

SUBPRODUTO 2E

Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à eventos extremos

SUBPRODUTO 2F

Estudo das implicações econômicas dos eventos extremos

SUBPRODUTO 2G

Estudo de vulnerabilidade hídrica e da exposição do ambiente à rompimento de Barragens



RP003
RELATÓRIO PARCIAL 003

PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA



APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste do Relatório Parcial 003 PROFILL/ ENGE CORPS para a execução técnica do PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA – PMSH.

O Relatório Parcial 003 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).

Setembro de 2023.



LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1 – Tipologia de desastres catalogados no Cobrade.	17
Quadro 3-2 – Registros de desastres de causas naturais no estado de Minas Gerais entre 2013 e 2022.	19
Quadro 3-3 – Número de registros anuais dos desastres das causas mais recorrentes no estado de Minas Gerais.	21
Quadro 3-4 – Classificação do Monitor de Secas da ANA.	28
Quadro 3-5 – Matriz de Vulnerabilidade a Inundações.	29
Quadro 3-6 – Classificação das CHs em níveis de probabilidade de ocorrência de desastres por eventos extremos de causas naturais.	66
Quadro 3-7 – Limites das classes de danos humanos, danos materiais e prejuízos dos desastres naturais para avaliação por CH.	93
Quadro 3-8 – Classificação das CHs por consequências de desastres naturais, em danos humanos, danos materiais e prejuízos.	93
Quadro 3-9 – Classificação final das CHs por consequências dos desastres naturais.	94
Quadro 3-10 – Interpretação do teste de Mann-Kendall, para um nível de significância $\alpha = 0,05$	99
Quadro 3-11 – Indicadores selecionados para a avaliação de tendências com o Teste Mann-Kendall.	100
Quadro 3-12 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de precipitação.	105
Quadro 3-13 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 1 para os indicadores de vazão.	106
Quadro 3-14 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de precipitação.	106
Quadro 3-15 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 2 para os indicadores de vazão.	106
Quadro 3-16 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de precipitação.	107
Quadro 3-17 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 3 para os indicadores de vazão.	107
Quadro 3-18 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de precipitação.	108
Quadro 3-19 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 4 para os indicadores de vazão.	108
Quadro 3-20 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de precipitação.	108
Quadro 3-21 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 5 para os indicadores de vazão.	109
Quadro 3-22 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de precipitação.	109

Quadro 3-23 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 6 para os indicadores de vazão.....	109
Quadro 3-24 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de precipitação.....	110
Quadro 3-25 – Predominância das tendências identificadas em cada CH da UEG 7 para os indicadores de vazão.....	110
Quadro 3-26 – Matrix de Riscos 5 x 5.	123
Quadro 3-27 –Risco relacionado a desastres naturais por CH em Minas Gerais.	123
Quadro 3-28 – Matrix de Riscos 3 x 3.	126
Quadro 3-29 – Classificação das CHs pelo risco projetado considerando tendências de eventos extremos e densidade populacional.....	127
Quadro 3-30 – Indicadores para avaliação da segurança hídrica por UEG.	130
Quadro 3-31 – 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).	132
Quadro 4-1 – Danos ou prejuízos considerados no PMSH.....	138
Quadro 4-2 – Danos humanos por tipo de desastre.....	139
Quadro 4-3 – Danos materiais por tipo de desastre.....	140
Quadro 4-4 – Prejuízos econômicos por tipo de desastre.....	140
Quadro 5-1 - Número de barragens por tipo de uso.....	147
Quadro 5-2 – Empreendedores com mais barragens cadastradas no estado.	148
Quadro 5-3 – Número de barragens por UEG e CH.	152
Quadro 5-4 - Número de barragens <i>off-stream</i> cadastrados por URGA.	156
Quadro 5-5 - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.	158
Quadro 5-6 – Lista de barragens que preocupam os órgãos fiscalizadores conforme o RSB 2021.....	166
Quadro 5-7 - Áreas Prioritárias para a Conservação de Ecossistemas Aquáticos do PSCRMG-2020 por CH em trechos sob risco de rompimento de barragens.	205
Quadro 5-8 – Número de captações de abastecimento público por CH em trechos sob risco de rompimento de barragens.....	207

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.	23
Figura 3.2 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022 (foco na faixa de 0 a 50 eventos).....	23
Figura 3.3 – Mês de ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.	23
Figura 3.4 – Histórico dos dados tabulares de seca para o Estado de Minas Gerais.	29
Figura 3.5 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação acumulada anual e mensais.	100
Figura 3.6 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva anual e mensais.	101
Figura 3.7 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação diária máxima anual e mensais.	101
Figura 3.8 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico.	102
Figura 3.9 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico.	102
Figura 3.10 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias consecutivos sem chuvas no ano hidrológico.	103
Figura 3.11 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão média anual e mensal.	104
Figura 3.12 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão máxima no ano hidrológico.	104
Figura 3.13 – Estrutura representativa para definição da vulnerabilidade, no contexto da mudança do clima.....	131
Figura 3.14 – Recarga total dos sistemas aquíferos em km ³ /ano por UEG.	133
Figura 3.15 - Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesado baseado no índice DRASTIC modificado.	135
Figura 5.1 - Número de barragens por uso principal, categorias mais recorrentes.....	148
Figura 5.2 - Indicador de Completude da Informação - SNISB.	149
Figura 5.3 - Material das barragens.....	150
Figura 5.4 - Barragens por faixas de altura.	151
Figura 5.5 - Barragens por faixas de volume (capacidade).....	151
Figura 5.6 – Barragens <i>off-stream</i> por altura.....	157
Figura 5.7 – Barragens <i>off-stream</i> por volume.	157
Figura 5.8 - Distribuição das barragens em classes e seus índices DPA e CRI.	159
Figura 5.9 - Distribuição das barragens na CH SF1, classificadas em relação à segurança hídrica.	173
Figura 5.10 - Distribuição das barragens na CH SF2, classificadas em relação à segurança hídrica.	174

Figura 5.11 - Distribuição das barragens na CH SF3, classificadas em relação à segurança hídrica.	175
Figura 5.12 - Distribuição das barragens na CH SF4, classificadas em relação à segurança hídrica.	176
Figura 5.13 - Distribuição das barragens na CH SF5, classificadas em relação à segurança hídrica.	177
Figura 5.14 - Distribuição das barragens na CH SF6, classificadas em relação à segurança hídrica.	178
Figura 5.15 - Distribuição das barragens na CH SF7, classificadas em relação à segurança hídrica.	179
Figura 5.16 - Distribuição das barragens na CH SF8, classificadas em relação à segurança hídrica.	180
Figura 5.17 - Distribuição das barragens nas CHs SF9 e SF10, classificadas em relação à segurança hídrica.	181
Figura 5.18 - Distribuição das barragens na CH GD1, classificadas em relação à segurança hídrica.	182
Figura 5.19 - Distribuição das barragens na CH GD2, classificadas em relação à segurança hídrica.	183
Figura 5.20 - Distribuição das barragens na CH GD3, classificadas em relação à segurança hídrica.	184
Figura 5.21 - Distribuição das barragens na CH GD4, classificadas em relação à segurança hídrica.	185
Figura 5.22 - Distribuição das barragens nas CHs GD5 e PJ1, classificadas em relação à segurança hídrica.	186
Figura 5.23 - Distribuição das barragens na CH GD6, classificadas em relação à segurança hídrica.	187
Figura 5.24 - Distribuição das barragens na CH GD7, classificadas em relação à segurança hídrica.	188
Figura 5.25 - Distribuição das barragens na CH GD8, classificadas em relação à segurança hídrica.	189
Figura 5.26 - Distribuição das barragens na CH DO1, classificadas em relação à segurança hídrica.	190
Figura 5.27 - Distribuição das barragens na CH DO2, classificadas em relação à segurança hídrica.	191
Figura 5.28 - Distribuição das barragens na CH DO3, classificadas em relação à segurança hídrica.	192
Figura 5.29 - Distribuição das barragens na CH DO4, classificadas em relação à segurança hídrica.	193
Figura 5.30 - Distribuição das barragens na CH DO5, classificadas em relação à segurança hídrica.	194
Figura 5.31 - Distribuição das barragens na CH DO6, classificadas em relação à segurança hídrica.	195

Figura 5.32 - Distribuição das barragens nas CHs MU1, PE1, IU1 e SM1, classificadas em relação à segurança hídrica.	196
Figura 5.33 - Distribuição das barragens nas CHs JQ1 e PA1, classificadas em relação à segurança hídrica.	197
Figura 5.34 - Distribuição das barragens na CH JQ2, classificadas em relação à segurança hídrica.	198
Figura 5.35 - Distribuição das barragens nas CHs JQ3 e BU1, classificadas em relação à segurança hídrica.	199
Figura 5.36 - Distribuição das barragens na CH PN1, classificadas em relação à segurança hídrica.	200
Figura 5.37 - Distribuição das barragens na CH PN2, classificadas em relação à segurança hídrica.	201
Figura 5.38 - Distribuição das barragens na CH PN3, classificadas em relação à segurança hídrica.	202
Figura 5.39 - Distribuição das barragens na CH PS1, classificadas em relação à segurança hídrica.	203
Figura 5.40 - Distribuição das barragens nas CHs PS2 e IB1, classificadas em relação à segurança hídrica.	204

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Desastres naturais registrados por município em Minas Gerais de 2013 à 2022.	25
Mapa 3.2 – Classificação dos desastres relacionados à pluviosidade por município.	27
Mapa 3.3 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF1.	31
Mapa 3.4 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF2.	32
Mapa 3.5 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF3.	33
Mapa 3.6 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF4.	34
Mapa 3.7 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF5.	35
Mapa 3.8 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF6.	36
Mapa 3.9 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF7.	37
Mapa 3.10 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF8.	38
Mapa 3.11 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF9.	39
Mapa 3.12 – Trechos de curso d'água inundáveis na SF10.	40
Mapa 3.13 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD1.	41
Mapa 3.14 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD2.	42
Mapa 3.15 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD3.	43
Mapa 3.16 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD4.	44
Mapa 3.17 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD5.	45
Mapa 3.18 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD6.	46
Mapa 3.19 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD7.	47
Mapa 3.20 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD8.	48
Mapa 3.21 – Trechos de curso d'água inundáveis na PJ1.	49
Mapa 3.22 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO1.	50
Mapa 3.23 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO2.	51
Mapa 3.24 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO3.	52
Mapa 3.25 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO4.	53
Mapa 3.26 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO5.	54
Mapa 3.27 – Trechos de curso d'água inundáveis na DO6 e na IP1.	55
Mapa 3.28 – Trechos de curso d'água inundáveis na JQ2.	56
Mapa 3.29 – Trechos de curso d'água inundáveis na JQ3, BU1, JU1 e na IN1.	57
Mapa 3.30 – Trechos de curso d'água inundáveis na MU1, PE1 e IU1.	58
Mapa 3.31 – Trechos de curso d'água inundáveis na SM1.	59
Mapa 3.32 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN1.	60
Mapa 3.33 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN2.	61
Mapa 3.34 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN3.	62
Mapa 3.35 – Trechos de curso d'água inundáveis na PS1.	63
Mapa 3.36 – Trechos de curso d'água inundáveis na PS2.	64
Mapa 3.37 – Trechos de curso d'água inundáveis na IB1.	65

Mapa 3.38 – Nível de probabilidade de ocorrência de desastres naturais por CH.	68
Mapa 3.39 - Tamanho da série de dados por estação pluviométrica.	70
Mapa 3.40 - Precipitação total média anual.	72
Mapa 3.41 - Precipitação total mínima anual.	73
Mapa 3.42 - Precipitação total máxima anual.	74
Mapa 3.43 – Número de dias consecutivos com chuva – valor médio.	76
Mapa 3.44 – Número de dias consecutivos com chuva – valor mínimo.	77
Mapa 3.45 – Número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm – valor médio. ..	78
Mapa 3.46 – Número de dias consecutivos secos – valor médio.	79
Mapa 3.47 – Máxima precipitação registrada em 1 dia - valor médio.	81
Mapa 3.48 – Máxima precipitação registrada em 5 dias - valor médio.	82
Mapa 3.49 – Tamanho da série histórica – número de anos sem falhas na série.	84
Mapa 3.50 – Vazão média de longo prazo da série total.	86
Mapa 3.51 – Vazão mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos.	87
Mapa 3.52 – Vazão máxima de longo prazo da série total.	88
Mapa 3.53 – Danos humanos por município.	90
Mapa 3.54 – Danos materiais por município.	91
Mapa 3.55 – Prejuízos por município.	92
Mapa 3.56 – Classificação das CHs por consequências dos desastres naturais.	96
Mapa 3.57 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação pluviométrica.	113
Mapa 3.58 – Identificação de tendência da precipitação acumulada no ano hidrológico por estação pluviométrica.	114
Mapa 3.59 – Identificação de tendência do número de dias com chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.	115
Mapa 3.60 – Identificação de tendência da precipitação diária máxima no ano hidrológico por estação pluviométrica.	116
Mapa 3.61 – Identificação de tendência do número de dias consecutivos sem chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.	117
Mapa 3.62 – Identificação de tendência do número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico por estação pluviométrica.	118
Mapa 3.63 – Identificação de tendência da precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico por estação pluviométrica.	119
Mapa 3.64 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação fluviométrica.	120
Mapa 3.65 – Identificação de tendência da vazão média no ano hidrológico por estação fluviométrica.	121
Mapa 3.66 – Identificação de tendência da vazão máxima no ano hidrológico por estação fluviométrica.	122
Mapa 3.67 – Nível de risco por CH para eventos extremos.	125
Mapa 3.68 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para os anos de 2033 e 2043.	128

Mapa 3.69 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para o ano de 2053.....	129
Mapa 5.1 – Barragens cadastradas no estado de Minas Gerais por finalidade de uso. .	154
Mapa 5.2 – Barragens por faixa de volume - distribuídas por água x rejeitos.....	155
Mapa 5.3 – Barragens por Categoria de Risco.	160
Mapa 5.4 – Barragens por Dano Potencial Associado.	161
Mapa 5.5 - Classificação das barragens em relação ao risco para eventos de rompimento.	162
Mapa 5.6 – Barragens consideradas críticas no RSB 2021.	164
Mapa 5.7 – Barragens em relação à segurança hídrica.	172

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANM - Agência Nacional de Mineração

CEPED/UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil

CGH - Central Geradora Hidrelétrica

CH - Circunscrição Hidrográfica

Cobrade - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CRI - Índice de Categoria de Risco

DPA - Índice de Dano Potencial Associado

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IVDNS - Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas

PCH - Pequena Central Hidrelétrica

PeR - População em Risco

PIB - Produto Interno Bruto

PMSH - Plano Mineiro de Segurança Hídrica

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens

RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte

RSB - Relatório de Segurança de Barragens

S2iD - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SEDEC - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração

SIGEL - Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

UEG - Unidade Estratégica de Gestão

UHE - Usina Hidrelétrica

VAB - Valor Adicionado Bruto



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
3	ESTUDO DE VULNERABILIDADE HÍDRICA E DA EXPOSIÇÃO DO AMBIENTE À EVENTOS EXTREMOS	17
3.1	Diagnóstico da ocorrência, frequência e impactos de eventos extremos	17
3.1.1	Diagnóstico da frequência de desastres naturais	66
3.1.2	Análises das séries históricas de precipitação.....	69
3.1.3	Análise das séries históricas de vazão	83
3.1.4	Danos humanos, danos materiais e prejuízos causados por desastres naturais	89
3.2	Projeção sobre a recorrência dos eventos extremos	97
3.3	Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos extremos, através de indicadores.....	123
3.3.1	Risco/vulnerabilidade atual para desastres naturais.....	123
3.3.2	Risco/vulnerabilidade projetados	126
3.3.3	Outros indicadores de risco e vulnerabilidade	130
4	ESTUDO DAS IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS DOS EVENTOS EXTREMOS	137
4.1	Mensuração dos impactos e custos associados à ocorrência de eventos extremos ..	137
4.2	Análise de custo-benefício da implementação do PMSH	142
5	ESTUDO DE VULNERABILIDADE HÍDRICA E DA EXPOSIÇÃO DO AMBIENTE AO ROMPIMENTO DE BARRAGENS	144
5.1	Inventário de reservatórios <i>off-stream</i> , barragens de rejeito, resíduos perigosos e água	145
5.2	Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos de rompimento de reservatórios.....	157
5.3	Identificação das estruturas hidráulicas que poderão oferecer risco a segurança hídrica	169
5.3.1	UEG1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco.....	173
5.3.2	UEG2 - Afluentes do Médio Rio São Francisco	177
5.3.3	UEG3 - Afluentes do Rio Grande	181
5.3.4	UEG4 - Afluentes do Rio Doce	189
5.3.5	UEG5 - Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo	195
5.3.6	UEG6 - Afluentes do Rio Paranaíba	199
5.3.7	UEG7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul	202
5.4	Pontos de interesse nas áreas potencialmente afetadas por rompimento de barragens	205
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	208
7	REFERÊNCIAS	211
	APÊNDICES	217

APÊNDICE I – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	218
APÊNDICE II – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DO NÚMERO DE DIAS COM CHUVA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	231
APÊNDICE III – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	244
APÊNDICE IV – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA VAZÃO MÉDIA MENSAL POR ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA.....	257
APÊNDICE V – RELAÇÃO DAS CAPTAÇÕES EM TRECHOS EM RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS À MONTANTE	270
APÊNDICE VI – TRECHOS SOB RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS QUE INTERCEPTAM ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO	278

1 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 é constituído por três metas: o PMSH, o Projeto de revitalização da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (em associação com a Vale S/A como medida de compensação pelos danos do rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho) 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 RP003, que integra os seguintes subprodutos:

- 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.

Para o atendimento a todas as demandas previstas para essa análise, este relatório foi estruturado em 7 capítulos, como exposto a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução: introduz e contextualiza os estudos;
- Capítulo 2 – Objetivos: apresenta os objetivos gerais e específicos do estudo;
- Capítulo 3 – Estudo de Vulnerabilidade Hídrica e da Exposição do Ambiente à Eventos Extremos: subdividido em três itens com o diagnóstico dos eventos extremos no estado e suas probabilidades de ocorrência, avaliação dos danos e consequências dos desastres; projeção de tendências de chuvas e vazões; e avaliação do risco e vulnerabilidade à eventos extremos;
- Capítulo 4 – Estudo das Implicações Econômicas dos Eventos Extremos: mensuração dos impactos e prejuízos associados a eventos extremos e estimativa de custos causados por eles;
- Capítulo 5 – Estudo de Vulnerabilidade Hídrica e da Exposição do Ambiente ao Rompimento de Barragens: subdividido em três itens, o inventário de reservatórios e barragens do estado, a avaliação de risco e vulnerabilidade ao rompimento de barragens e a identificação de reservatórios que podem colocar em risco a segurança hídrica por risco associado às barragens a montante.
- Capítulo 6 – Considerações finais;
- Capítulo 7 – Referências.

2 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 especializar 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.

3 ESTUDO DE VULNERABILIDADE HÍDRICA E DA EXPOSIÇÃO DO AMBIENTE ÀS 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).

3.1 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 3-1.

Quadro 3-1 – Tipologia de desastres catalogados no Cobrade.

Código	Desastre
Geológico	
11110	Tremor de terra
11120	Tsunami
11200	Emissão 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	Subsídências 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)

Código	Desastre
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	
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 3-2 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 3-2.

Quadro 3-2 – 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

COBRADE	Status			Total
	Não reconhecido	Reconhecido	Registro	
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
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 3-3. 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 3-3 – 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 Jequitaiá, 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.

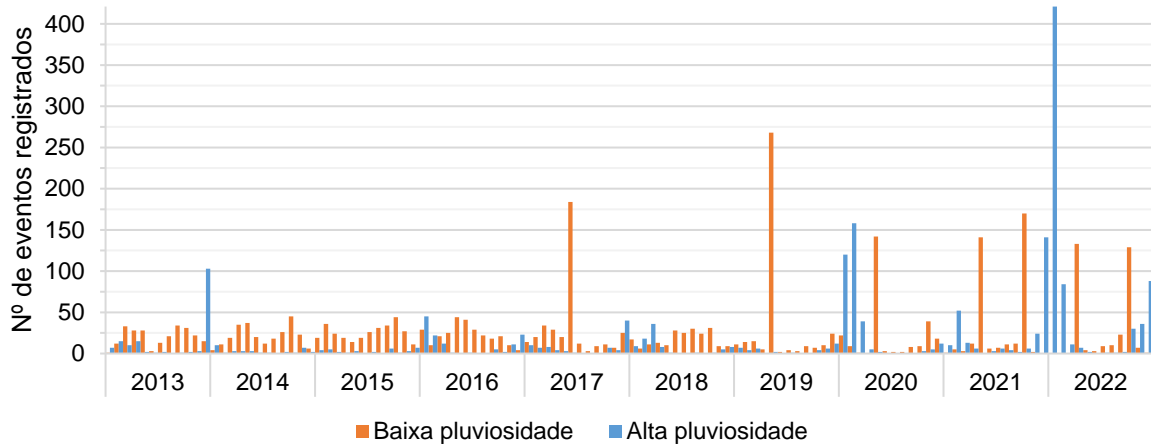
Em consulta às portarias do IGAM (MINAS GERAIS, 2023) foram identificadas 60 portarias com declaração de situação crítica de escassez hídrica no estado a partir de 2015 e 13 portarias com prorrogação de prazo para essas declarações. Quanto à distribuição temporal das portarias, o ano de 2017 foi o que 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.

