros e do rio Pardo no município de Junuária (MG) é desenvolvido pela empresa Probiomas Produtos e Serviços Ambientais e tem como objetivo ampliar a capacidade de coletar sementes, de produzir e plantar mudas nativas e frutíferas de forma sustentável do viveiro Probiomas com o intuito de melhorar o atendimento das demandas dos projetos de proteção de nascentes à recomposição florestal na sub bacia do rio Pandeiros e do rio Pardo.

5.7.2.1.9 Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (SF10)

No norte de Minas Gerais está sendo desenvolvido o Projeto: “Ações de revitalização e recuperação da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande”. A instituição responsável pelo projeto é a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino Superior do Norte de Minas (Fadenor), com colaboração do Instituto de Ciência Agrárias (ICA) da UFMG. Esse projeto visa recuperar, conservar e promover ações de revitalização da bacia hidrográfica, com foco na sustentabilidade hídrica. Além disso, a ação vai construir 100 filtros de baixo custo para atender famílias ribeirinhas da região, a fim de melhorar a qualidade de água destinada ao consumo doméstico. A proposta ainda inclui a construção de aproximadamente 150 barraginhas, 40 terraços e cercamento de 50 nascentes com plantio de mudas nativas.

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável (IDS) está desenvolvendo o Projeto Nascentes Vivas na Bacia do Rio Verde Grande, em 27 municípios de MG. É previsto a recuperação de 1500 nascentes a partir da mobilização social e conhecimento técnico nas ações de plantio e monitoramento das nascentes recuperadas. Com a ação, o objetivo é aumentar a segurança hídrica do abastecimento de água para consumo humano, promover a sustentabilidade e gerar renda para as comunidades.

5.7.2.2 BACIA DO RIO GRANDE

O Projeto de Cadastramento de Nascentes vem sendo realizado pelo CBH Sapucaí e tem como premissa base conhecer as nascentes da região abrangente pela Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, sendo o mesmo de grande importância também no que se refere à adoção de medidas como a proteção e conservação do meio que as circundam, além de auxiliar na

gestão dos recursos hídricos como um todo, uma vez que no atual cenário de escassez necessitam de maior atenção. Nesse sentido, o CBH Sapucaí já atuou nos municípios de Piranguçu e Delfim Moreira e, no presente momento, está desenvolvendo o mesmo nos municípios de Pouso Alegre e Santa Rita do Sapucaí. Vale ressaltar ainda que existe uma lista de outros municípios a serem contemplados pelo Projeto.

O município de Uberaba conduz, desde 2014, um projeto do Programa Produtor de Água na sub-bacia do rio Mutum, parte da bacia do rio Grande. Fazendo jus ao perfil do município, os produtores rurais participantes deste projeto são pecuaristas. No âmbito desta iniciativa, suas propriedades rurais estão sendo contempladas com reflorestamento das matas ciliares degradadas.

O “Projeto Oásis - Nascentes de Pimenta” é desenvolvido no município de Pimenta, localizado às margens do Lago de Furnas, no centro-oeste mineiro. O Projeto tem como principal característica, o PSA, e atualmente iniciou suas ações com o desenvolvimento dos Projetos Individuais das Propriedades – PIP’s, caminhando para em breve, dar início às práticas de conservação.

O “Produtor de Água de Itanhandu-MG” é um programa de PSA que abrange o Alto do Rio Verde e visa a melhoria da qualidade e quantidade da água para abastecimento humano por meio da conservação do solo e da manutenção da qualidade ambiental. O programa vem sendo executado em Itanhandu desde fevereiro de 2018, abrangendo uma área de aproximadamente 215 hectares. O Produtor de Águas de Itanhandu é gerido pela Prefeitura Municipal e em sua primeira fase recebeu recursos da ANA. Nos anos de 2018 e 2019 foi executado o manejo de estradas rurais e grande parte dos cercamentos e do reflorestamento previstos no projeto. Em 2020 foram feitas as obras de 10 barraginhas, continuação das ações de cercamento (91% concluído) e reflorestamento (87% de conclusão). Esta etapa do PSA, chamada de piloto, irá garantir a conservação de aproximadamente 30 hectares de floresta nativa e a recuperação de aproximadamente 10 hectares de APP.