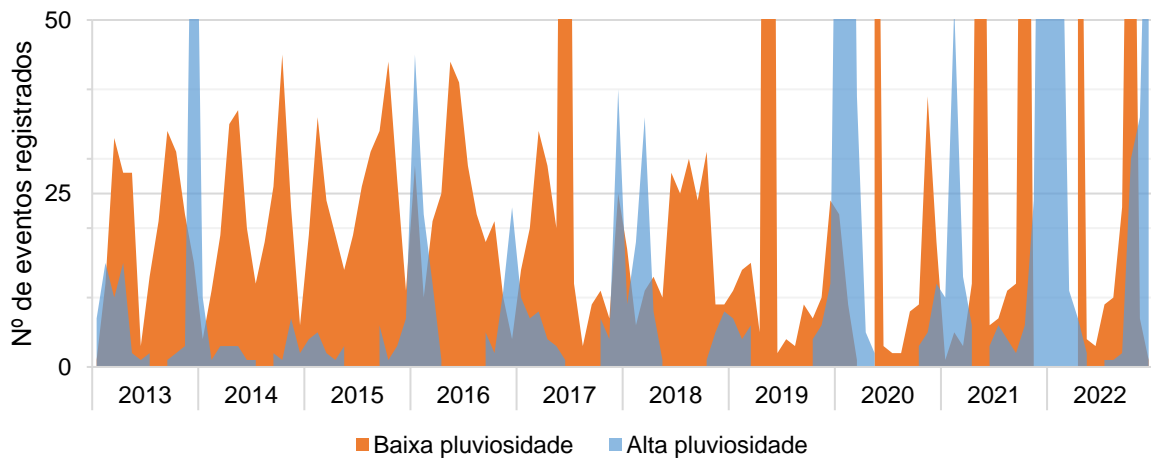
Comparando-se os eventos mais recorrentes relacionados a altas ou baixas pluviosidades, são apresentadas da Figura 3.1 à Figura 3.3 a distribuição temporal de cada uma dessas tipologias. Os desastres relativos a altas pluviosidades são observados principalmente nos meses de verão, entre dezembro e fevereiro, 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 3.1, enquanto a Figura 3.2 possibilita uma avaliação da sazonalidade do tipo de evento, que é explicitada na Figura 3.3, 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 3.1 – Ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.



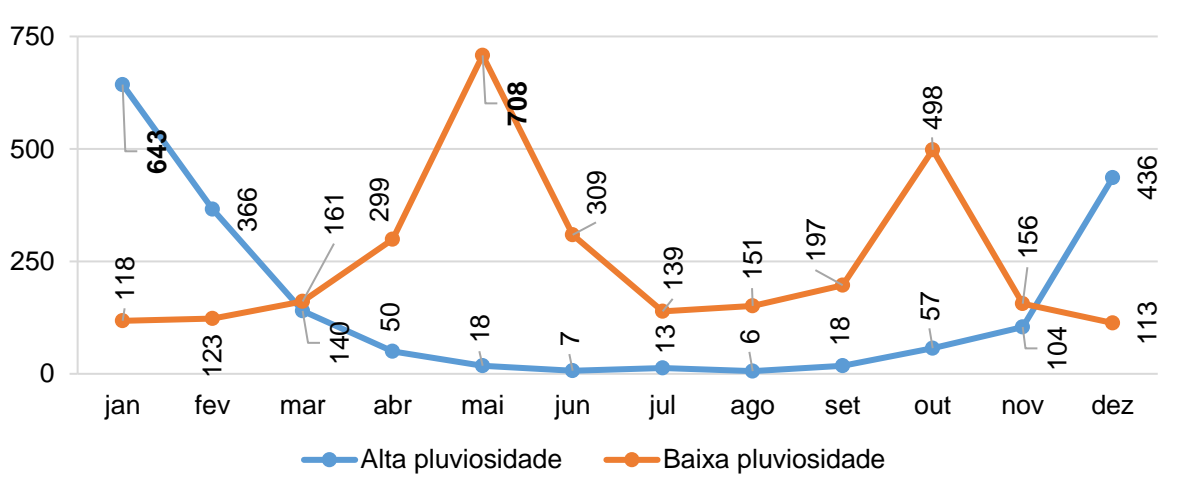
Fonte: adaptado de S2ID (BRASIL, 2023c).

Figura 3.2 – 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).

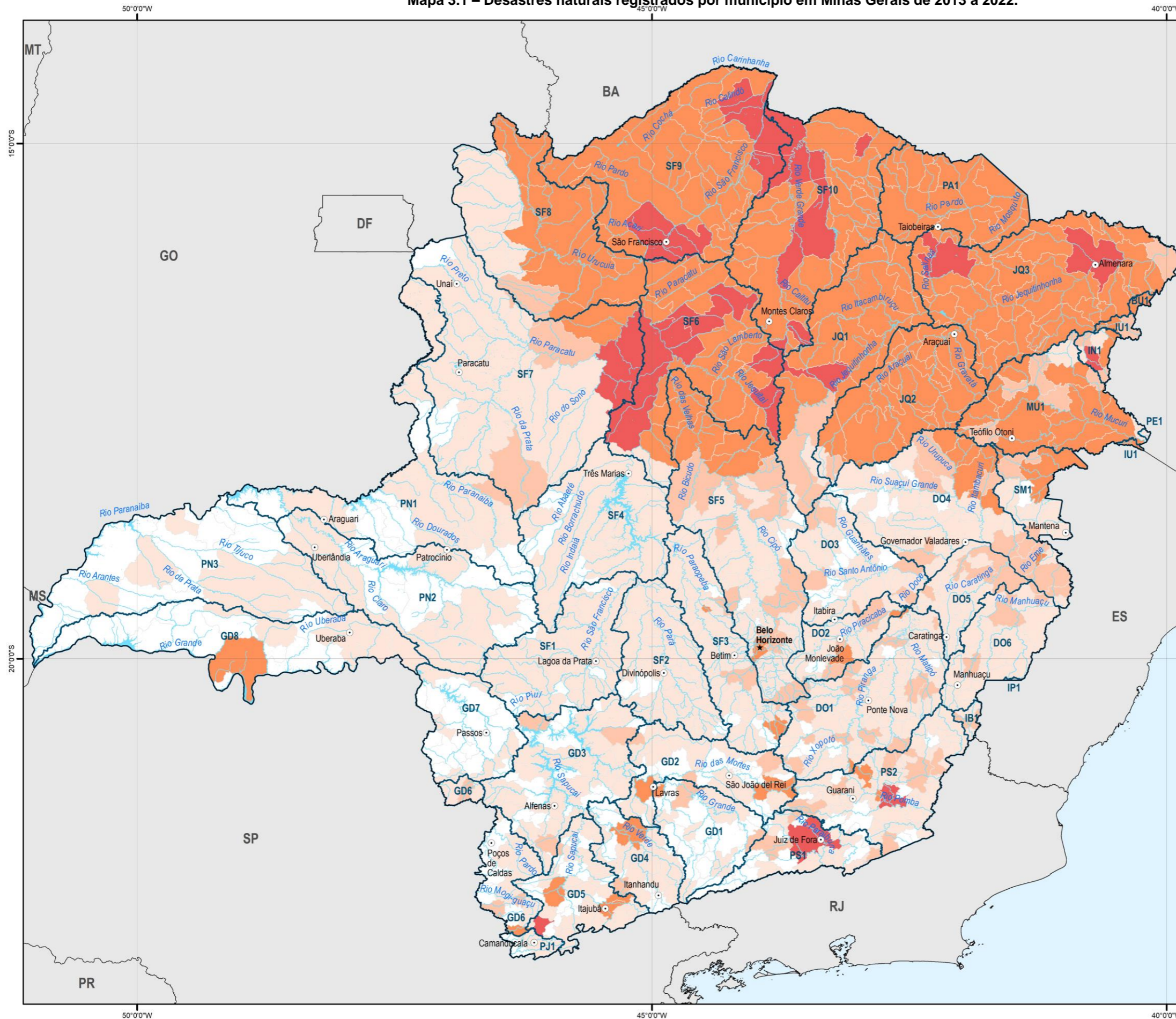
Figura 3.3 – Mês de ocorrência de eventos relacionados a altas e baixas pluviosidades em Minas Gerais entre 2013 e 2022.



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 3.1 representa o número de desastres registrados por município no estado entre 2013 e 2022.

Mapa 3.1 – Desastres naturais registrados por município em Minas Gerais de 2013 à 2022.



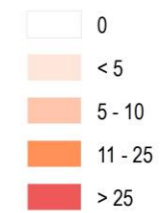
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



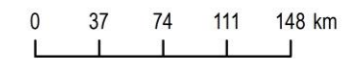
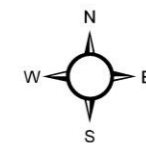
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Registros acumulados



Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



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.

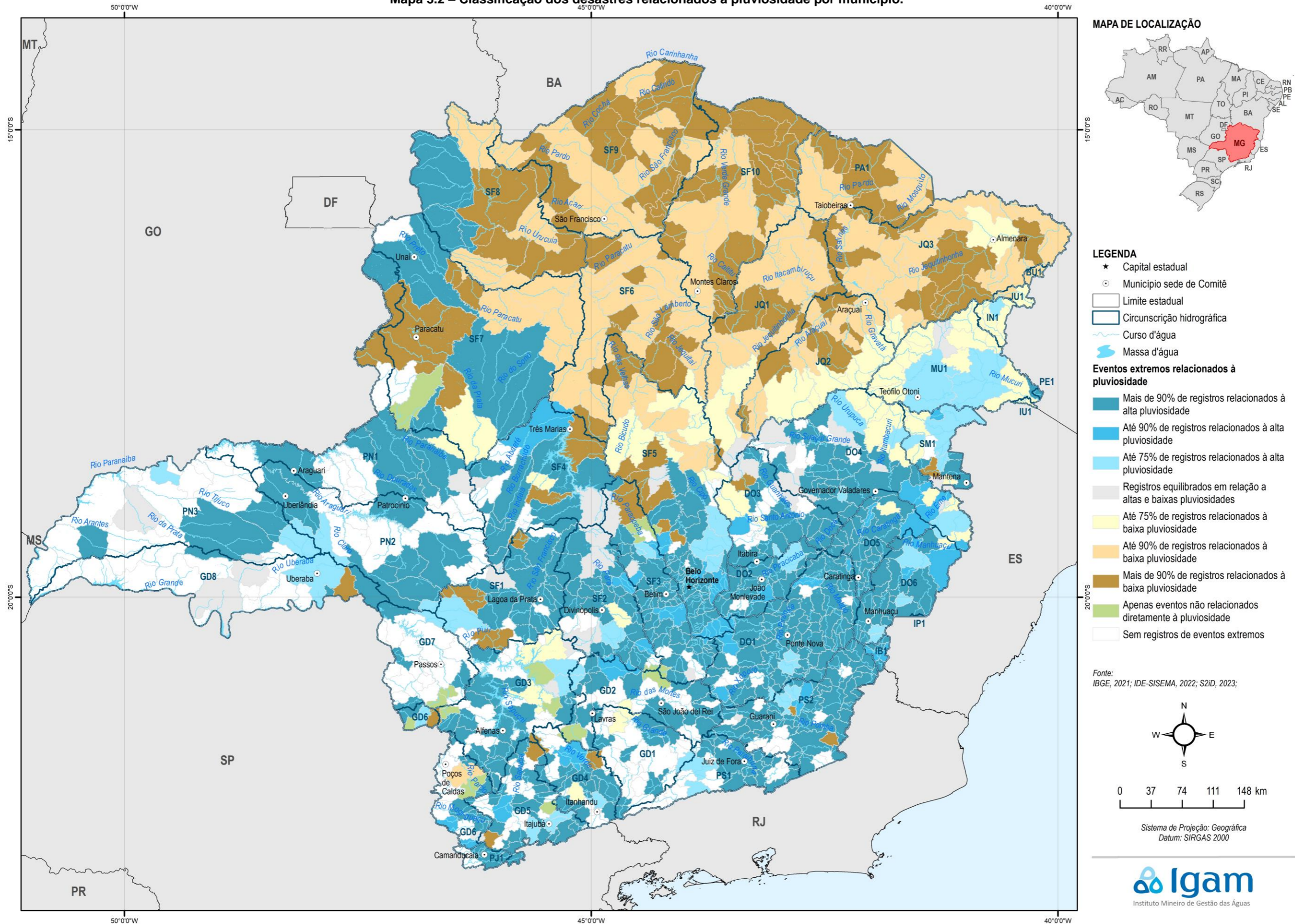
A UEG3 se destaca também por outros tipos de desastres naturais, sendo a única com registros relacionados a baixa umidade do ar (4), é a que possui o maior número de eventos de incêndios florestais. São 52 no total, com 47 em áreas não protegidas e 5 em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de 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 3.2 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 3.2 – Classificação dos desastres relacionados à pluviosidade por município.



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 3-4 é apresentada a classificação da severidade da seca.

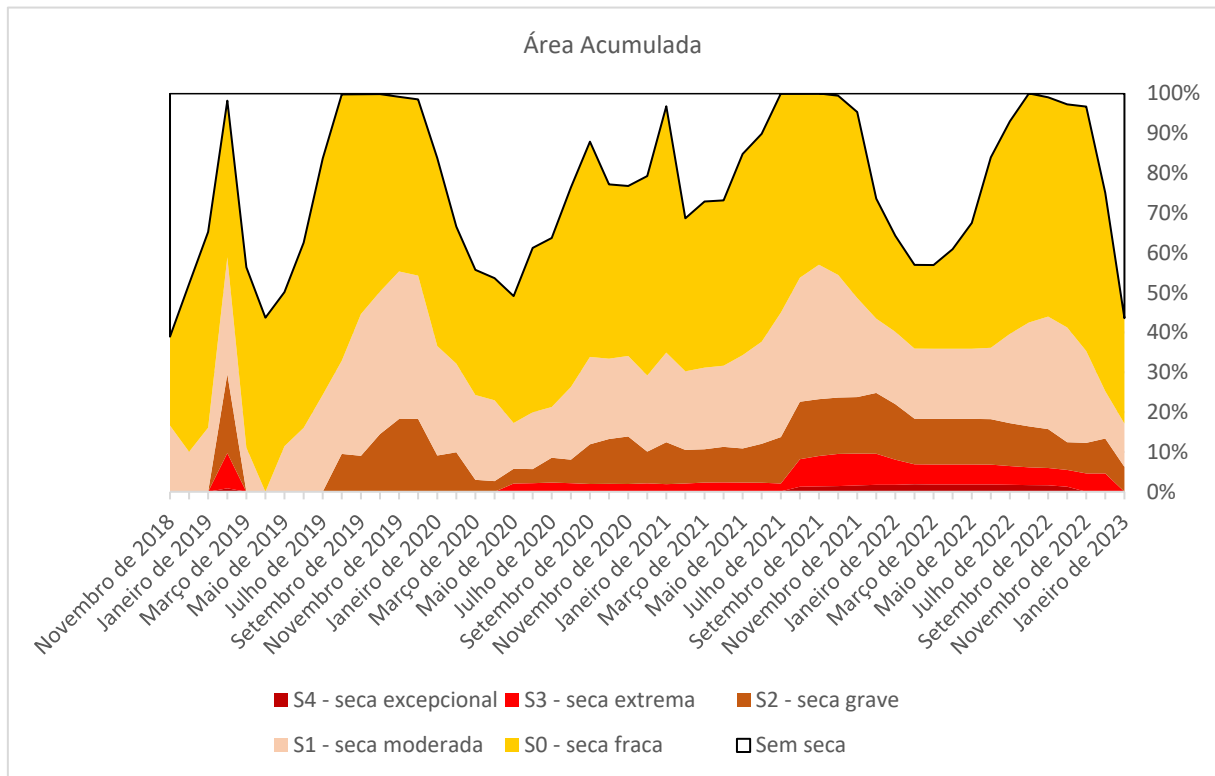
Quadro 3-4 – Classificação do Monitor de Secas da ANA.

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 3.4 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 3.4 – 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 3-5).

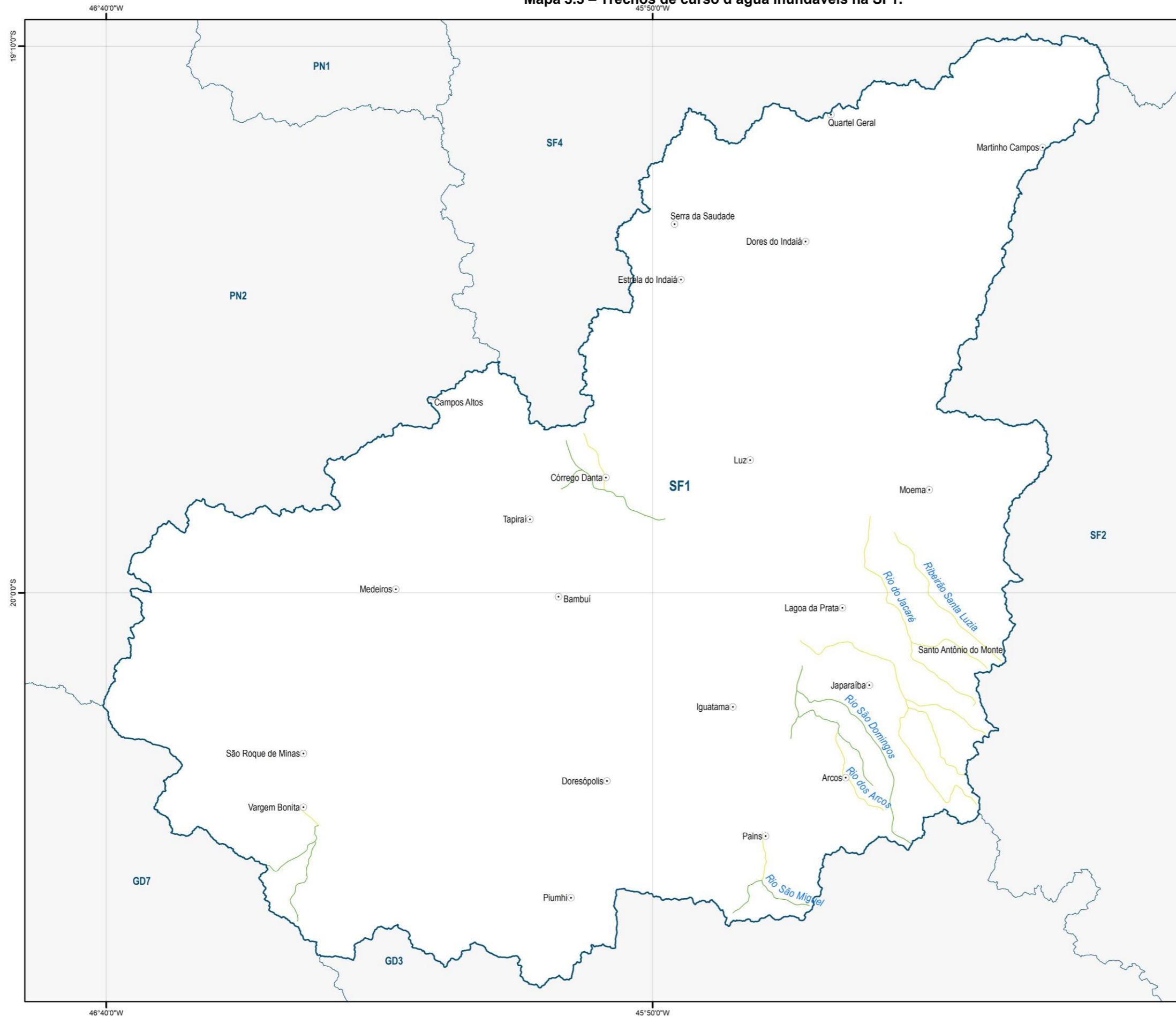
Quadro 3-5 – Matriz de Vulnerabilidade a Inundações.

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 3.3 ao Mapa 3.37 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 3.3 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF1.



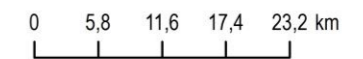
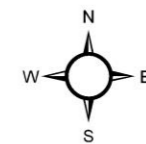
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média

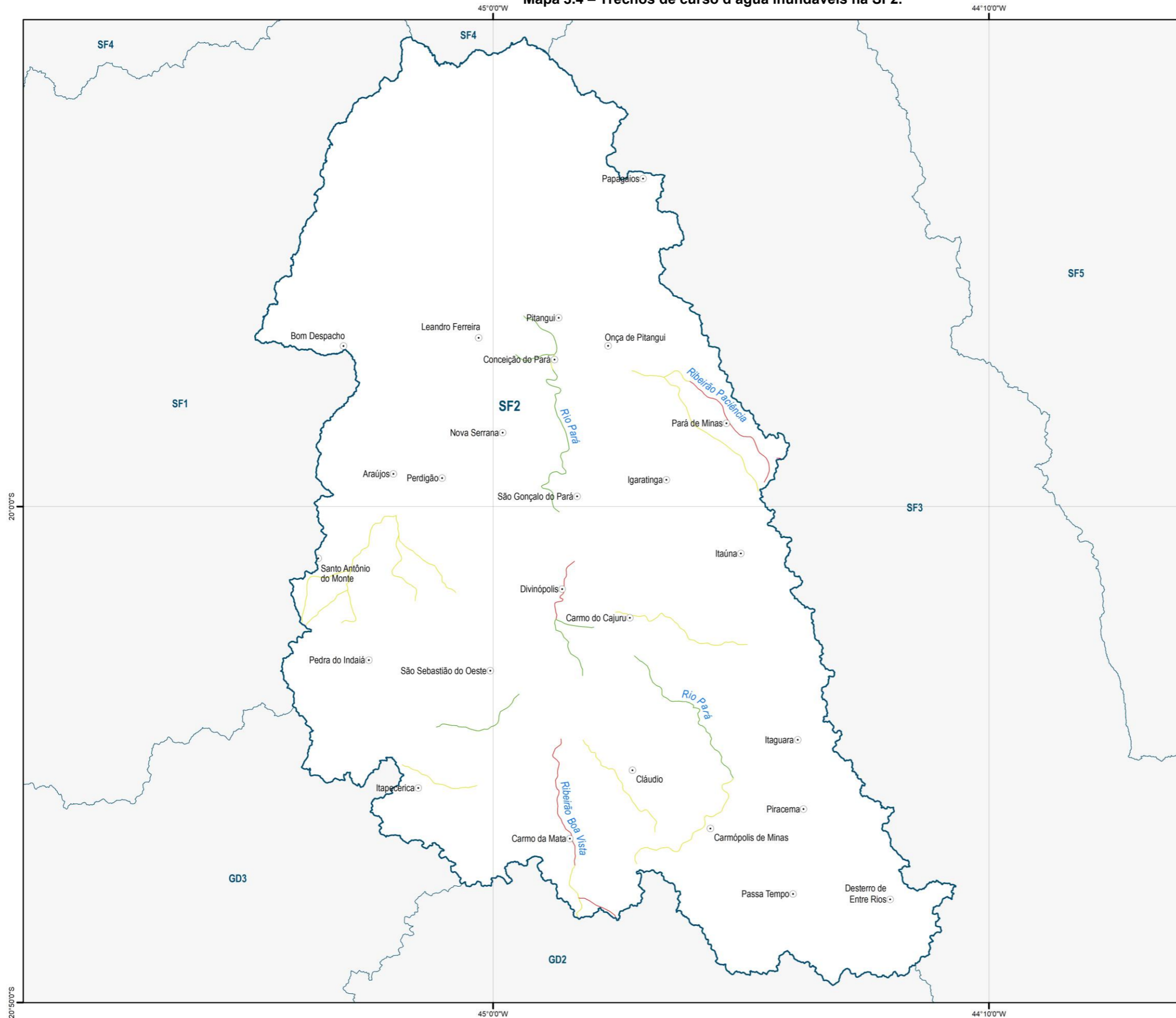
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.4 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF2.



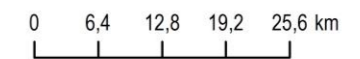
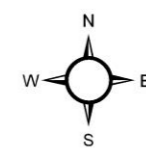
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

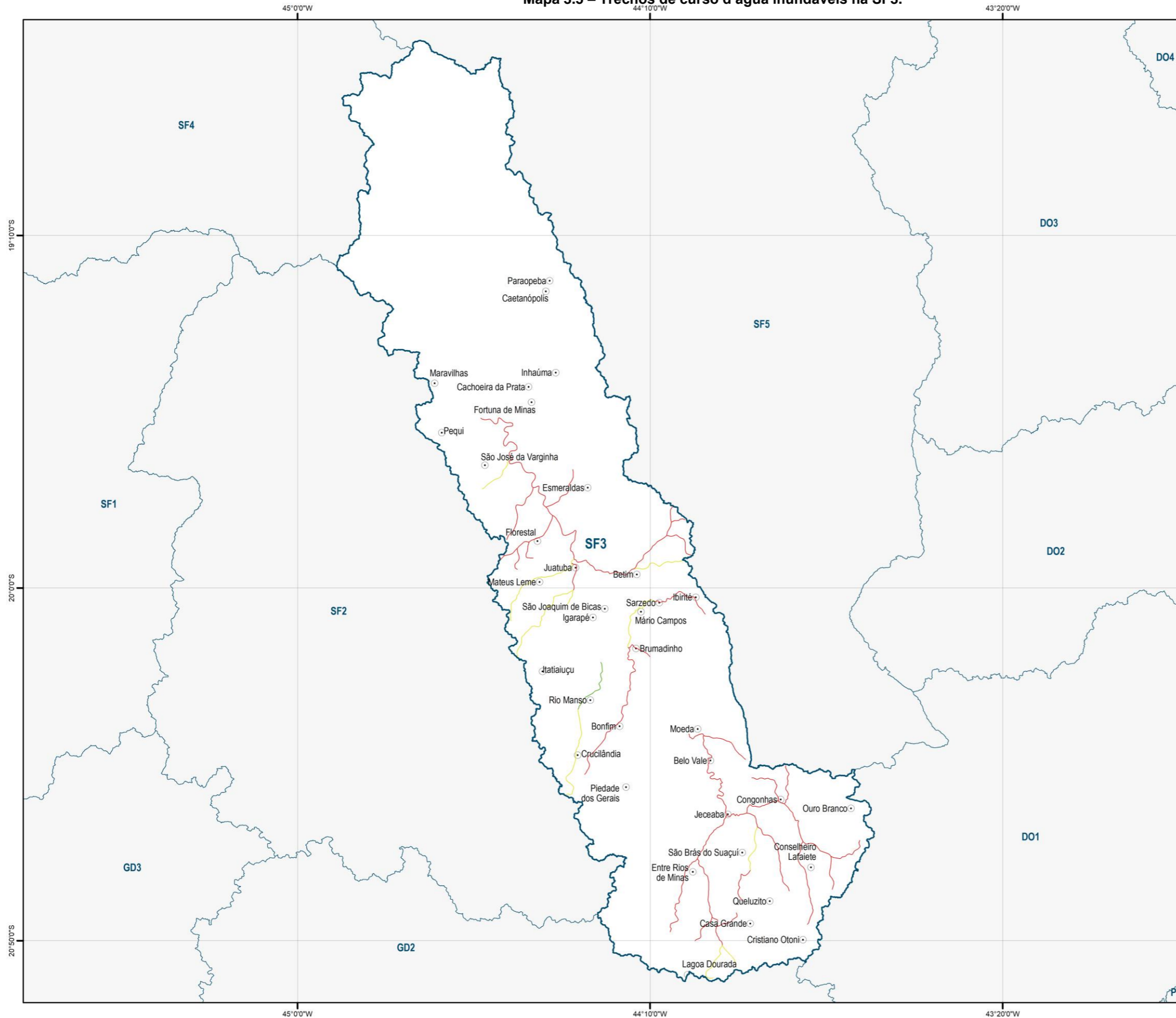
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.5 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF3.



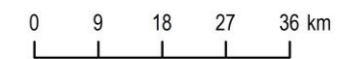
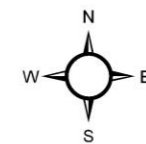
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

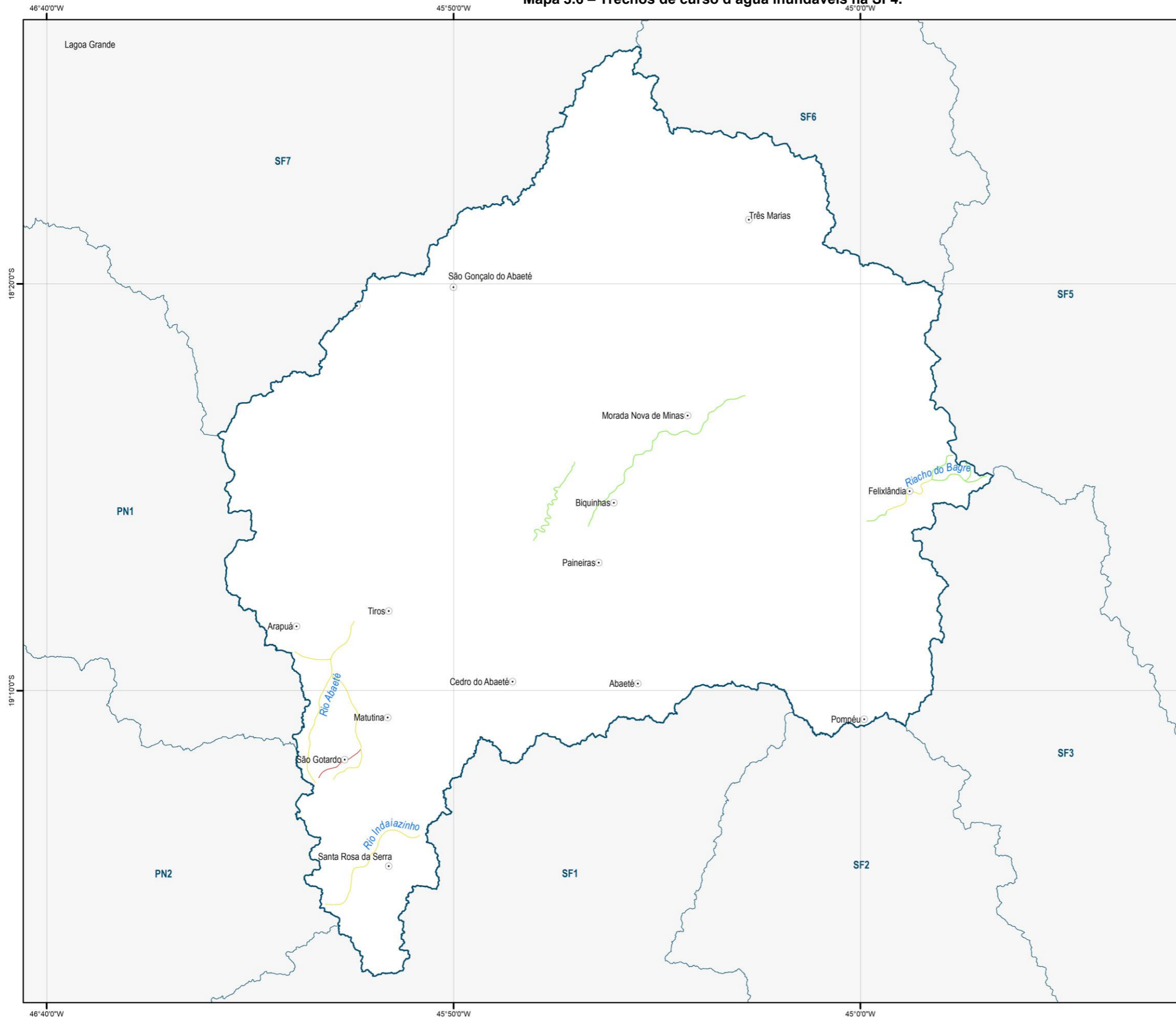
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.6 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF4.



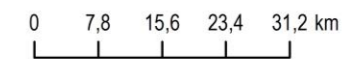
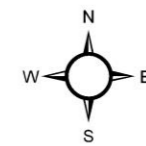
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

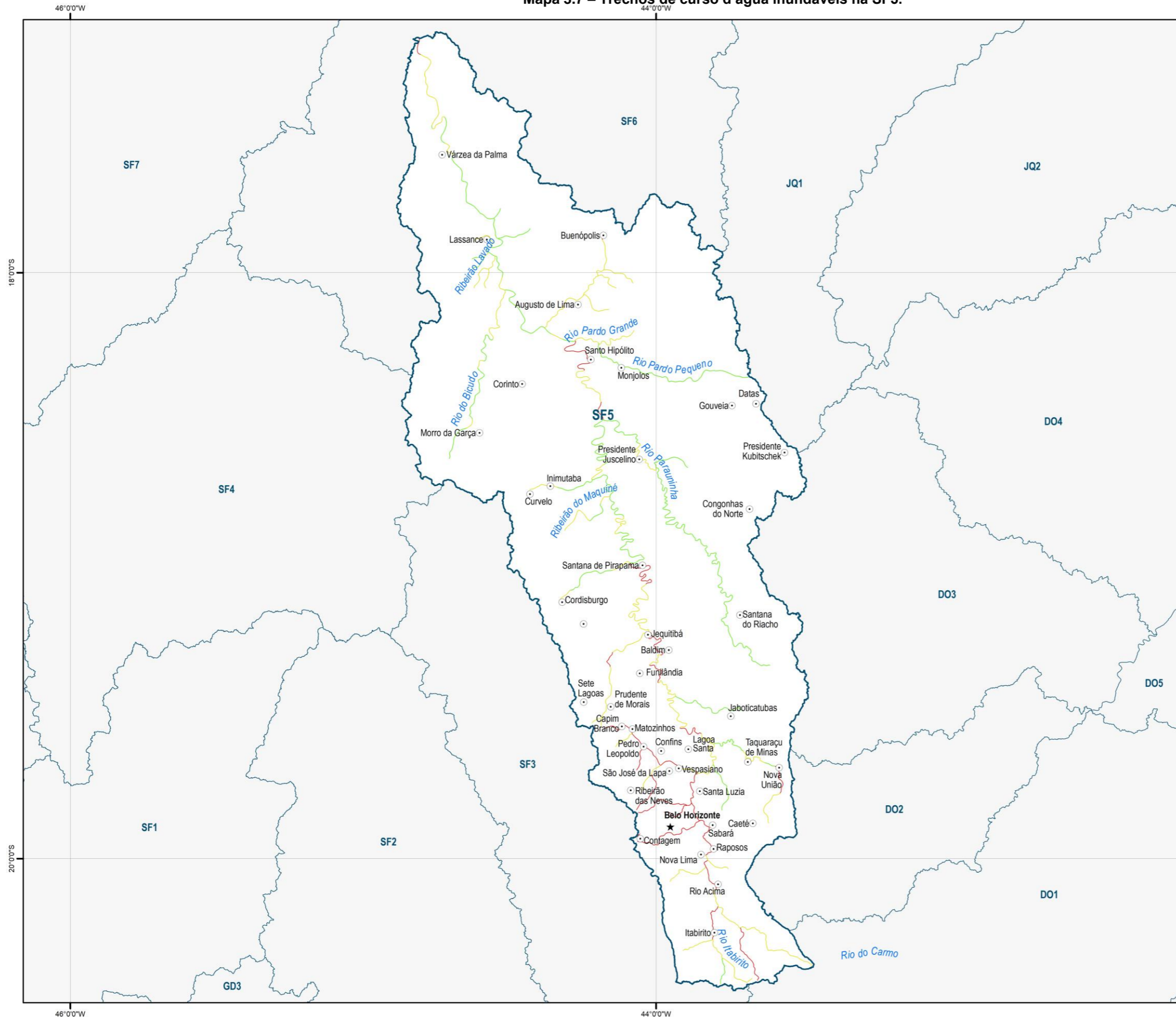
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.7 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF5.



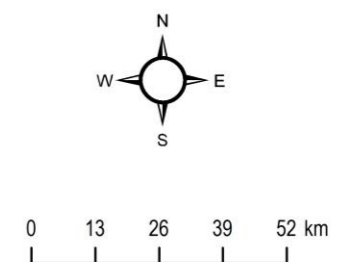
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

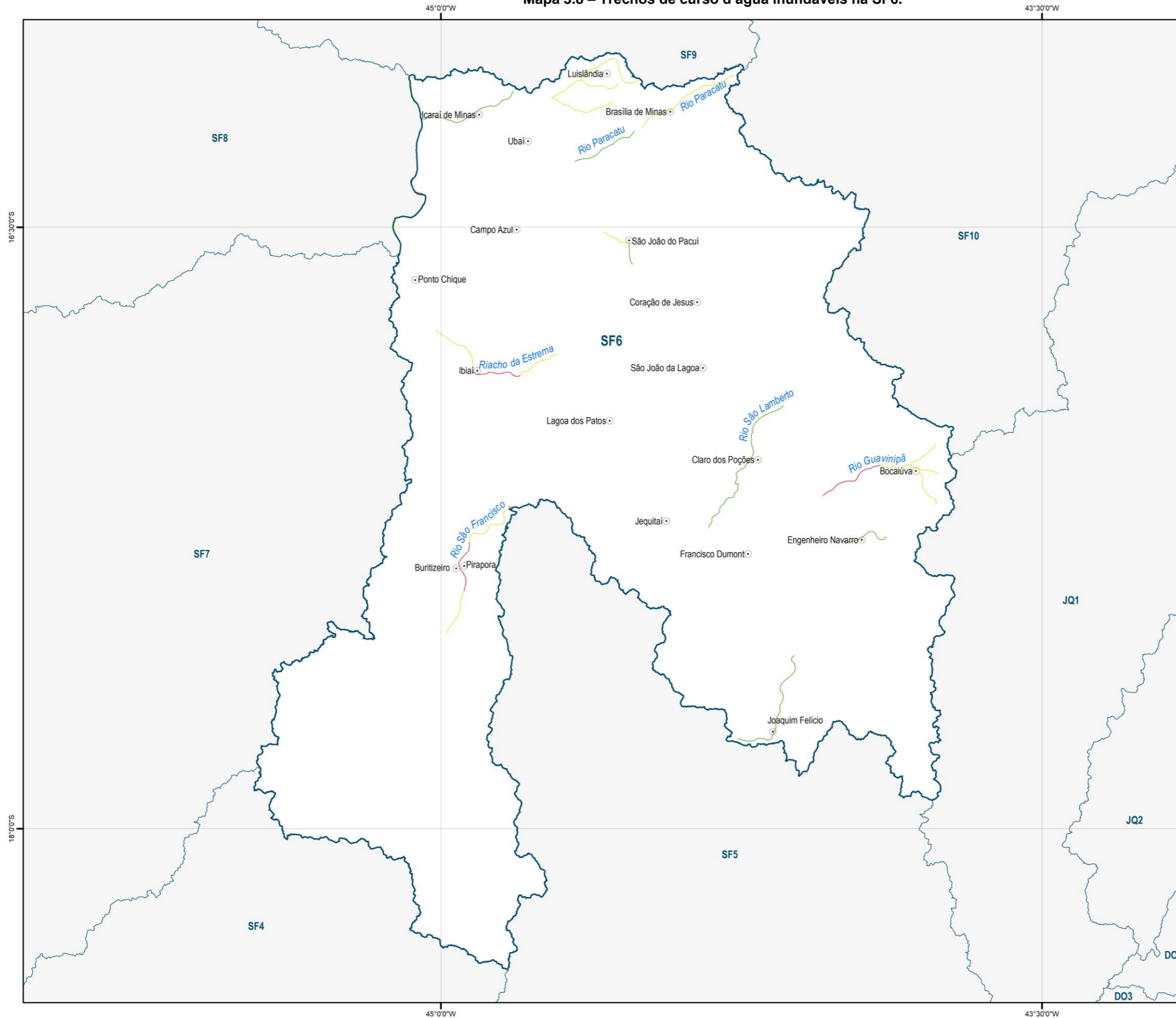
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.8 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF6.



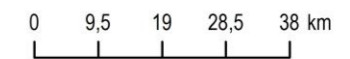
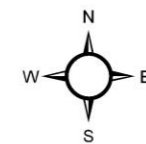
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

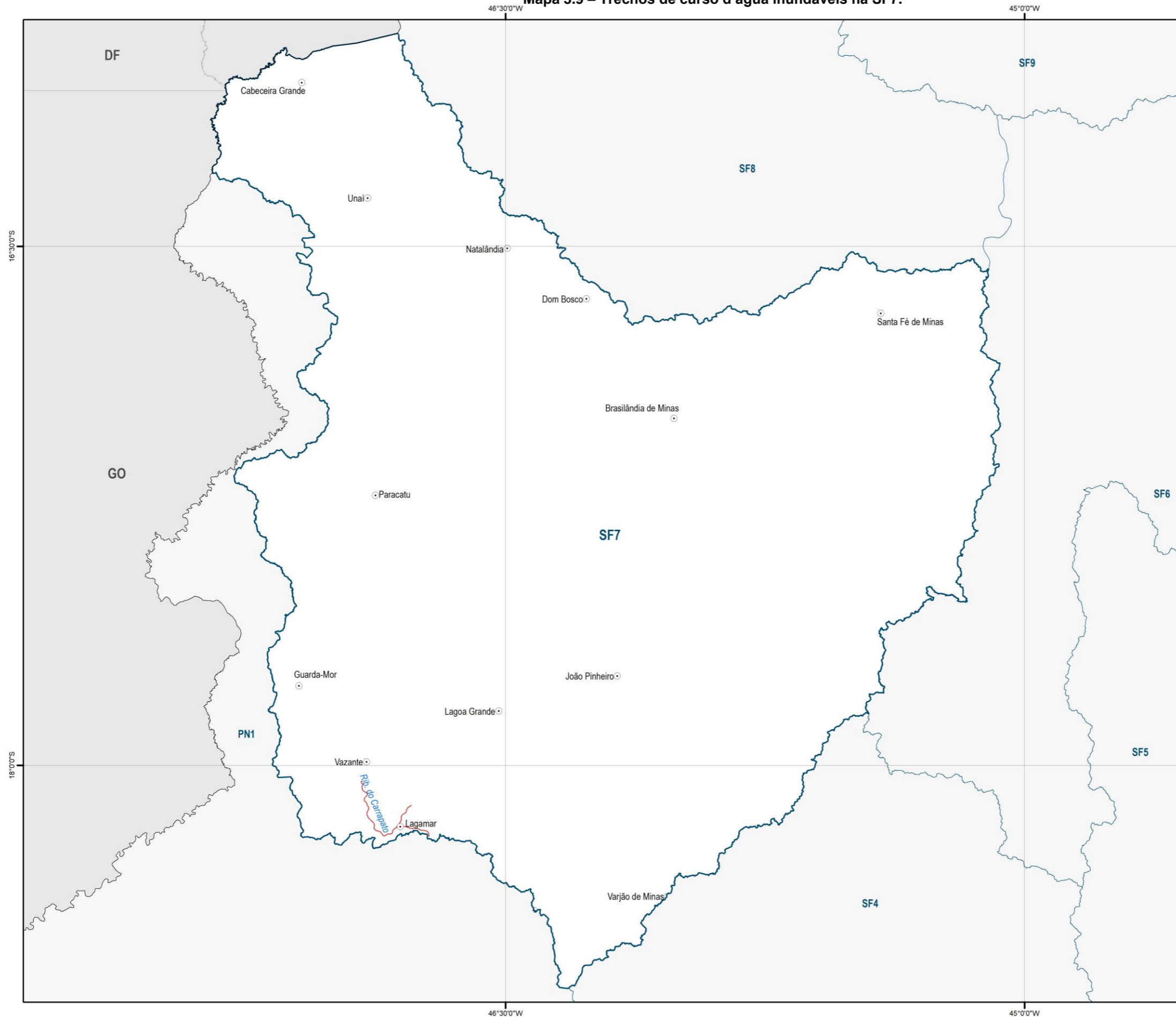
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.9 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF7.