5.7.2.3 BACIA DO RIO PARANAÍBA

O Programa Buriti é uma iniciativa do Departamento Municipal de Água e Esgoto (Dmae) de Uberlândia e tem como parceiros a Associação da Bacia Hidrográfica do Araguari (Abha Gestão de Águas) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (CBH Araguari). As ações de proteção são desenvolvidas em propriedades rurais localizadas nas bacias dos rios Uberabinha, Araguari e ribeirão Bom Jardim, mananciais responsáveis pelo abastecimento em Uberlândia. O programa foi regulamentado pela Lei Municipal nº 10.066/2008 e suas alterações – nº 11.806/2014 e nº 12.736/2017. Desde 2008, o Programa Buriti já executou o plantio de 501 mil mudas nativas, cercamento de aproximadamente 627 mil metros lineares e mais de 7 mil horas-máquina de trabalho com a realização de barraginhas, terraceamento, curva de nível e readequação de estradas vicinais. Com estas ações, aproximadamente 6,9 mil hectares de APP foram preservados.

5.7.2.4 BACIA DO RIO DOCE

A Fundação Renova, criada com o exclusivo propósito de gerir ações de reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, possui contratos com 12 parceiros, com execução em andamento, para restauração florestal de 15.500 hectares na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Até agora, cerca de R\$ 100 milhões já foram investidos da restauração florestal

compensatória, com aproximadamente 2.400 hectares em processo de recuperação. No campo reparatório, foi concluída, no primeiro trimestre de 2021, a restauração de cerca de 550 hectares de florestas e áreas de preservação permanente em Mariana, Barra Longa, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e Ponte Nova. Além disso, entre 2023 e 2024, a Fundação Renova está destinando cerca de R\$ 540 milhões para restaurar áreas florestais – sendo cerca de R\$ 370 milhões em Minas Gerais. Os recursos serão aplicados em contratações de fornecedores para recuperar aproximadamente 16 mil hectares, sendo 8,6 mil hectares na bacia do rio Manhuaçu (MG), 2,8 mil hectares nas bacias do Piranga (MG), do Santa Maria (ES) e do rio Corrente (MG) e 5 mil hectares na bacia do rio Guandu (ES).

O projeto de recuperação ambiental de nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Doce foi desenvolvido pela empresa GosFlorestal para o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Caratinga e Agência de Bacias IBIO AGB Doce. Ele promoveu o cercamento e revitalização de 13 nascentes na Bacia Hidrográfica no Rio Doce, no município de Santa Bárbara do Leste – MG, uma área formada somente por agricultores familiares. O processo de revitalização foi realizado através da implantação de Sistemas Agroflorestais, utilizando-se uma combinação de espécies florestais nativas madeireiras e frutíferas com outras espécies frutíferas exóticas.

5.7.2.5 BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

O Programa de Recuperação das Nascentes e Matas Ciliares do Ribeirão Calhauzinho e seus Afluentes é um programa lançado em 2019 pela Prefeitura de Araçuaí. O programa vai recuperar uma área equivalente a 33 hectares, em propriedades que foram selecionadas que abrangem desde a nascente do Ribeirão Calhauzinho na comunidade Grupiara às propriedades na comunidade Calhauzinho das Neves, o projeto prevê a restauração da mata ciliar ao longo dos cursos d'água. A parceria foi firmada entre a administração municipal e a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG.

5.7.2.6 BACIA DO RIO PARDO

O Projeto Bem Diverso é fruto da parceria entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com recursos do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF). Esse projeto tem como objetivo principal a conservação da biodiversidade em paisagens de múltiplos usos por meio de um arcabouço fortalecido de uso e manejo sustentável de Produtos Florestais não madeireiros (PFNMs) e Sistemas Agroflorestais (SAFs). Seu público-alvo são agricultores familiares e comunidades tradicionais, grupos cuja sobrevivência e geração de renda dependem da biodiversidade. O projeto atua diretamente em seis Territórios da Cidadania que estão localizados em três biomas brasileiros, sendo um destes o Alto Rio Pardo (MG) no Bioma Cerrado.