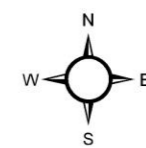
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Alta

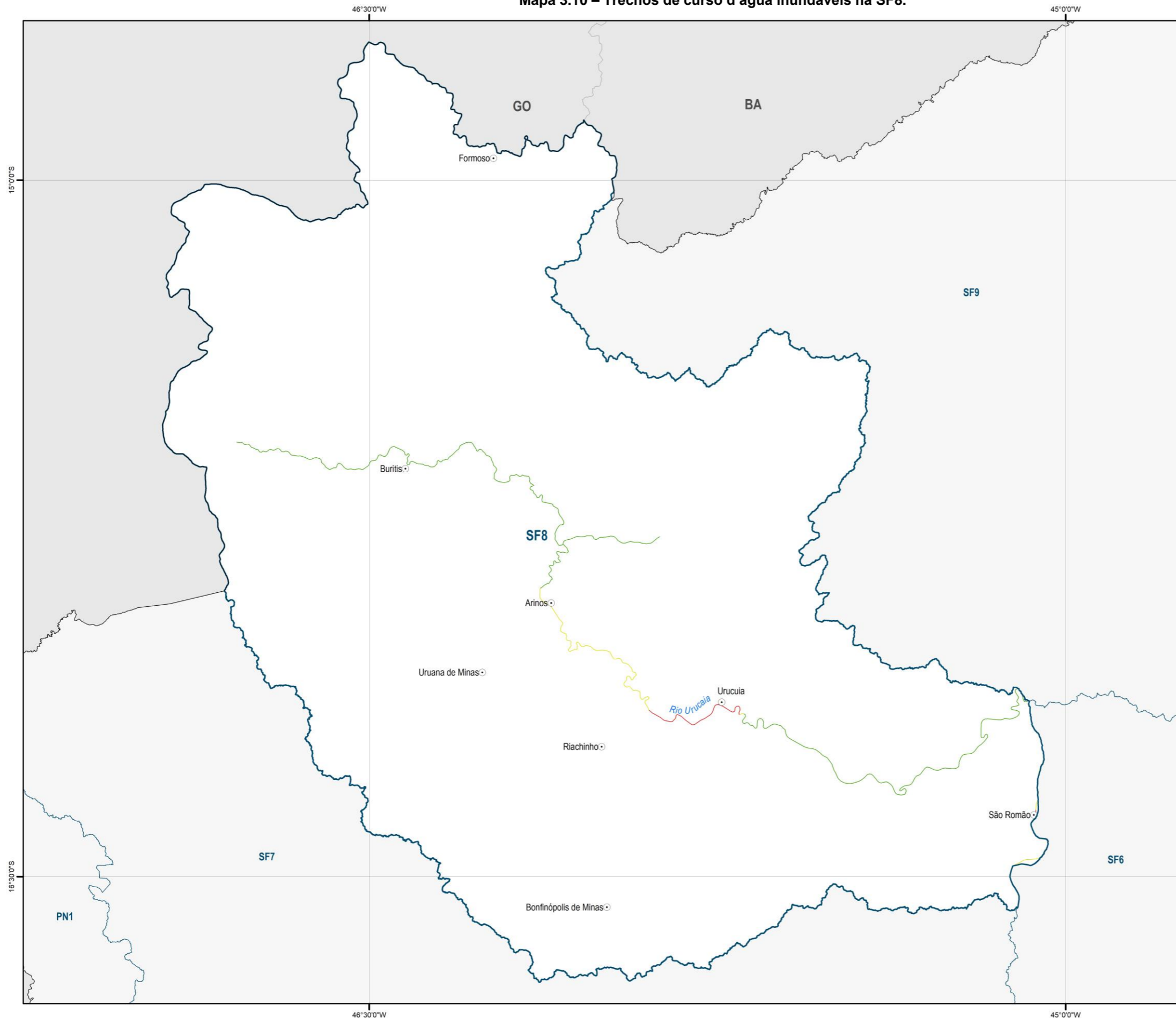
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; IGAM, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.10 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF8.



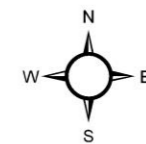
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

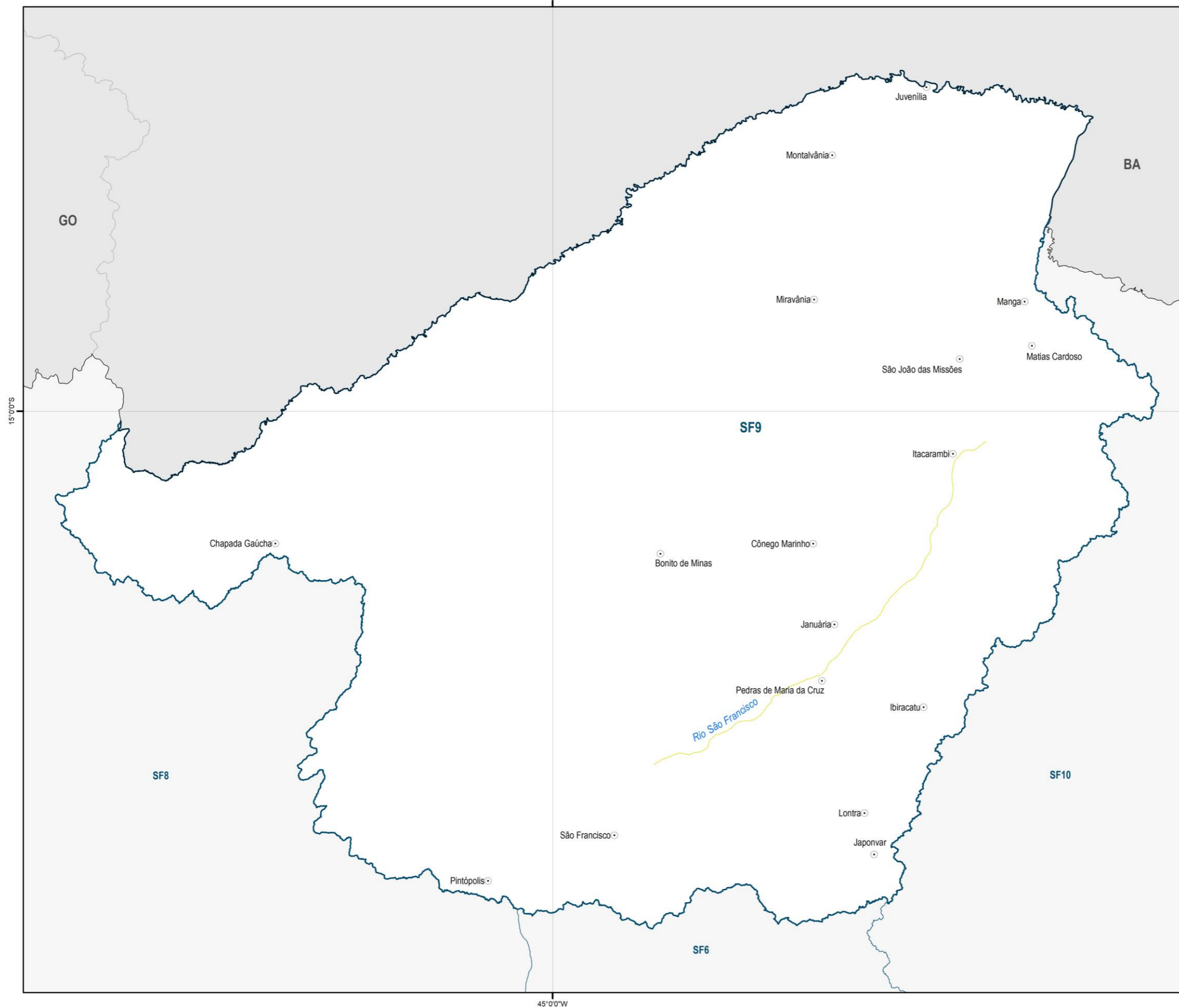


0 8,2 16,4 24,6 32,8 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.11 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF9.



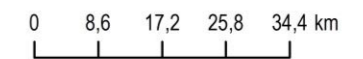
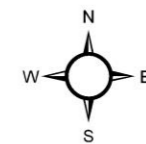
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média

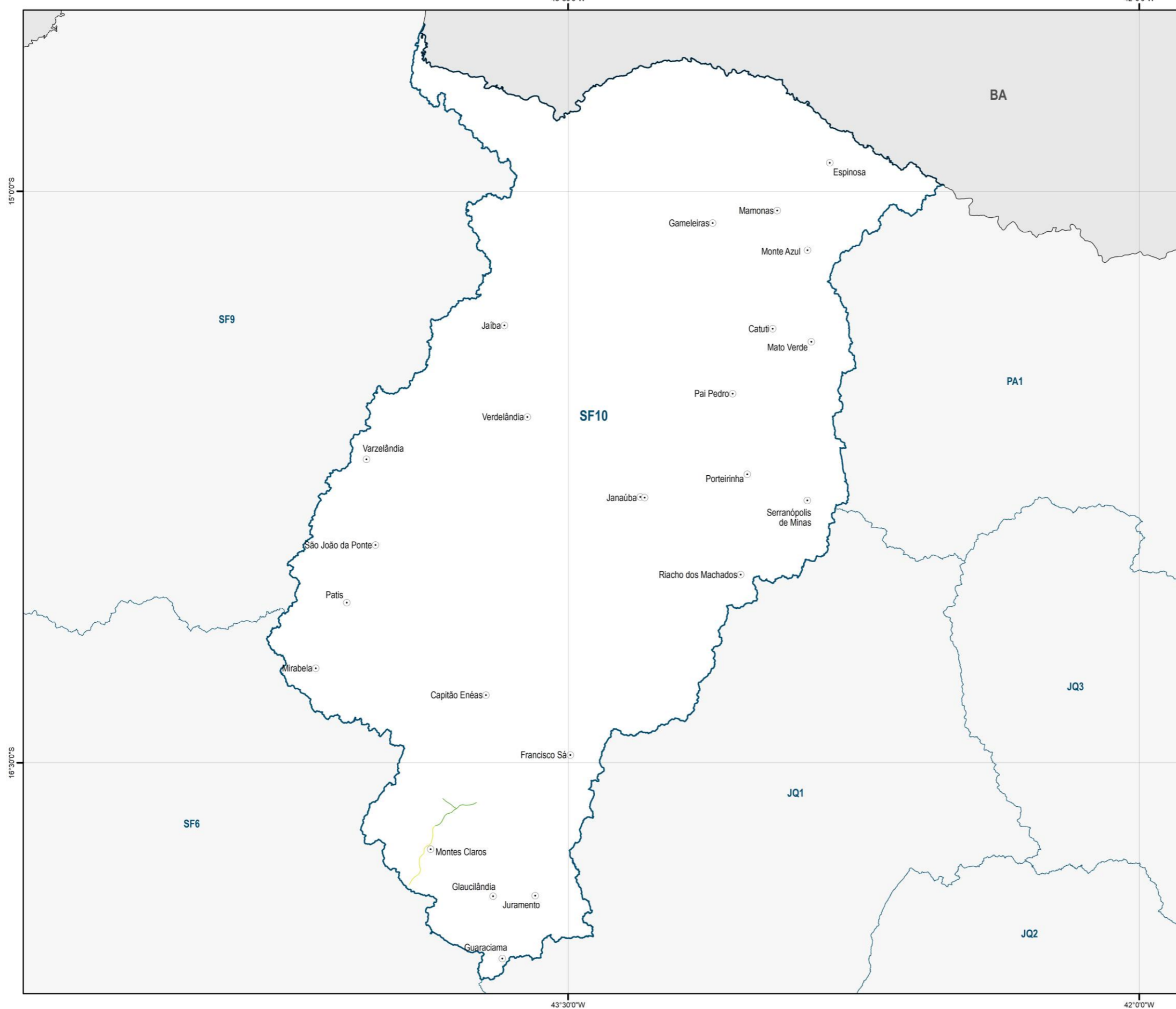
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.12 – Trechos de curso d’água inundáveis na SF10.



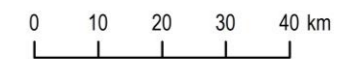
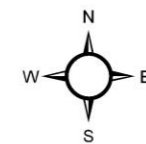
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

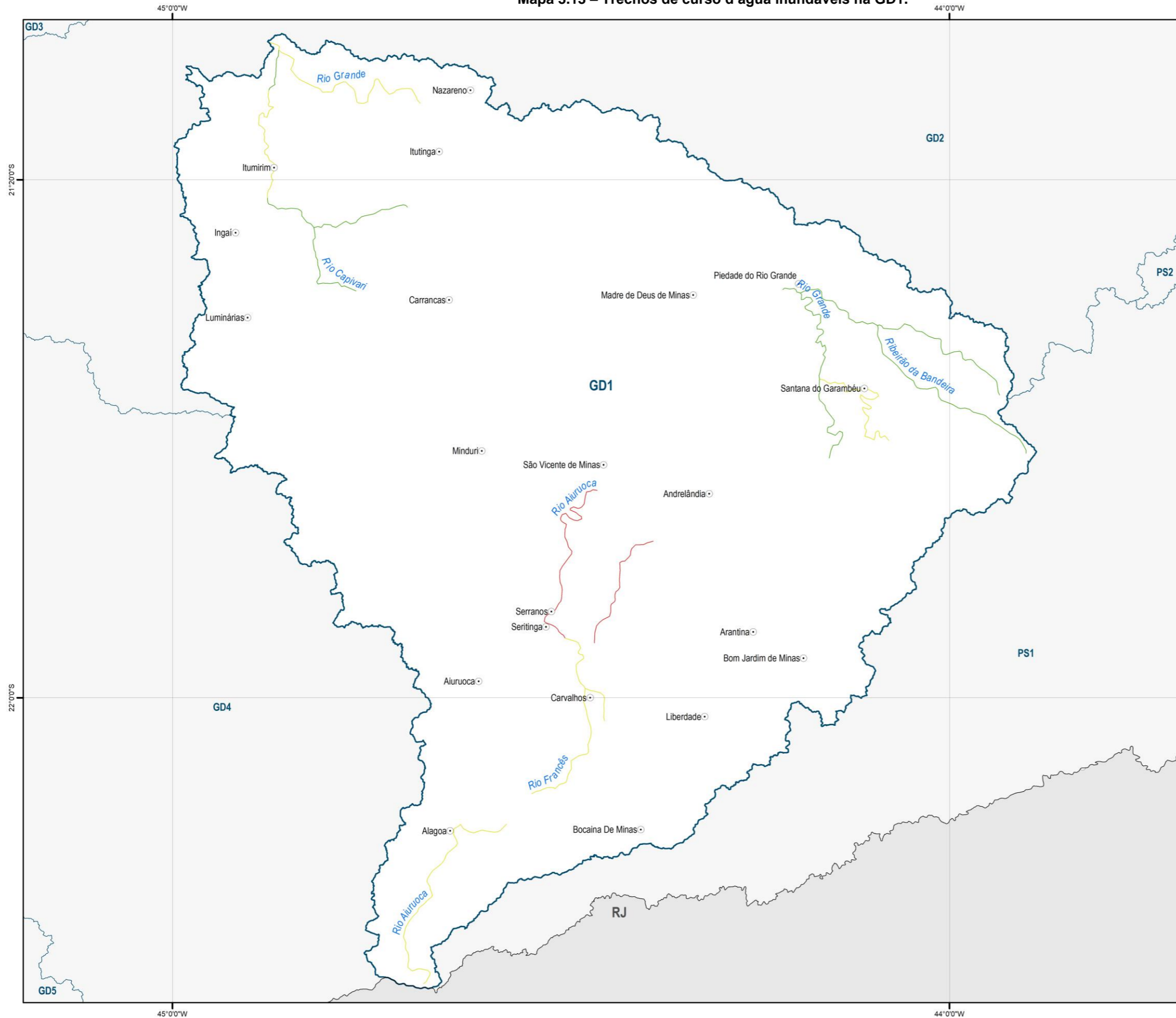
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.13 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD1.



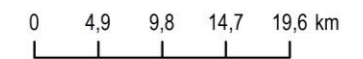
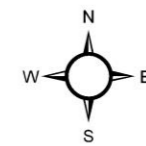
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d’água
- Massa d’água
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

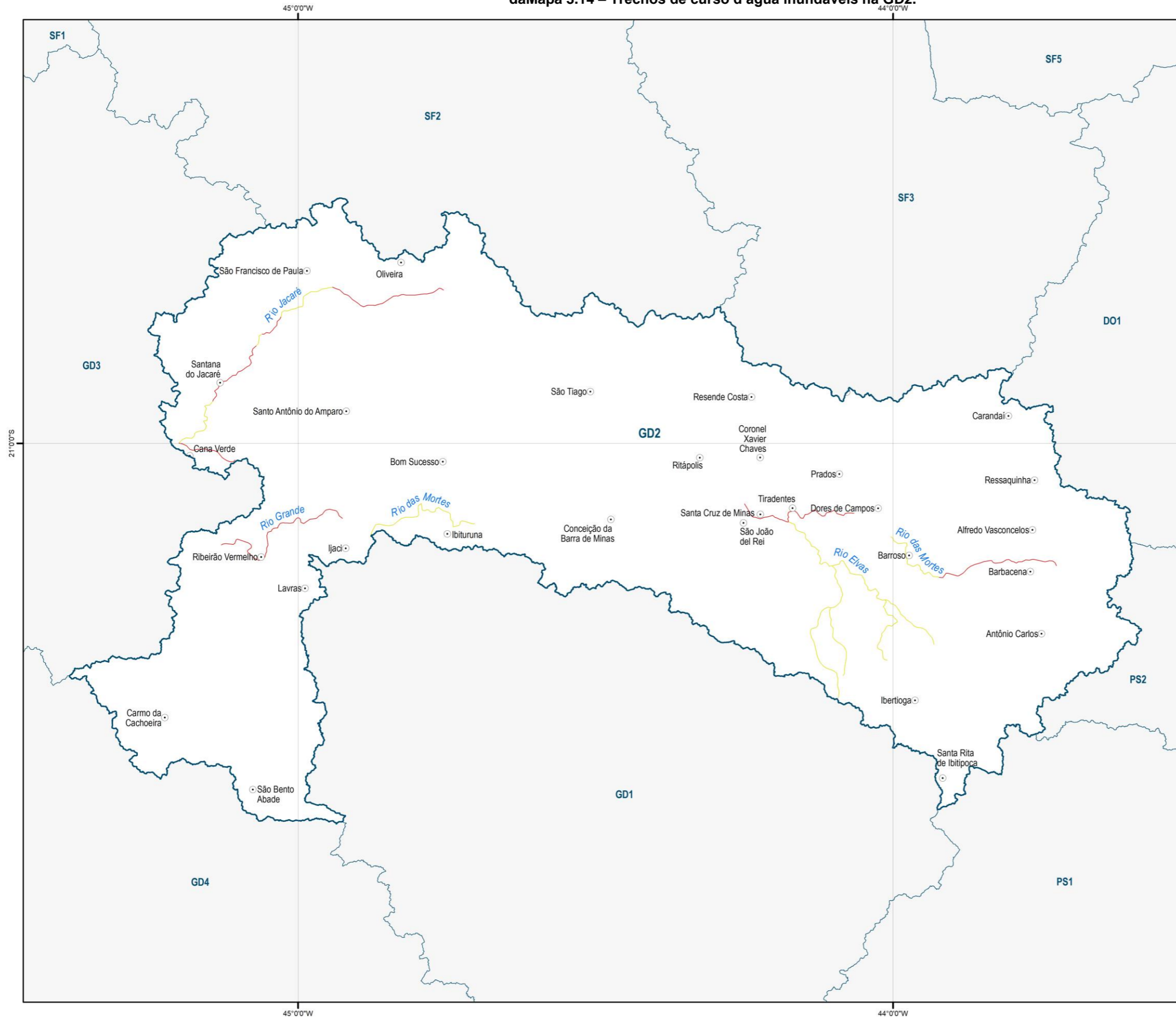
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



da Mapa 3.14 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD2.



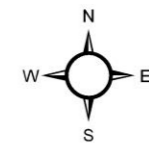
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d’água
- Massa d’água
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- <all other values>
- Média
- Alta

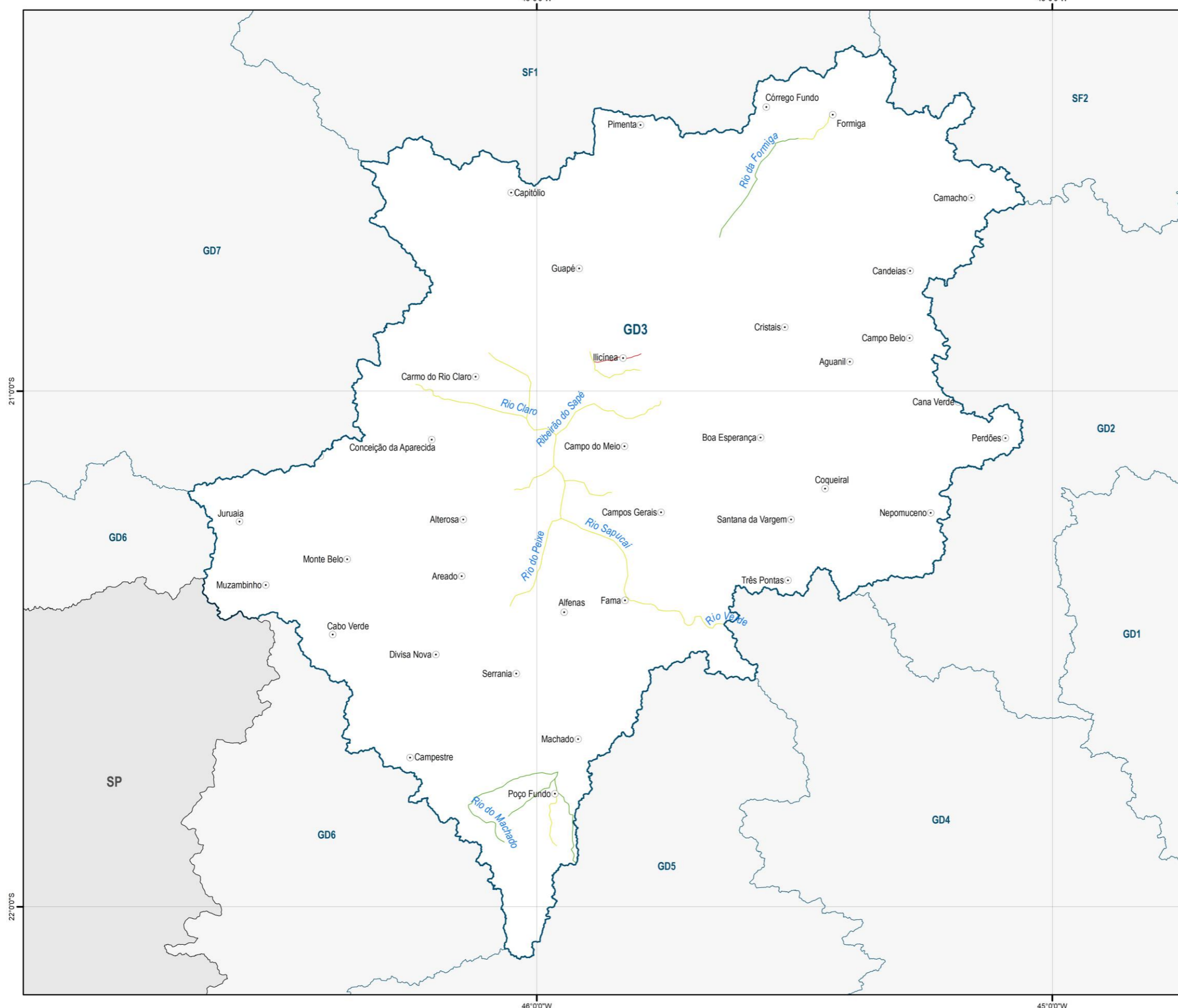
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.15 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD3.



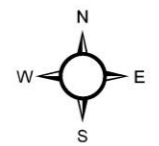
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
 - Média
 - Alta

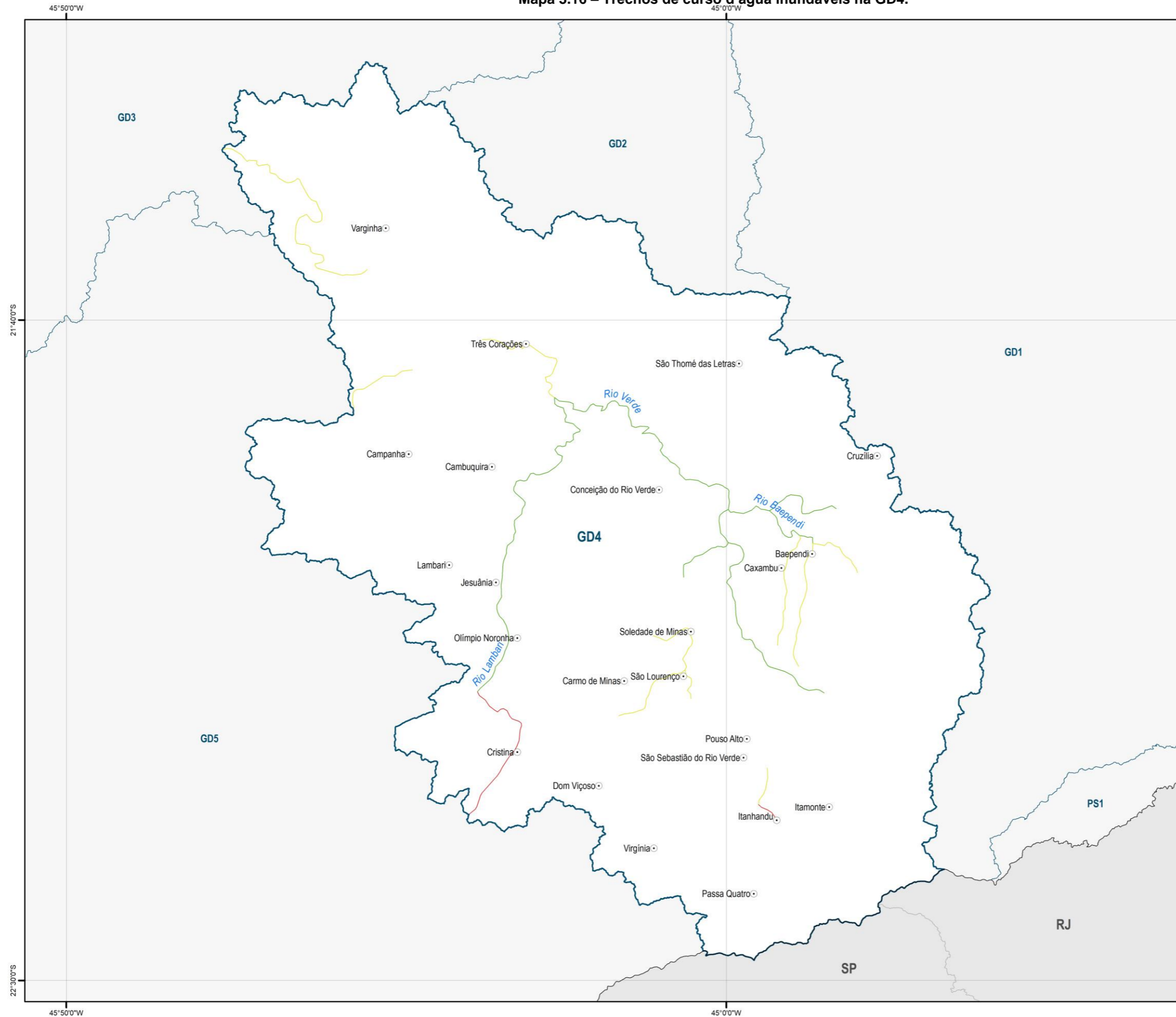
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.16 – Trechos de curso d'água inundáveis na GD4.



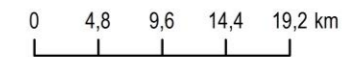
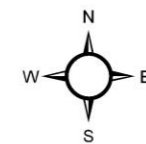
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

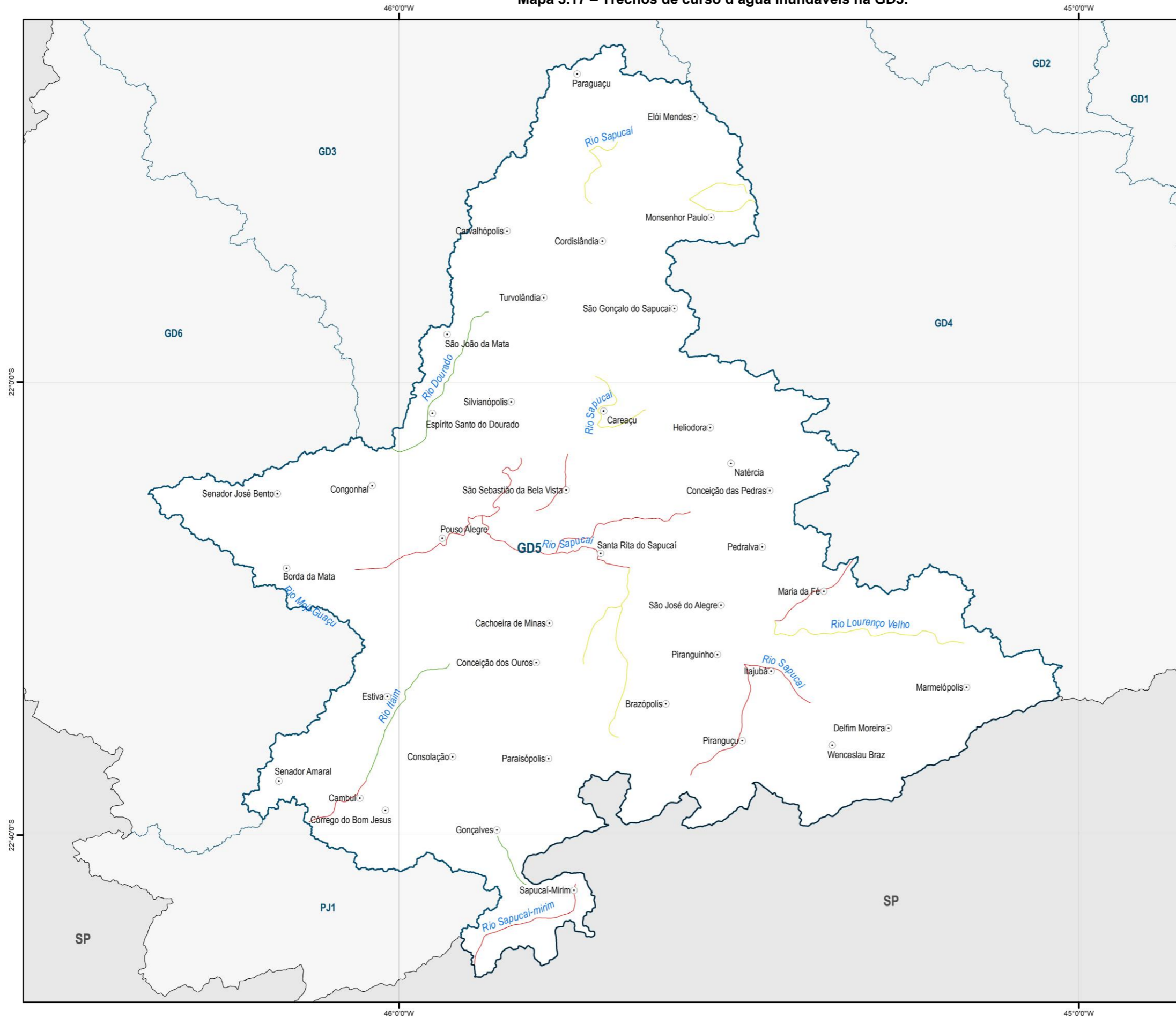
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.17 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD5.



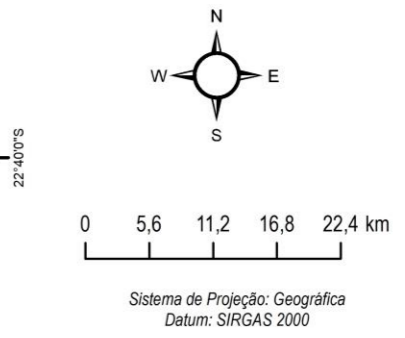
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



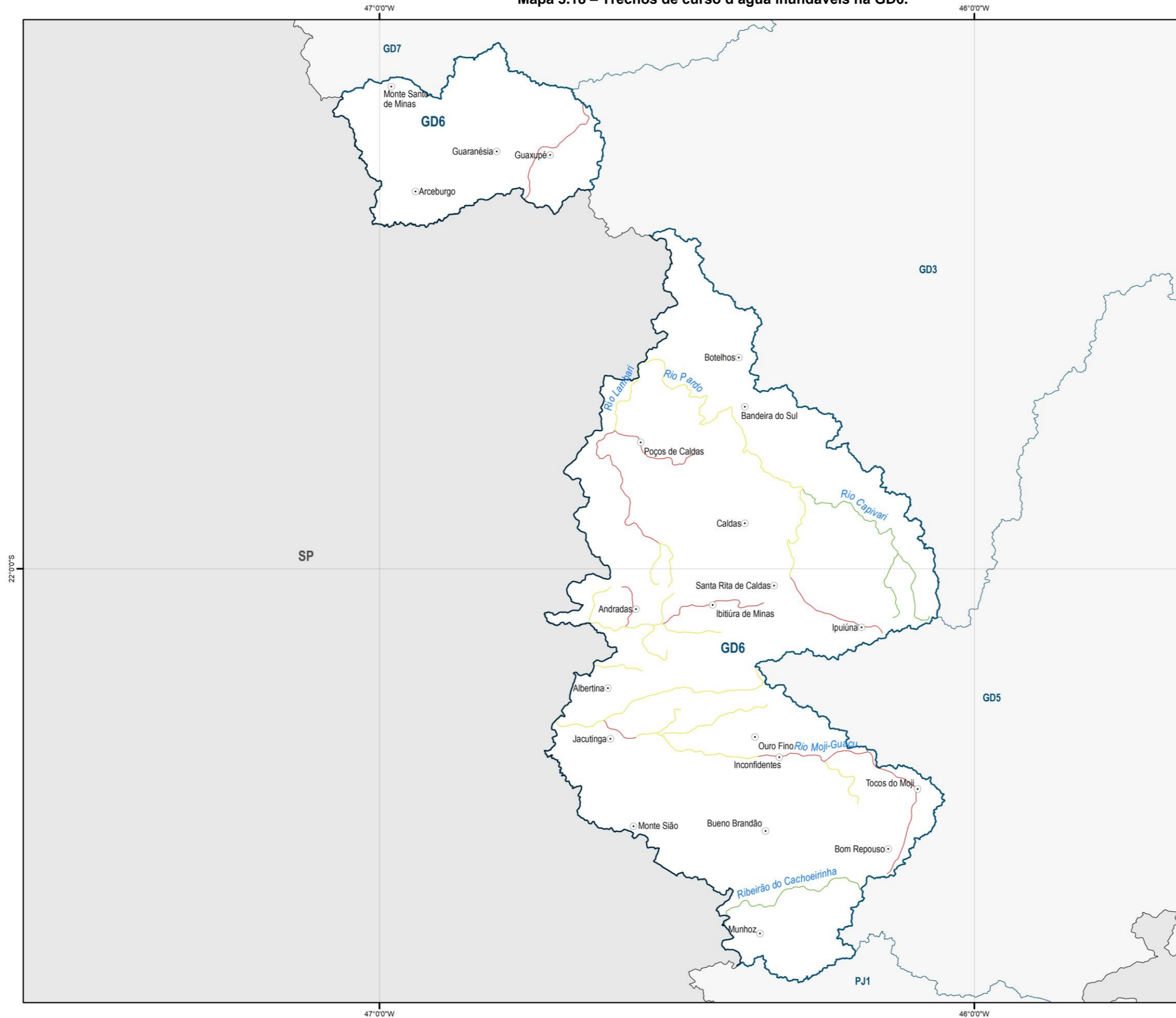
LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
 - Média
 - Alta

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Mapa 3.18 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD6.



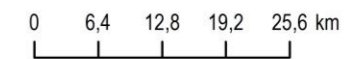
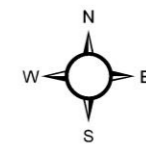
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

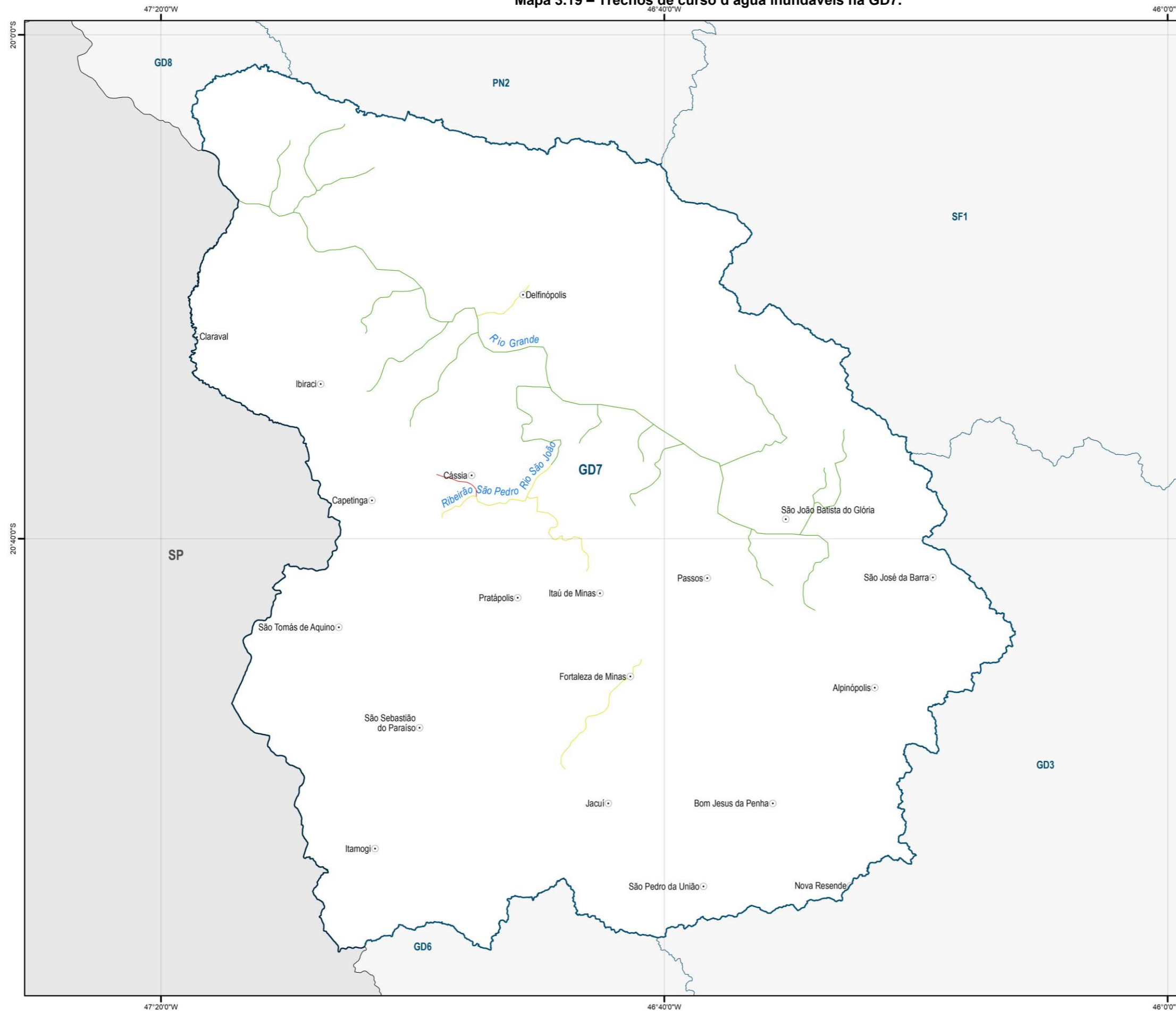
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.19 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD7.