5.7.2.7 BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

O Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), junto aos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) Afluentes do Paraíba do Sul, desenvolve o Programa Mananciais, que seleciona microbacias-alvo para receber investimentos para o desenvolvimento de Projetos Participativos de Incremento de Serviços Ambientais (PRISMAs), que são elaborados em parceria com comunidades locais, objetivando a melhoria dos recursos hídricos na área. Os PRISMAs estão divididos em três categorias: intervenções para conservação dos serviços ecossistêmicos, que incluem cercamento, prevenção a

incêndios, controle de espécies invasoras; intervenções para recuperação dos serviços ecossistêmicos, que são as práticas mecânicas de conservação do solo, práticas edáficas de conservação do solo, manejo de pastagens, integração lavoura pecuária e floresta, práticas vegetativas de conservação do solo, recomposição da vegetação nativa e intervenções para desenvolvimento territorial, que englobam o saneamento rural, criação de RPPNs, Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), certificação de produtos agroflorestais, uso racional da água na produção agropecuária. As microbacias-alvo contempladas no 1º ciclo do Programa, na porção mineira foram: Córrego do Zíper (1.471,70 ha), na área do Comitê Preto Paraibuna; e Ribeirão Água Limpa (1.485,54 ha) na área do Comitê Pomba e Muriaé.

5.7.2.8 BACIA DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

O projeto “Conservador das Águas” é desenvolvido município de Extrema, localizado na Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais, divisa com São Paulo. O Projeto foi concebido em 2005, através da Lei Municipal nº 2.100 com o objetivo de manter a qualidade dos mananciais de Extrema e promover a adequação das propriedades rurais. Nas sub-bacias das Posses, Saltos e Forjos, entre 2007 e 2015, foram plantadas mais de 1 milhão de mudas de árvores nativas, contabilizando 6.135 hectares protegidos em um total de 7.300 hectares.

O Projeto de Recuperação do Rio Capivari é desenvolvido em Bom Despacho, um município do interior de Minas Gerais. Nos moldes do PSA, foi um dos primeiros na localidade. Sua Unidade de Gestão (UGP) é composta pelas principais instituições da cidade, principalmente em tratando-se de meio ambiente. Ao todo, são mais de 50 hectares recuperados, que corresponde a 30 propriedades rurais. Essa iniciativa continua em operação atualmente, inclusive com expansão para outras regiões adjacentes ao Rio Capivari.

5.7.2.9 BACIA DO RIO MUCURI

O Projeto Nascentes do Mucuri (PNM) é uma iniciativa da empresa Suzano SA e conta com a parceria de multilideranças do setor privado, ONGs, órgãos do governo e pessoas físicas, para estimular o uso de técnicas agroecológicas, a restauração ecológica e a cultura da preservação na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, com foco nas águas e melhoria da qualidade de vida das pessoas do lugar. O projeto visa promover o bom uso dos recursos naturais em propriedades rurais na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, estimulando a conservação e recuperação de nascentes, cursos hídricos e demais áreas de preservação permanente (restauração ecológica), assim como a transição para a agroecologia nas práticas agrícolas, orientando as famílias rurais para uma produção sustentável, aliando segurança alimentar, geração de renda e preservação ambiental. Os trabalhos são desenvolvidos nos municípios de Malacacheta, Poté, Ladainha e Teófilo Otoni, em MG, onde 490 APPs e mais de 270 ha estão em processo de restauração ecológica, mais de 35 mil mudas foram plantadas e mais de 400 kg de sementes de adubação verde foram semeadas.

5.8 Considerações finais

As avaliações deste relatório sobre a conservação e proteção legal das áreas em cada circunscrição hidrográfica apontam duas vertentes que contribuem para a gestão da segurança hídrica em Minas Gerais. A primeira vertente aborda áreas protegidas de forma abrangente, enquanto a segunda se concentra na segurança hídrica. Os resultados obtidos nas duas vertentes atingem os objetivos deste produto, avaliando o grau de conservação das áreas protegidas e identificando seu impacto na segurança hídrica.

Para isso, realizou-se uma análise da distribuição do uso e da cobertura do solo em Minas Gerais, destacando as circunscrições hidrográficas da UEG2 devido à maior cobertura natural. Essa análise direcionou a avaliação das vertentes mencionadas e identificou a presença de utilização antrópica nessas áreas.

A primeira vertente visou avaliar a distribuição de áreas protegidas em Minas Gerais, incluindo Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais, Unidades de Conservação e áreas prioritárias para conservação da biodiversidade. Além disso, comparou as áreas indicadas para conservação da biodiversidade com as áreas legalmente protegidas. Essas avaliações contribuíram para a segunda vertente e para as etapas futuras do PMSH.

A segunda vertente identificou áreas prioritárias para preservação, conservação e restauração ambiental para a segurança hídrica, apresentadas no Capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Essas áreas desempenham um papel fundamental na oferta de serviços ecossistêmicos relacionados aos recursos hídricos, como a regulação do balanço sedimentar, do ciclo hidrológico, da retenção de nutrientes e da regulação socioeconômica. Os resultados indicaram as áreas que necessitam de esforços para aumentar a cobertura natural, principalmente nas circunscrições CHs PN1, GD8, SF4, SF2, GD2 e PN3 para a Conservação e Revitalização de Mananciais e nas CHs GD8, DO5 e SF2 para a Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica.

As Áreas Prioritárias para a Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática e para a Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres também foram analisadas. Nessas áreas, os resultados obtidos indicam que esforços para a ampliação da cobertura natural devem ser maiores nas CHs GD6, PN3, GD8, GD5 e SF2 para as Áreas Prioritárias para a Conservação, Restauração e Usos Sustentável da Biodiversidade Aquática e nas CHs PN2, PN1, GD7, GD8 e SF2 para as Áreas Prioritárias para a Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres.

As Áreas de Proteção Especial Estadual, que desempenham papel de preservação nas bacias de drenagem de mananciais importantes, foram avaliadas com foco na cobertura natural, revelando os menores percentuais nas CHs PN2, DO5, SF2 e SF4.

Além disso, foram avaliadas as áreas a montante de trechos com classe espacial e as Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em Minas Gerais, que também têm um impacto importante na oferta de serviços ecossistêmicos relacionados à segurança hídrica.

Entre todas as áreas analisadas, as CHs GD8 e SF2 se destacam por terem baixos percentuais de cobertura natural em áreas prioritárias. Esses resultados atendem aos objetivos deste produto e fornecem informações importantes para as próximas etapas do PMSH.

Por fim, as iniciativas de restauração ambiental apresentadas no capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.** cumprem com o objetivo de compilar iniciativas de restauração ambiental relacionadas à segurança hídrica em andamento no estado de Minas Gerais.

O conjunto de subsídios gerados se encaixa na próxima etapa do PMSH, de mapeamento de áreas prioritárias, como subsídio direto à proposição de critérios, especialmente porque possibilita não só a localização das áreas mais relevantes, mas também porque analisa o grau de conservação dessas áreas como apresentado no capítulo **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Essas áreas são chave para oferta dos serviços sistêmicos já listados e podem refletir na ampliação da oferta de água e na melhora ou manutenção da qualidade dessa. Essas informações também possibilitam uma visão ampla das necessidades das diferentes áreas e, por isso, possui capacidade de orientar a proposição de ações na etapa de elaboração do Banco de Projetos.

5.9 Referências bibliográficas

ADAS, M. A. A., 2018. Mata ciliar e valoração dos serviços ecossistêmicos para regulação de qualidade da água da bacia do Guarapiranga (São Paulo): projeções de cenário futuro (2030) e de atendimento à legislação ambiental/ Mariana Amelia Arantes Adas. f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2018. 72p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2017. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO 2017 5k). Brasília, DF. 2017.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília, DF: ANA, 2019.