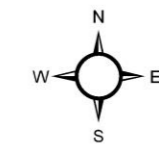
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

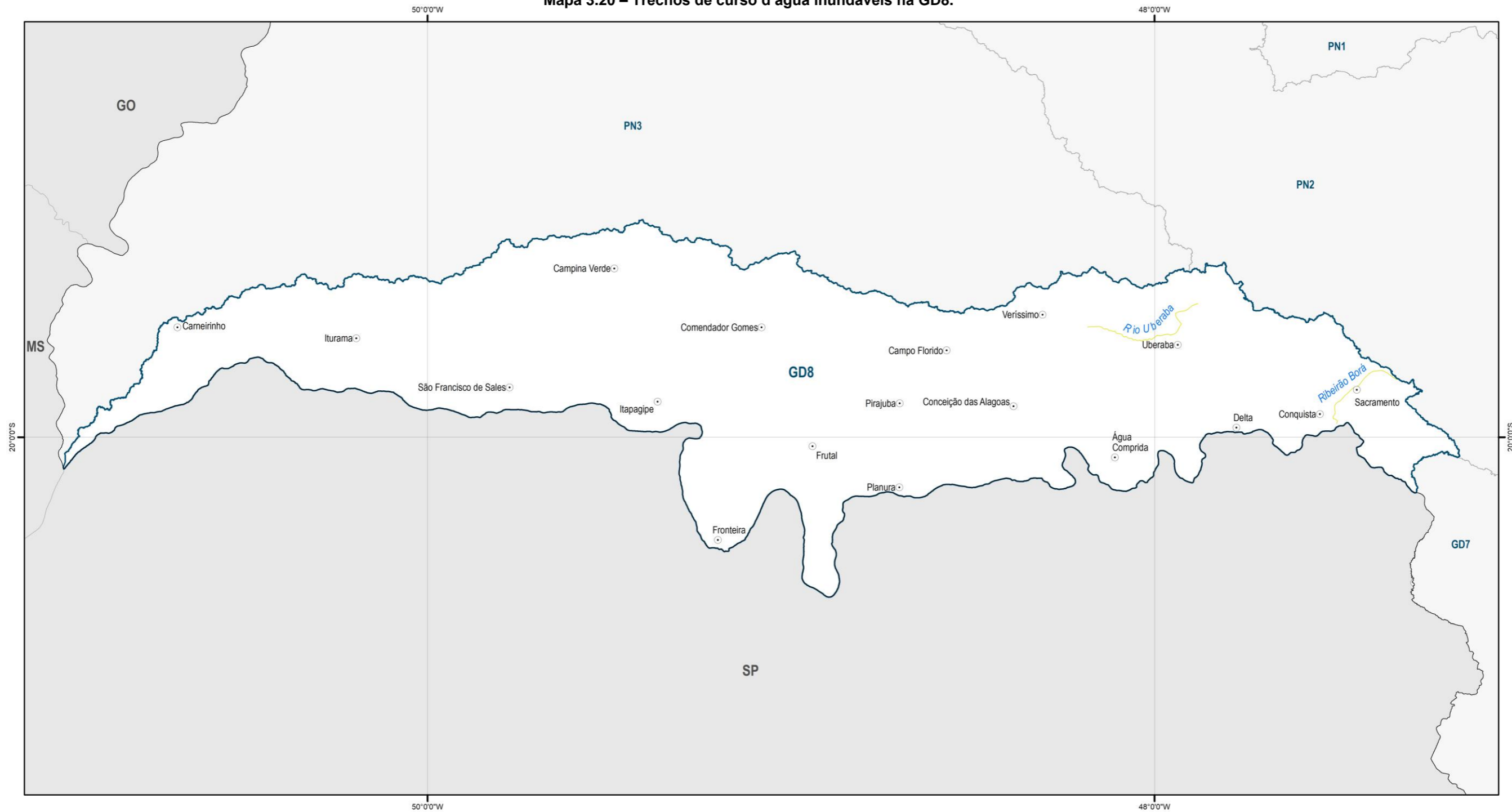
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.20 – Trechos de curso d’água inundáveis na GD8.

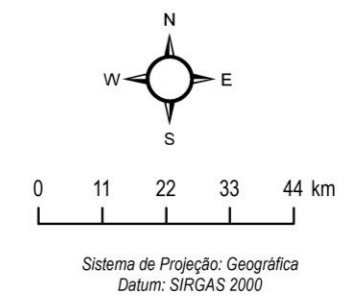


LEGENDA

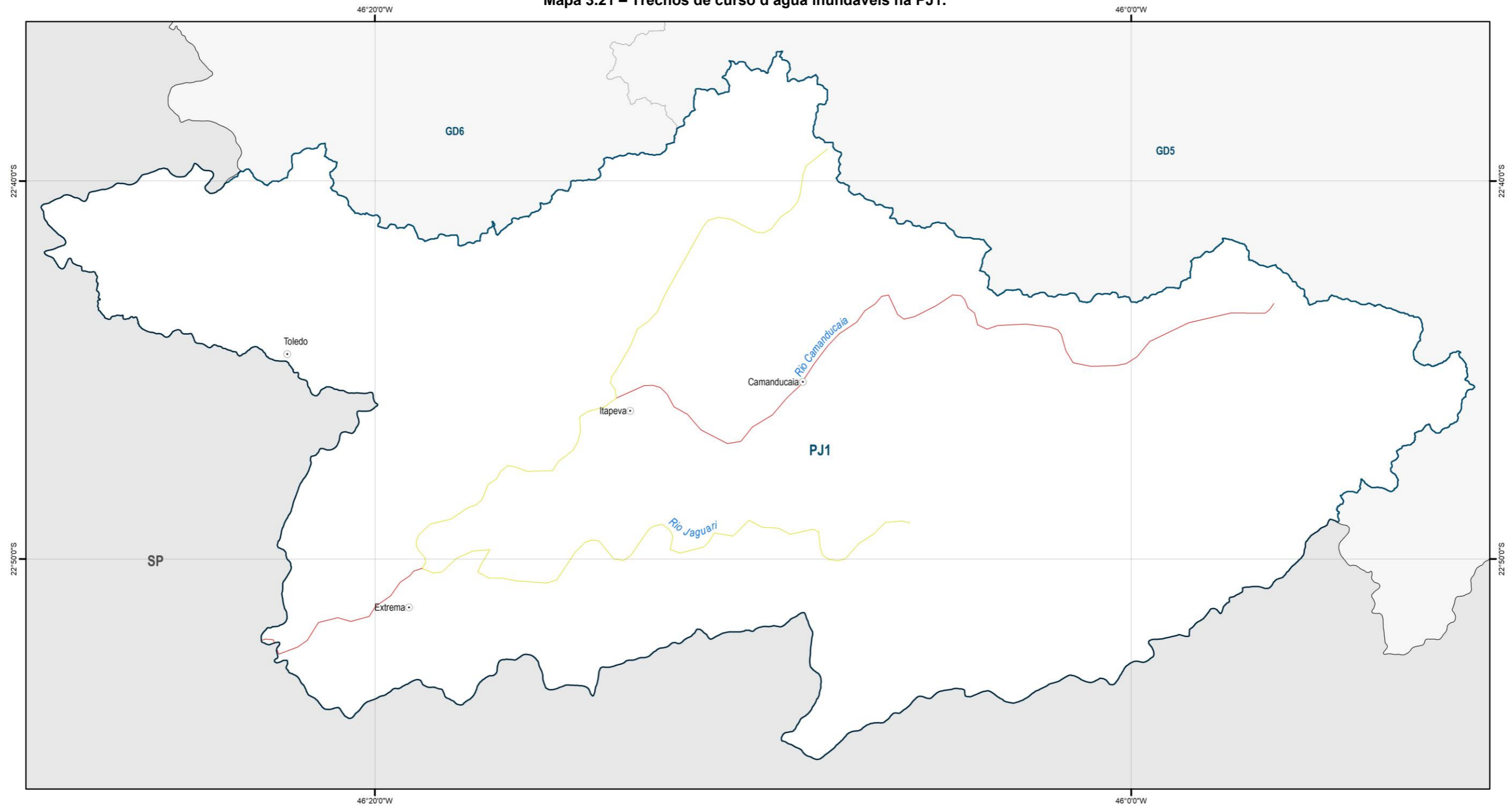
- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Mapa 3.21 – Trechos de curso d’água inundáveis na PJ1.

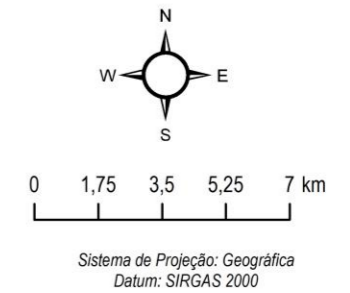


LEGENDA

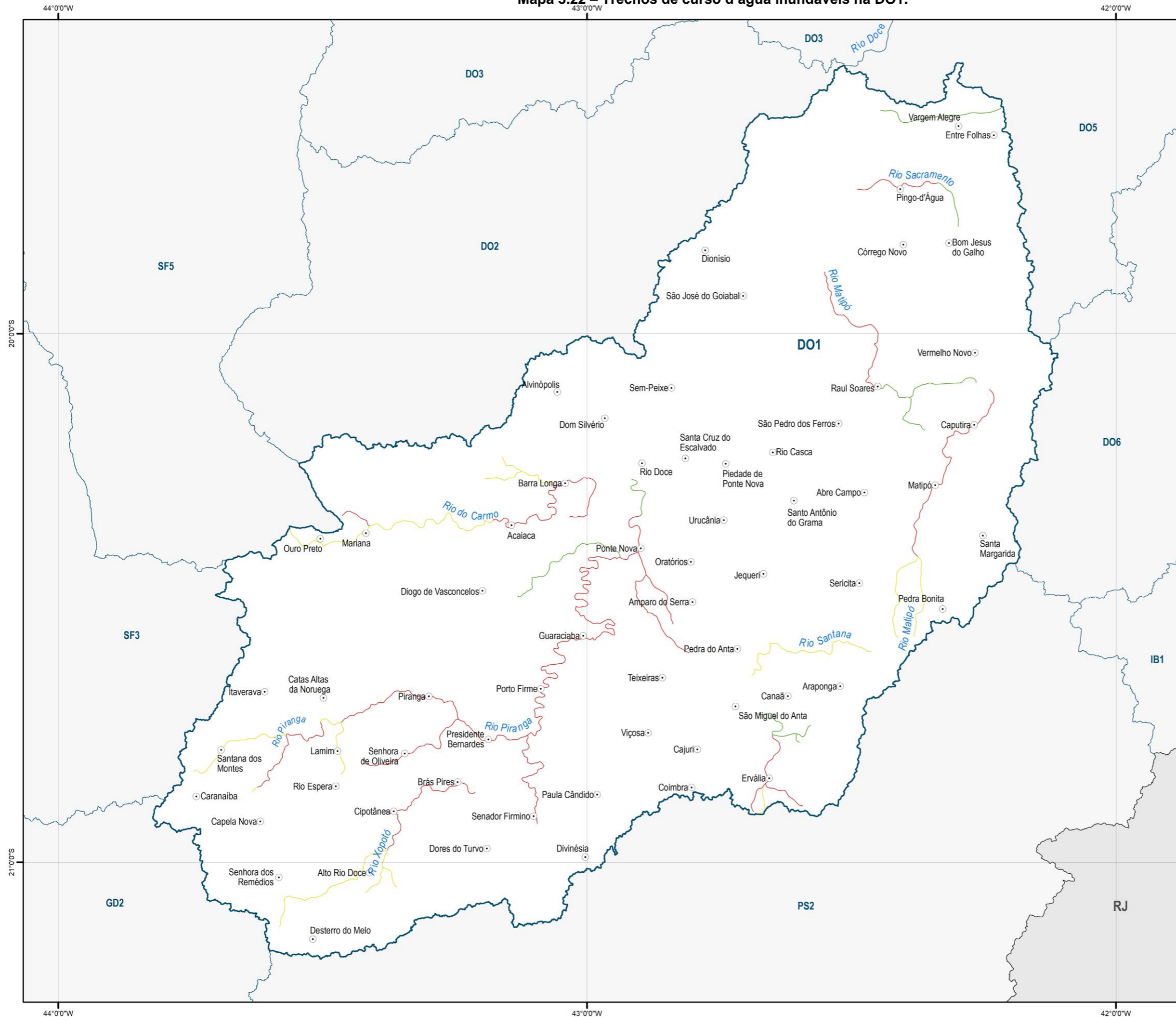
- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Média
- Alta

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Mapa 3.22 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO1.



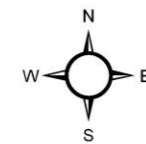
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014

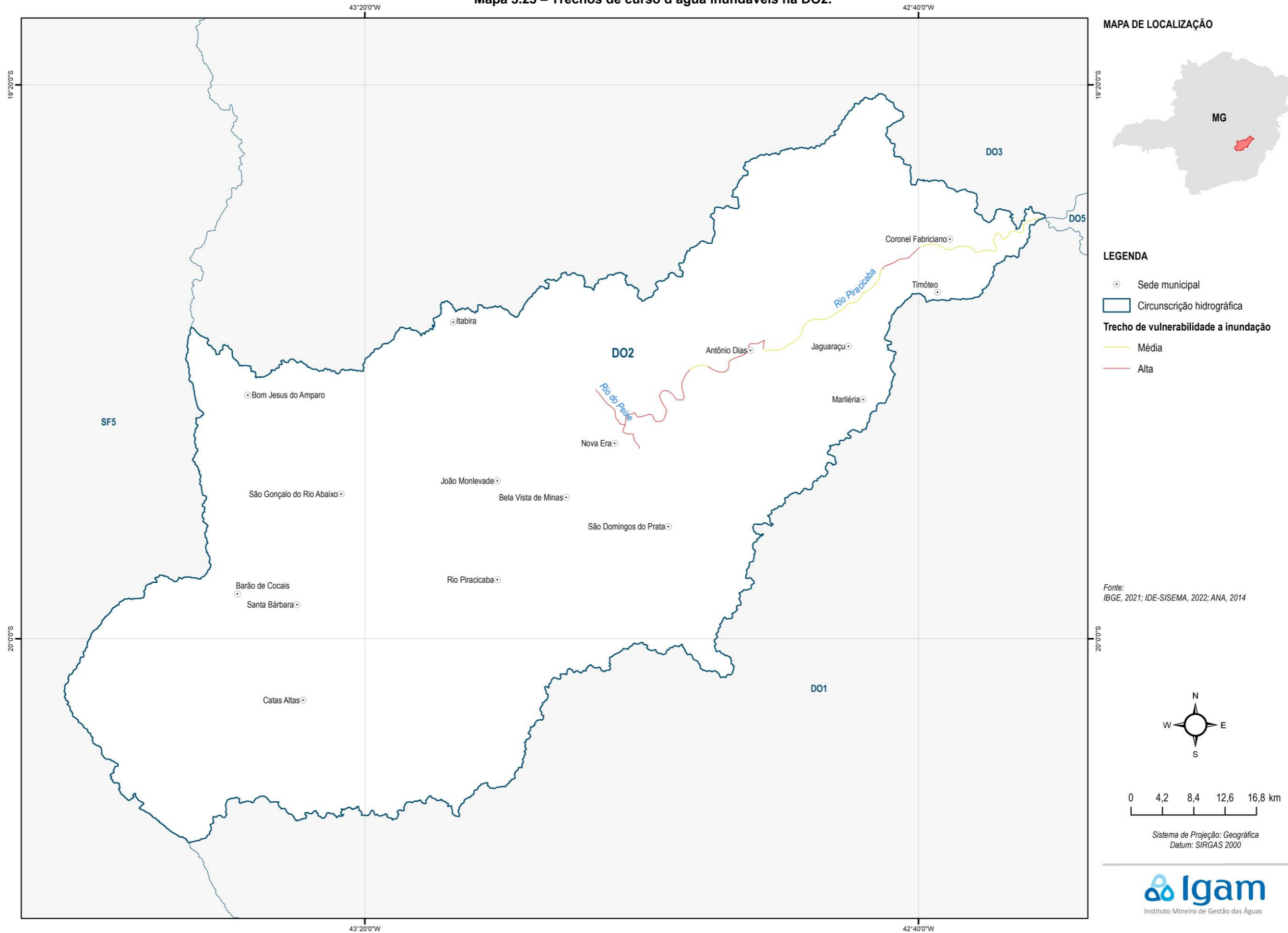


0 7,2 14,4 21,6 28,8 km

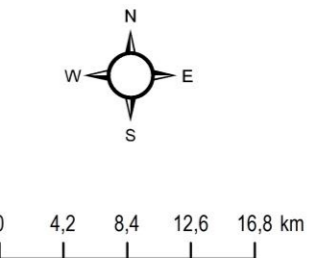
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.23 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO2.



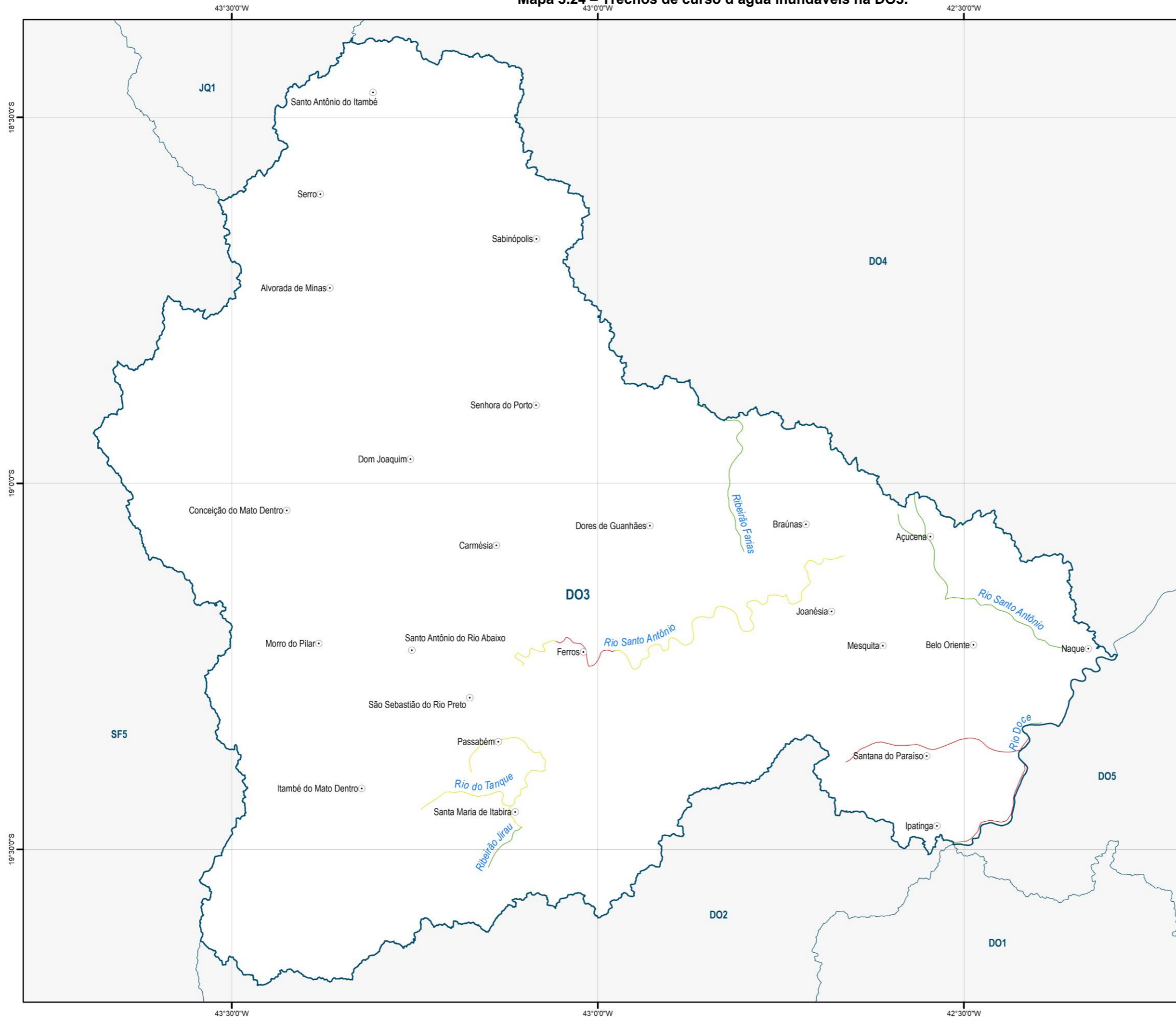
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.24 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO3.



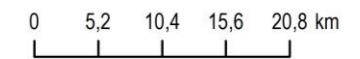
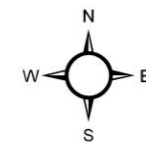
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

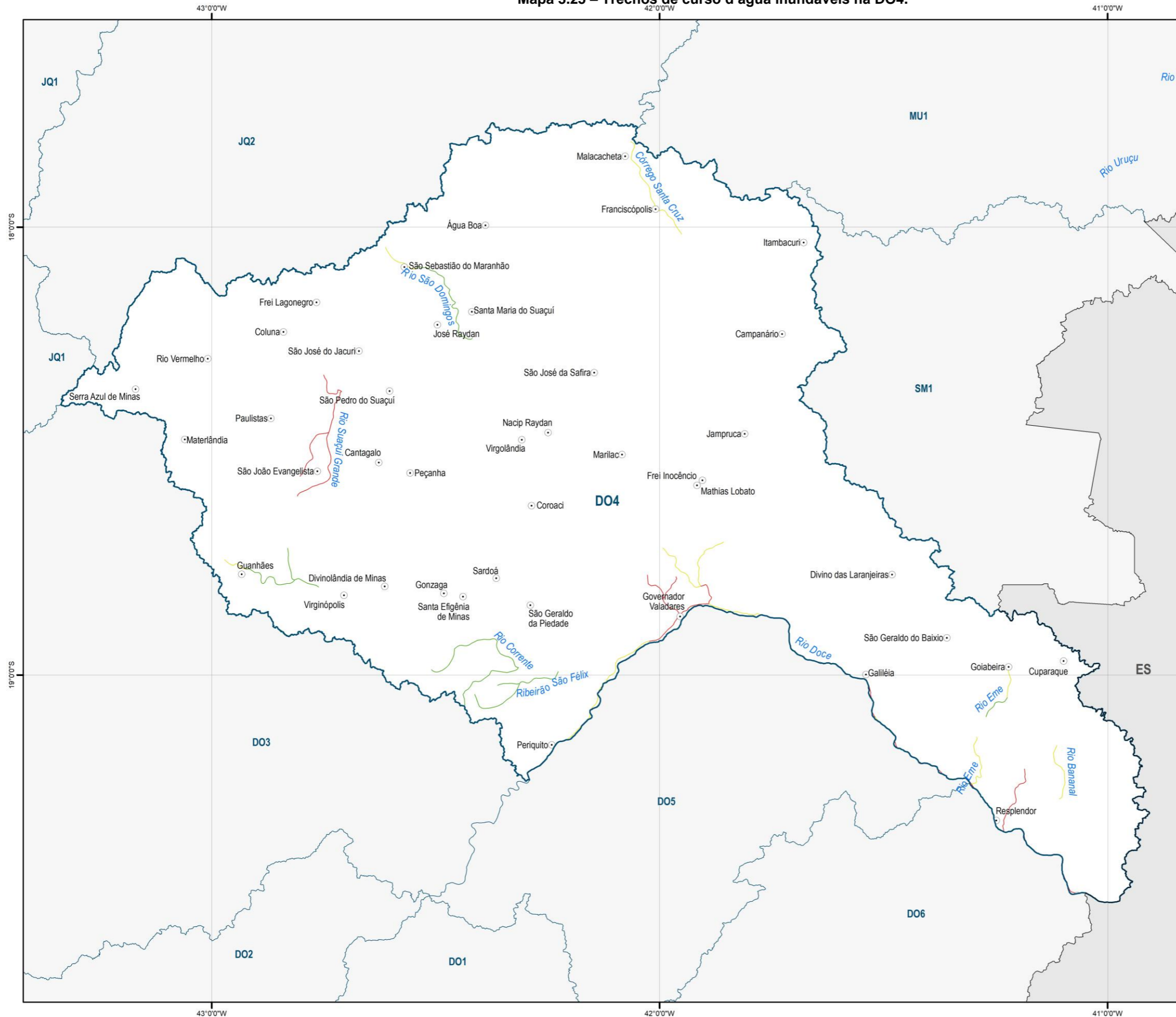
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.25 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO4.



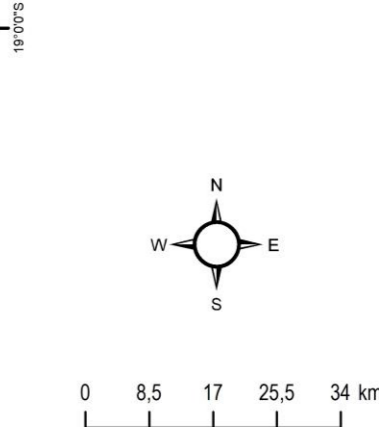
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

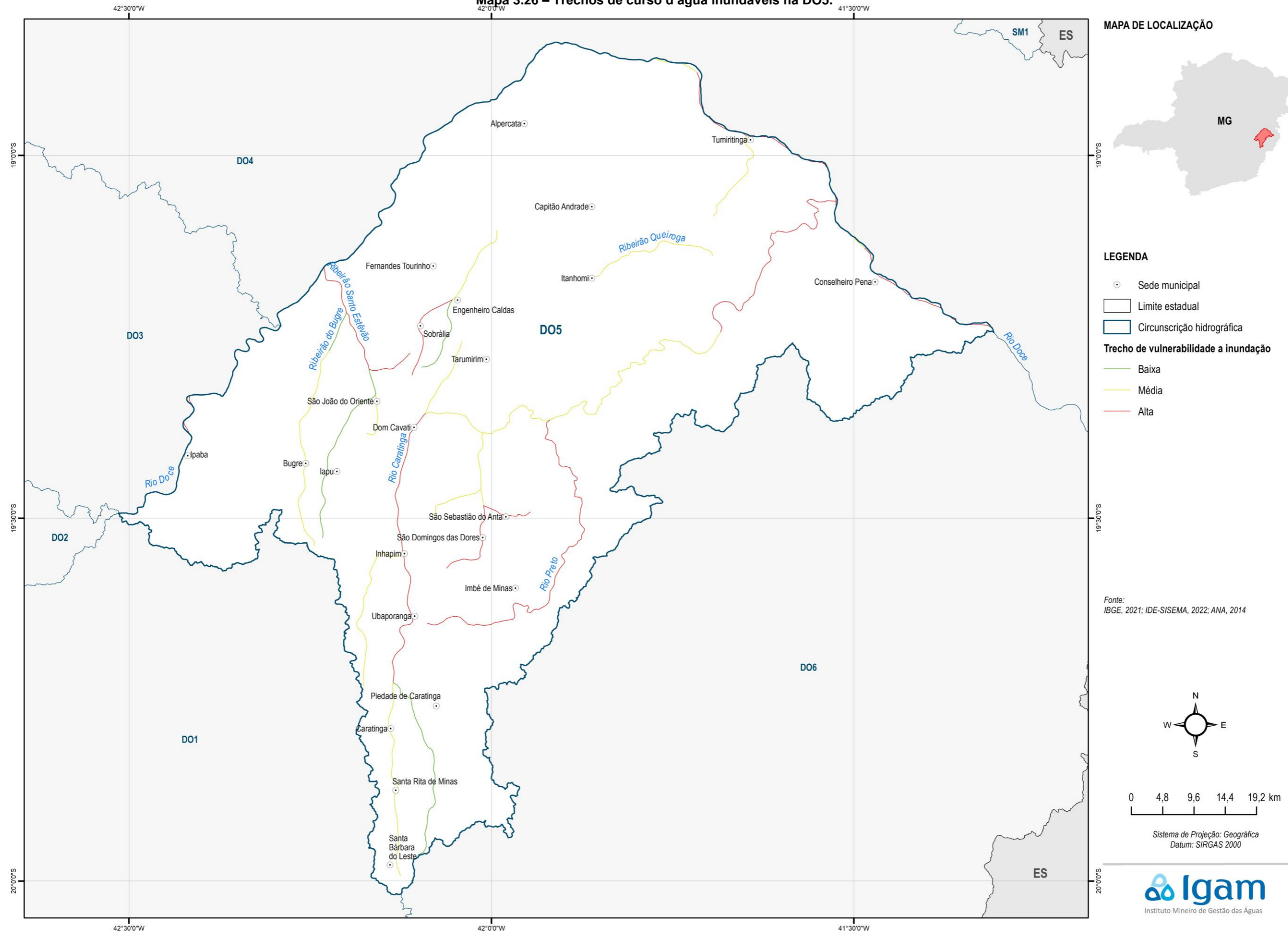
Fonte:
IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



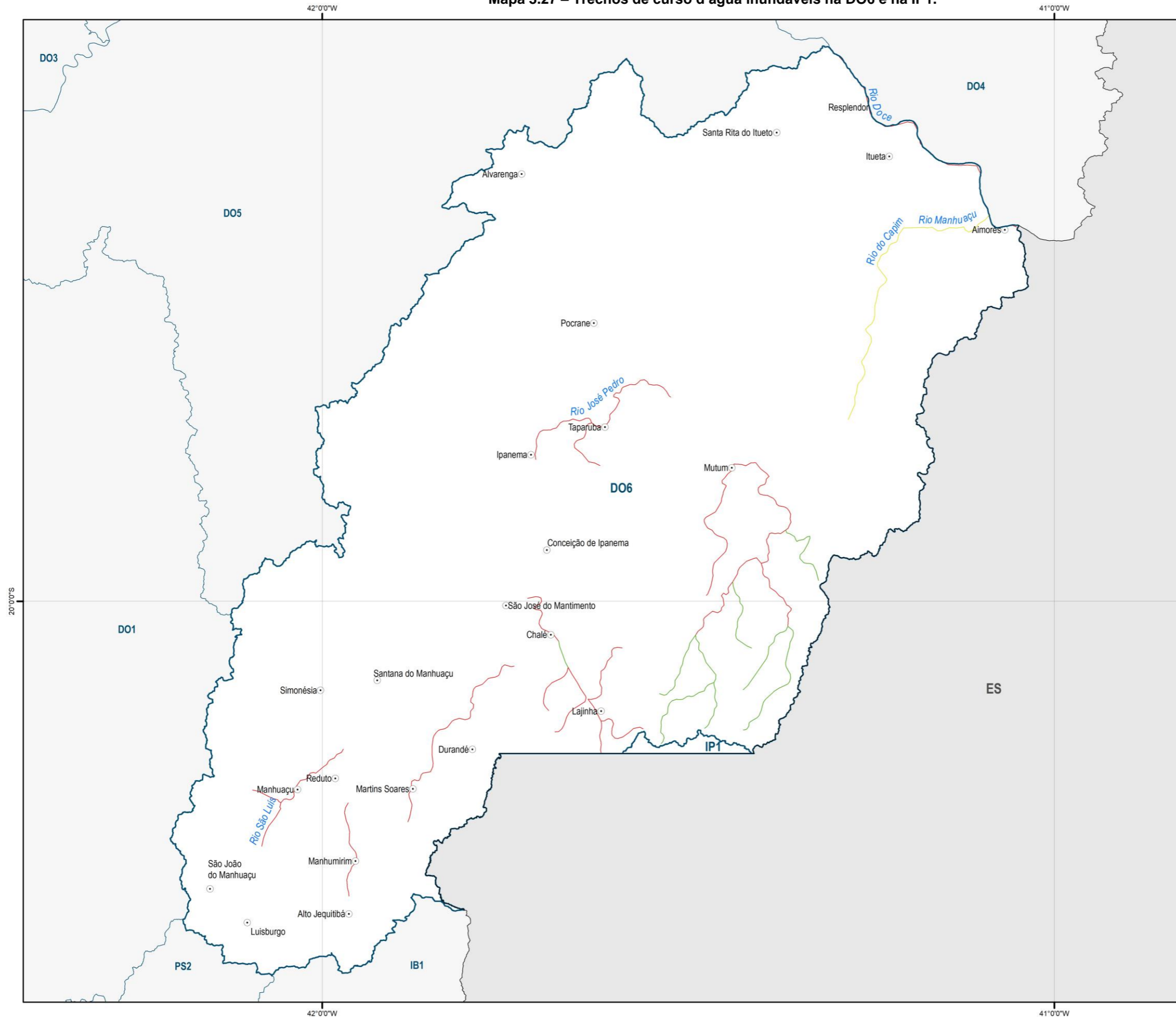
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.26 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO5.



Mapa 3.27 – Trechos de curso d’água inundáveis na DO6 e na IP1.



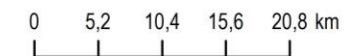
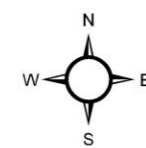
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

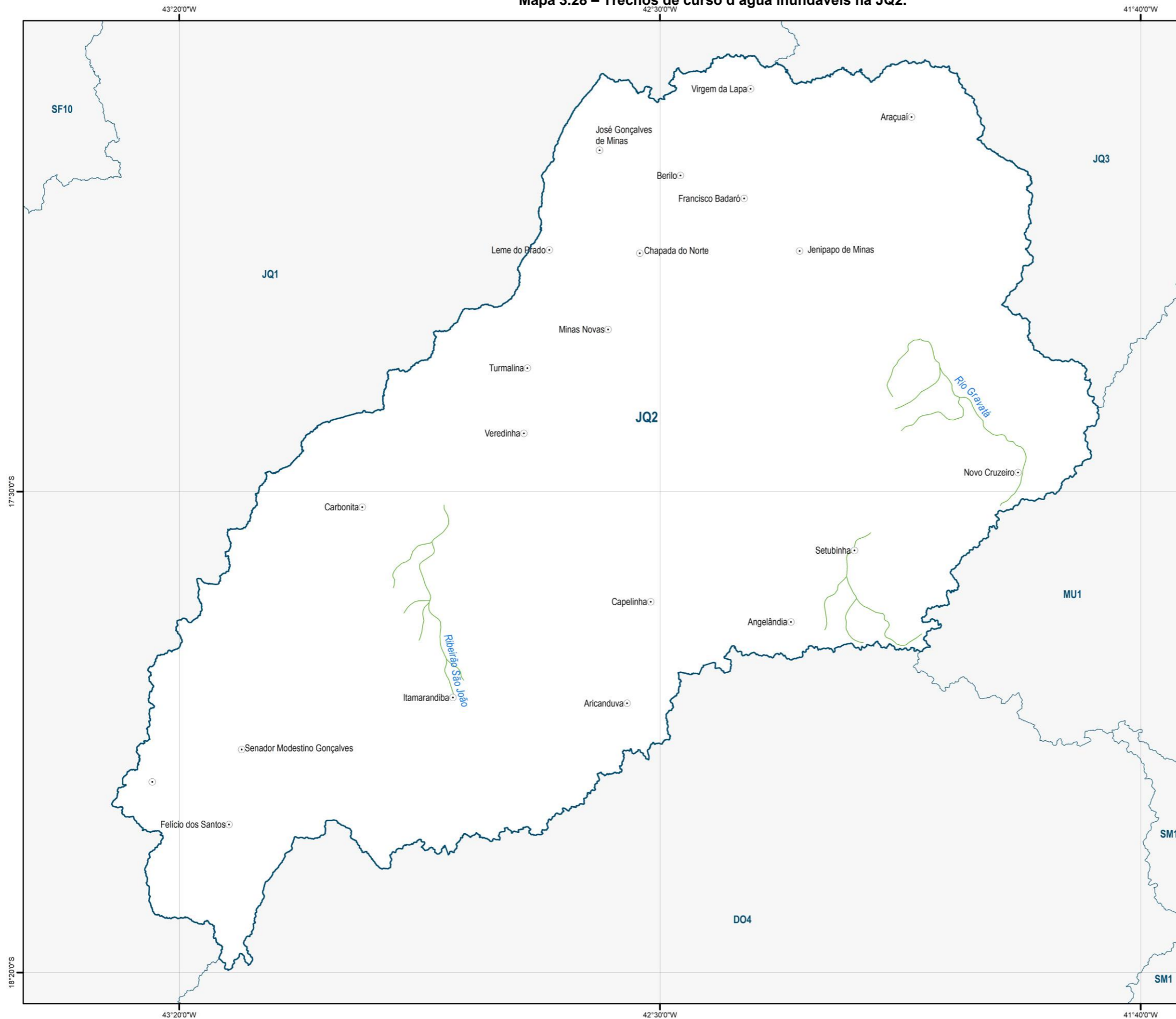
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.28 – Trechos de curso d'água inundáveis na JQ2.



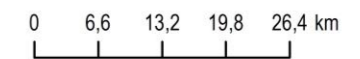
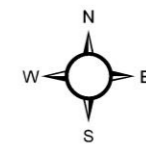
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa

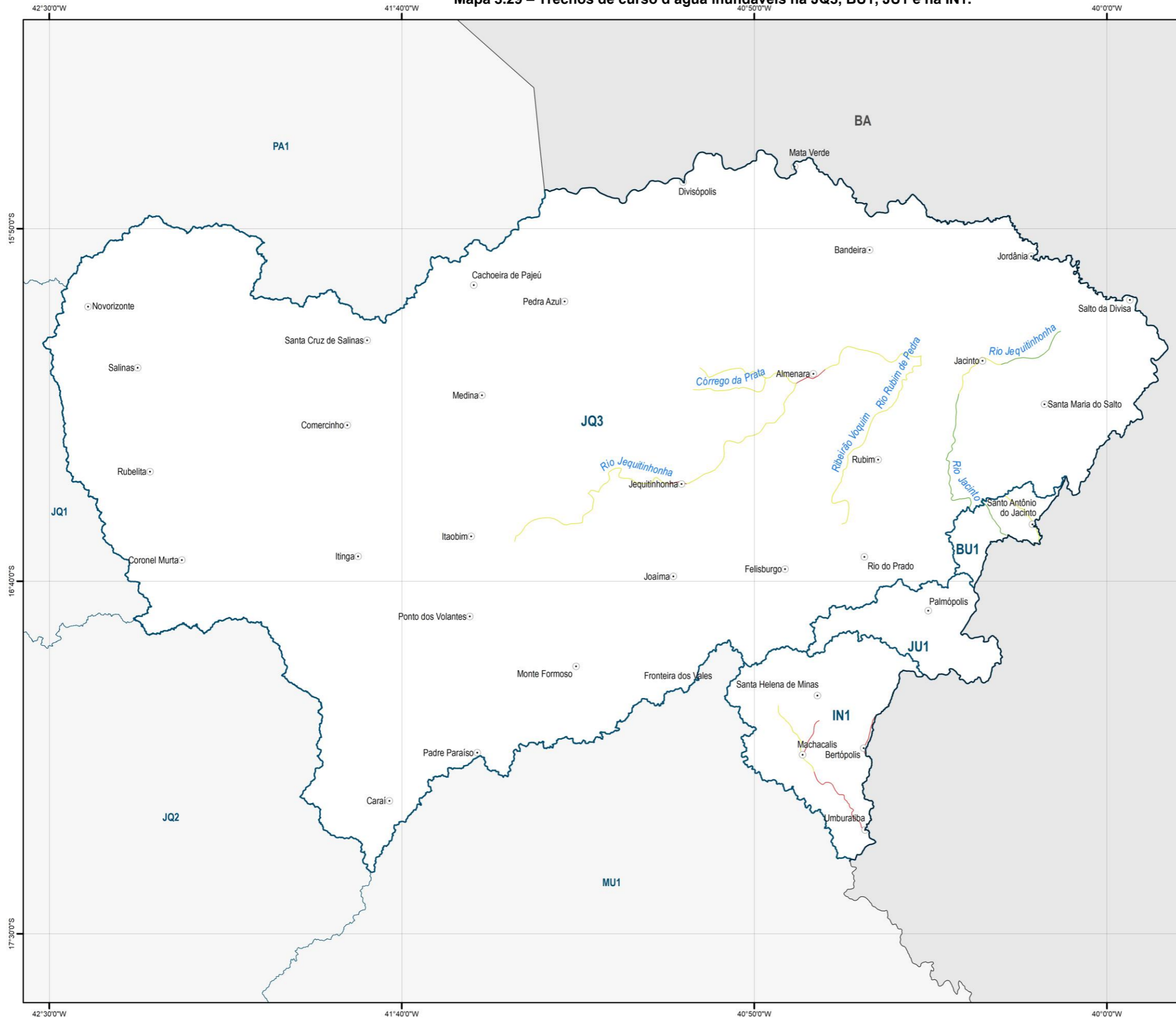
Fonte:
 IBGE, 2021, IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.29 – Trechos de curso d’água inundáveis na JQ3, BU1, JU1 e na IN1.



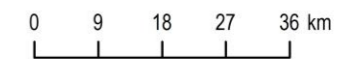
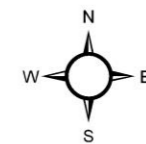
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

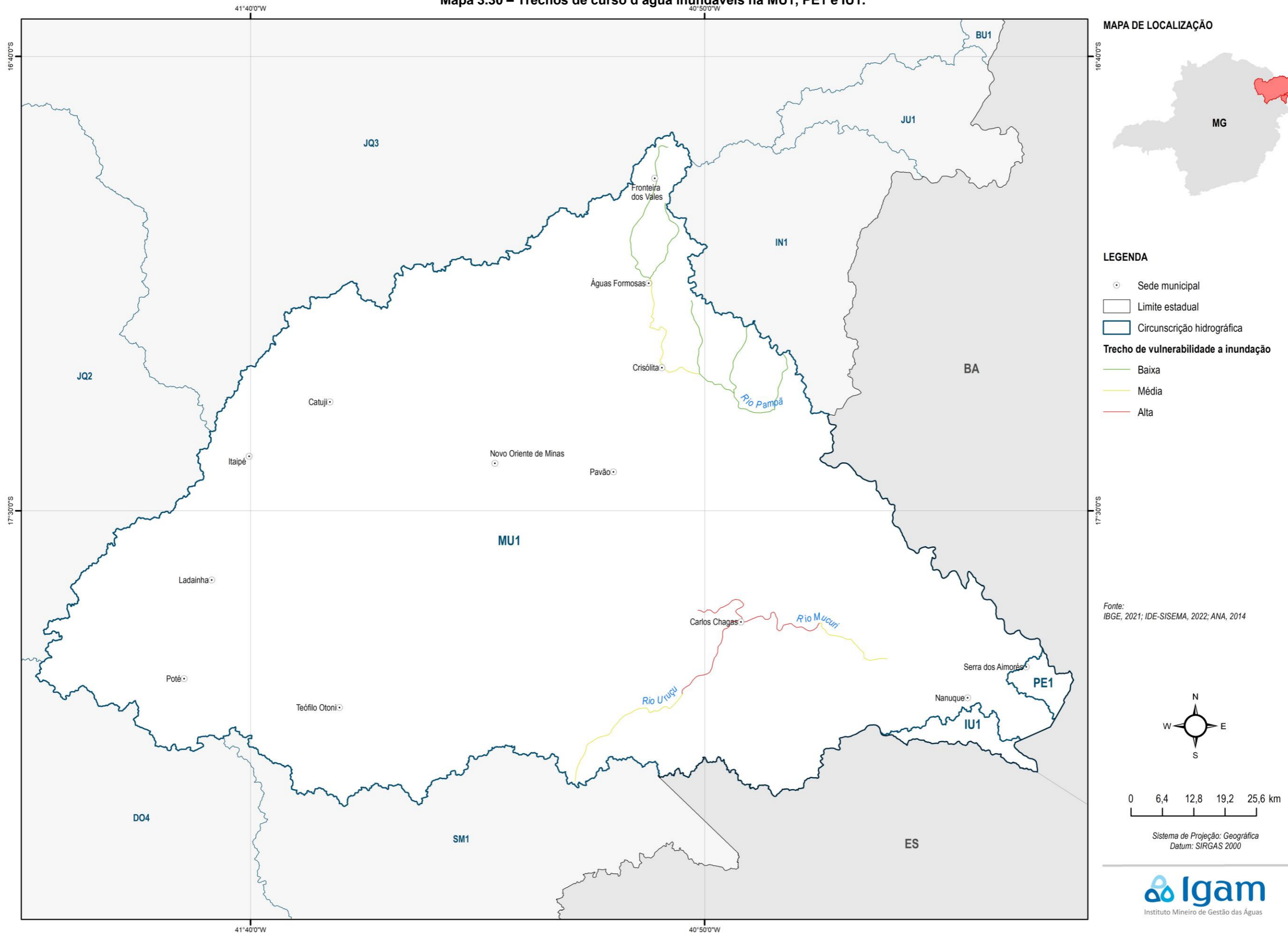
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



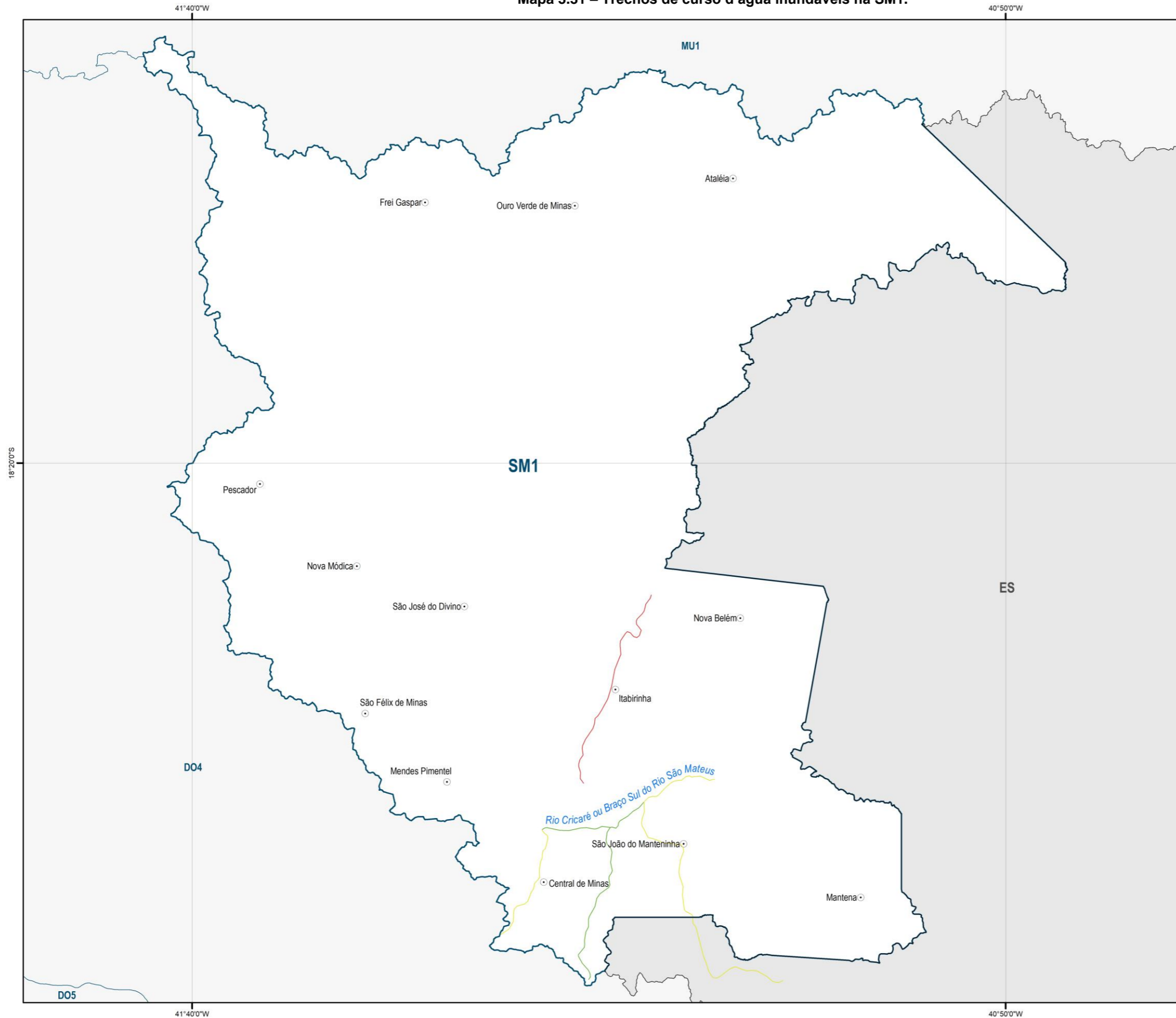
Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.30 – Trechos de curso d’água inundáveis na MU1, PE1 e IU1.



Mapa 3.31 – Trechos de curso d’água inundáveis na SM1.



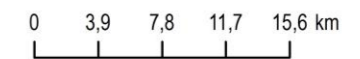
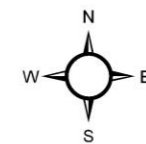
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

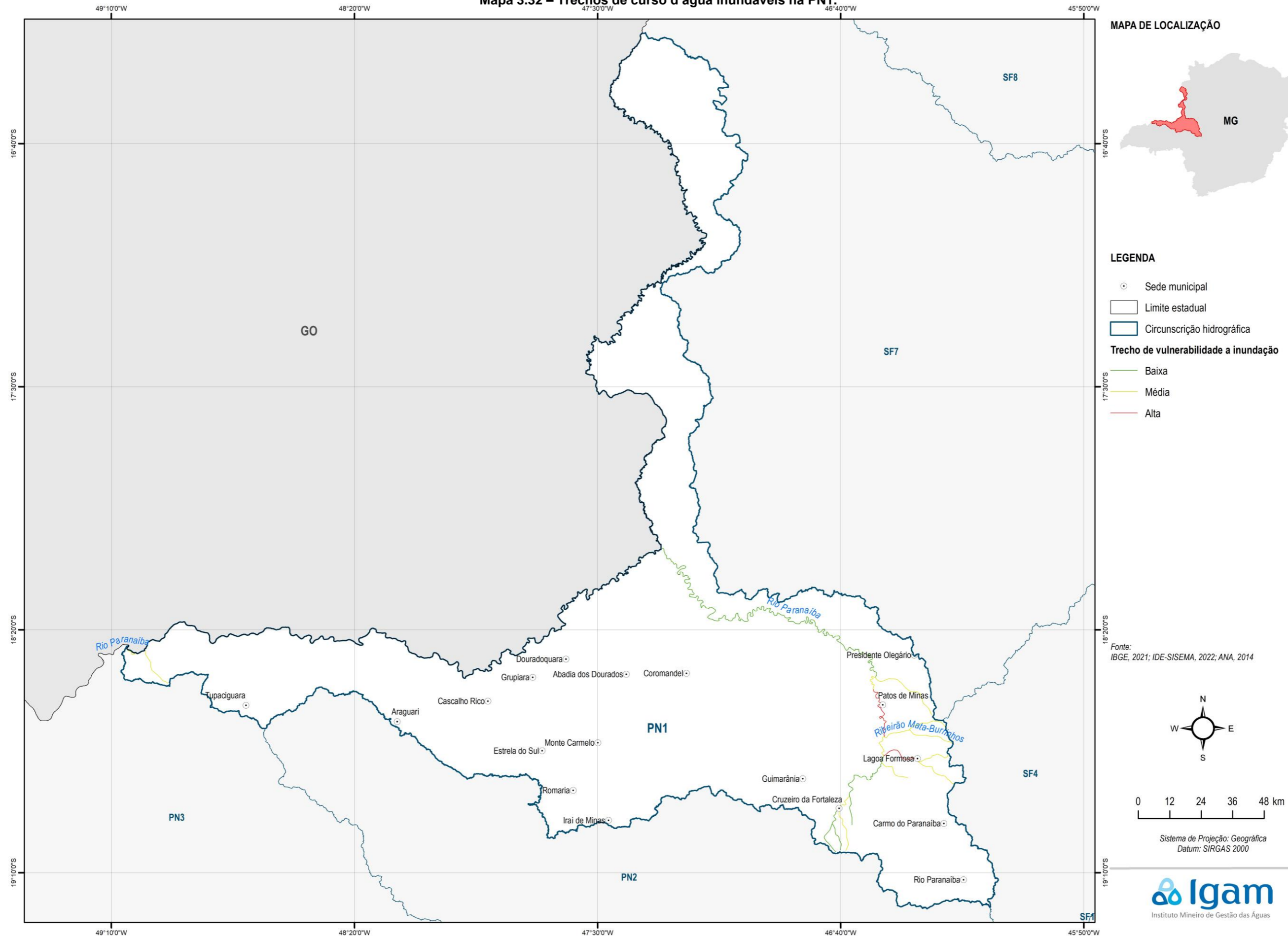
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



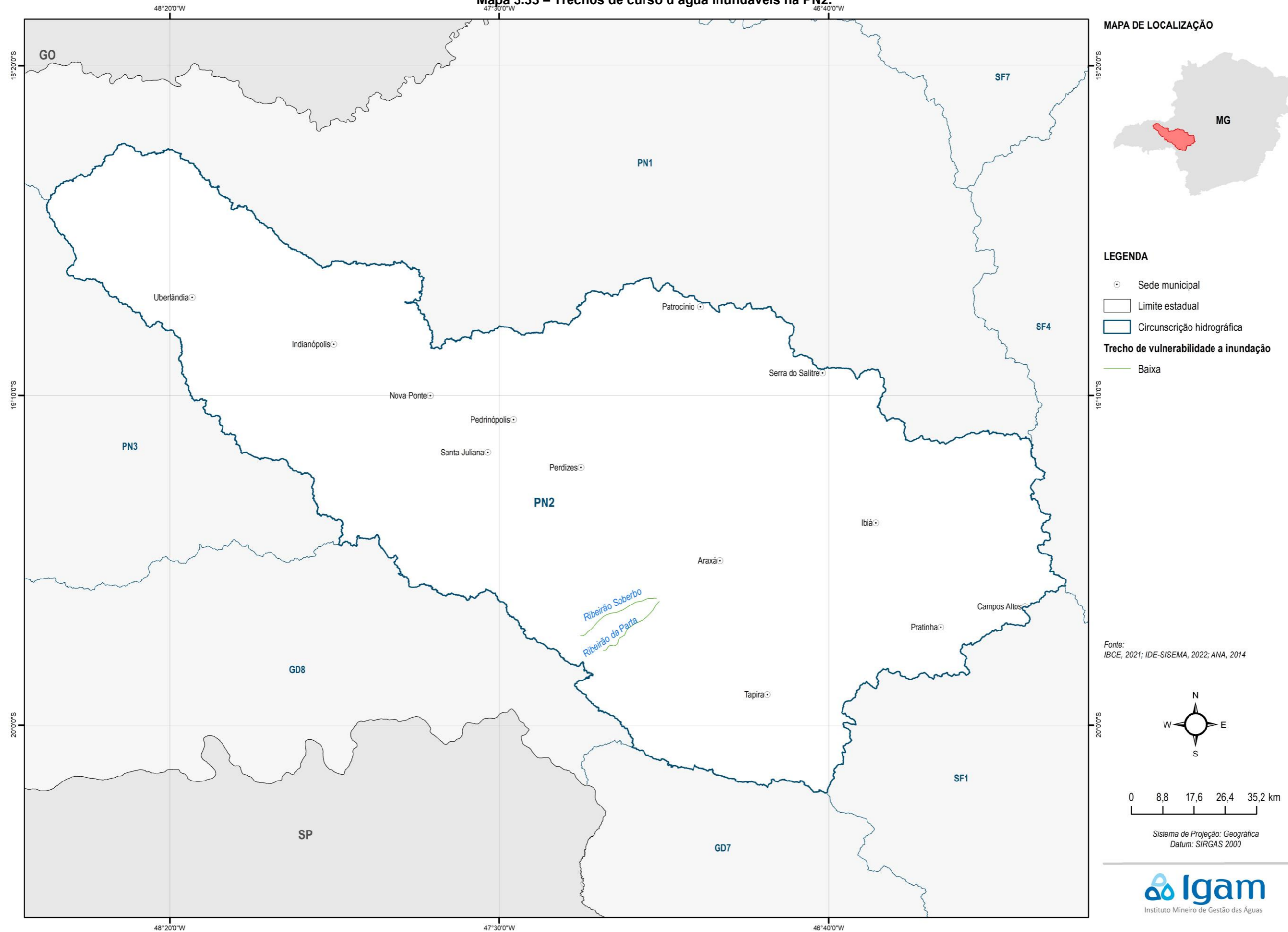
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



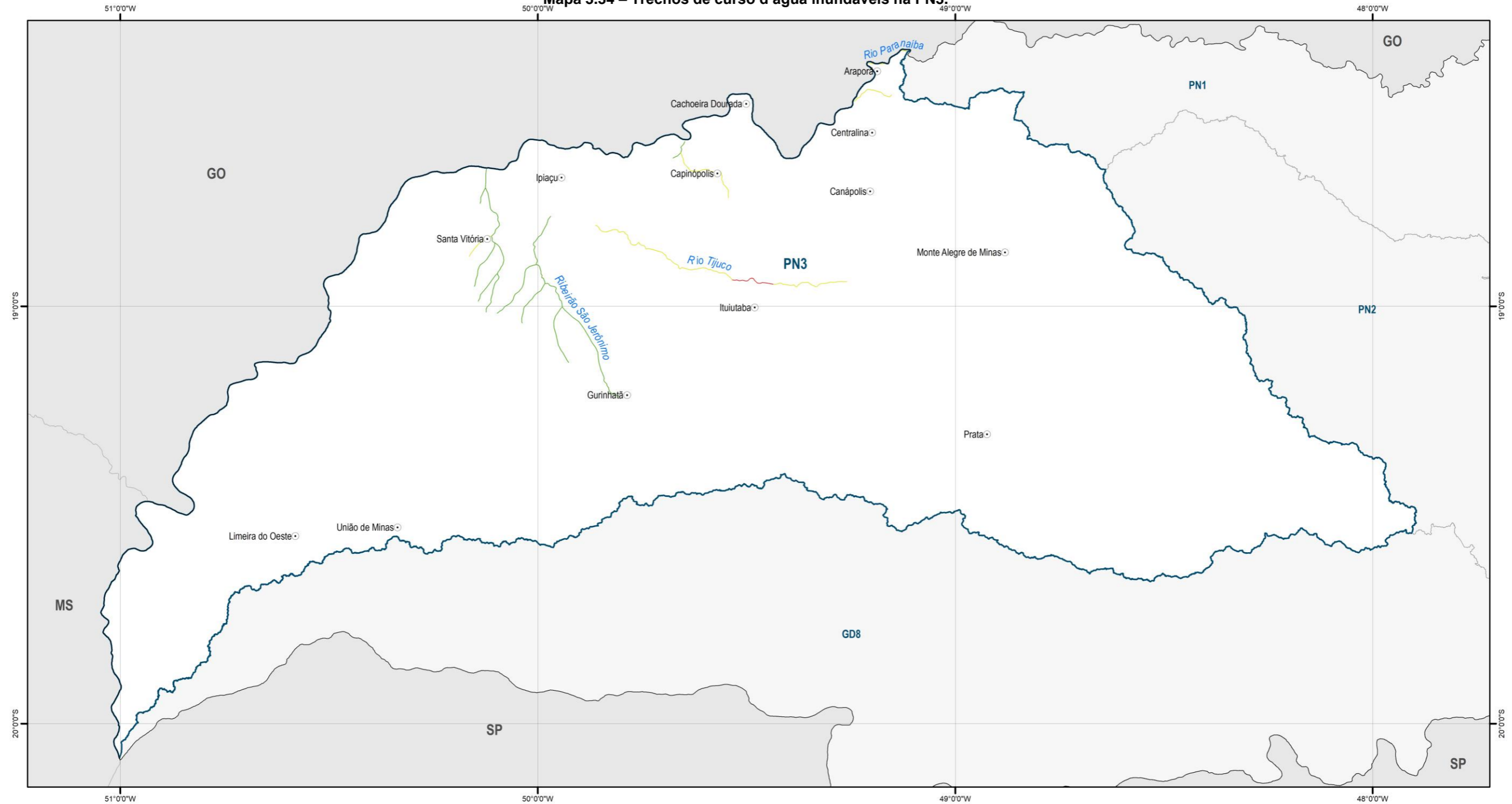
Mapa 3.32 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN1.



Mapa 3.33 – Trechos de curso d’água inundáveis na PN2.



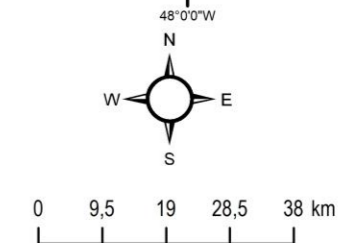
Mapa 3.34 – Trechos de curso d'água inundáveis na PN3.



LEGENDA

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Sede municipal □ Limite estadual □ Circunscrição hidrográfica | <p>Trecho de vulnerabilidade a inundação</p> <ul style="list-style-type: none"> — Baixa — Média — Alta |
|---|--|

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

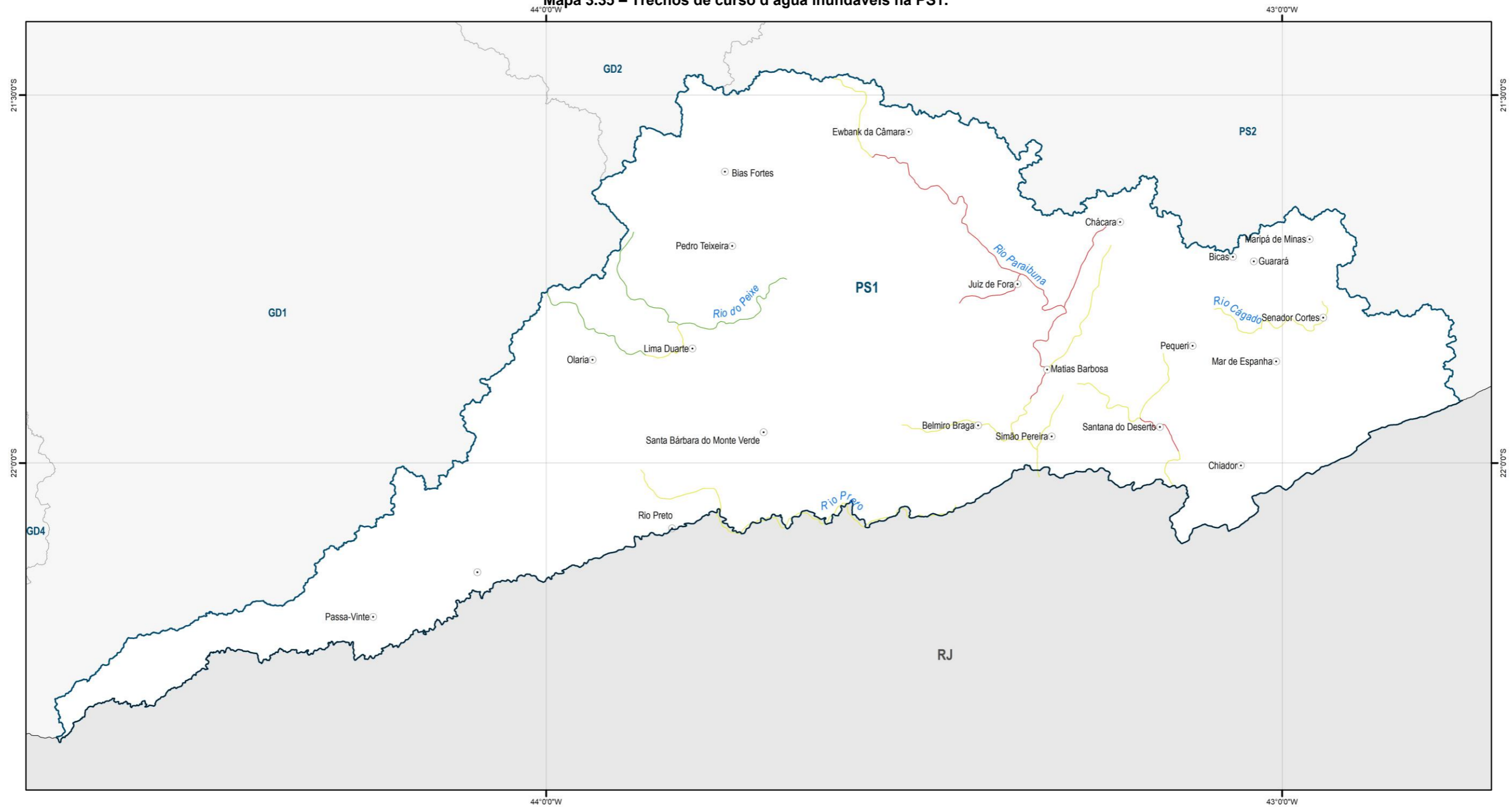


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



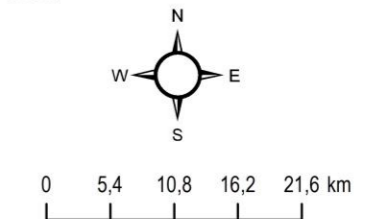
Mapa 3.35 – Trechos de curso d'água inundáveis na PS1.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Trecho de vulnerabilidade a inundação**
- Baixa
- Média
- Alta

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