CASTRO, J. I. A., 2020. Utilização da plataforma InVEST para estimar serviços ecossistêmicos no Planalto do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Dissertação de Mestrado. 2020.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v. 28, p. 1–16.

DE GROOT, R.; BRANDER, L., VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; MCVITTIE, A. PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.C.; TEN BRINK, P. VAN BEUKERING, P., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, v. 1, n. 1, p. 50-61.

Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. 2010. *Ecological Economics*, 69(9), 1858–1868. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>

Emater-MG, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. AGENDA: MEIO AMBIENTE E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_pagina_interna&id=26236. Acesso em julho de 2023.

ICMBio, INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Reservas Particulares do Patrimônio Natural. Disponível em: <https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/>. Acesso em janeiro de 2023.

IDE-SISEMA, INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Unidades de Conservação. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em janeiro de 2023.

IEF, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS, 2021a. Áreas prioritárias: estratégias para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de Minas Gerais / Realização, Instituto Estadual de Florestas; Execução, Universidade Federal de Minas Gerais, WWF Brasil, Fundação Biodiversitas; Colaboração, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e

Desenvolvimento Sustentável; Fundação Estadual do Meio Ambiente, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. – Belo Horizonte: IEF, 2021. 162 p.

IEF, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS, 2021b. Plano Estadual de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica / Realização Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Instituto Estadual de Florestas – Belo Horizonte: IEF, 2021. 151 p.

IEF, INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS. PRA Produzir Sustentável. Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais – PRA-MG. 2023. Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2023/PRA/PRA_Produzir_Sustent%C3%A1vel_final.pdf. Acesso em: jul. 2023.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais 2020. Belo Horizonte: Igam, 2020.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Gestão e situação das águas de Minas Gerais: ações para segurança hídrica. Belo Horizonte: Igam, 2021.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais: Ciclo 2019 - 2022. Belo Horizonte: Igam, 2022.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA, 2022. Áreas prioritárias para Biodiversidade. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/areas-prioritarias-para-biodiversidade>

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA, 2018a. Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. Acesso em dezembro de 2022.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA, 2018b. Mapa de Sítios da Aliança Brasileira para Extinção Zero. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80046/Especies/SitiosBAZE_2018.rar.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA, 2018c. Unidades de Conservação disponíveis no Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>. Acesso em janeiro de 2023.

SAVE Brasil, 2006. Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil: parte 1 – estados do domínio da Mata Atlântica. / organizadores Glayson A. Bencke, Giovanni N. Maurício, Pedro F. Develey e Jaqueline M. Goerck. São Paulo: SAVE Brasil, 2006. 494 p.

Seapa. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. 2022. Programa de Revitalização das Sub-bacias do rio São Francisco entrega 2.460

barraginhas em 2022. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/programa-de-revitalizacao-das-sub-bacias-do-rio-sao-francisco-entrega-2460>. Acessi em julho de 2023;

SILVEIRA, V. M. M. Proposta de estrutura analítica de base sistêmica para suporte ao planejamento e gestão ambiental. 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/203836>. Acesso em: jun. 2023.

SILVEIRA, V. M. M. et al. UNIDADES DE PLANEJAMENTO COM BASE ECOSSISTÊMICA PARA AMBIENTES COSTEIROS. X Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro - X ENCOGERCO. Anais...Rio Grande, RS, Brasil: 2017.

UNEP, UN ENVIRONMENT PROGRAMME. Convenção em Diversidade Biológica. Comunicado de imprensa oficial da CBD - 19 de dezembro de 2022, Montreal. Disponível em: <https://www.cbd.int/article/cop15-cbd-press-release-final-19dec2022>.

APÊNDICES

APÊNDICE XV - UCS LOCALIZADAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PMSH

APÊNDICE XVI - RESUMO INICIATIVAS DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL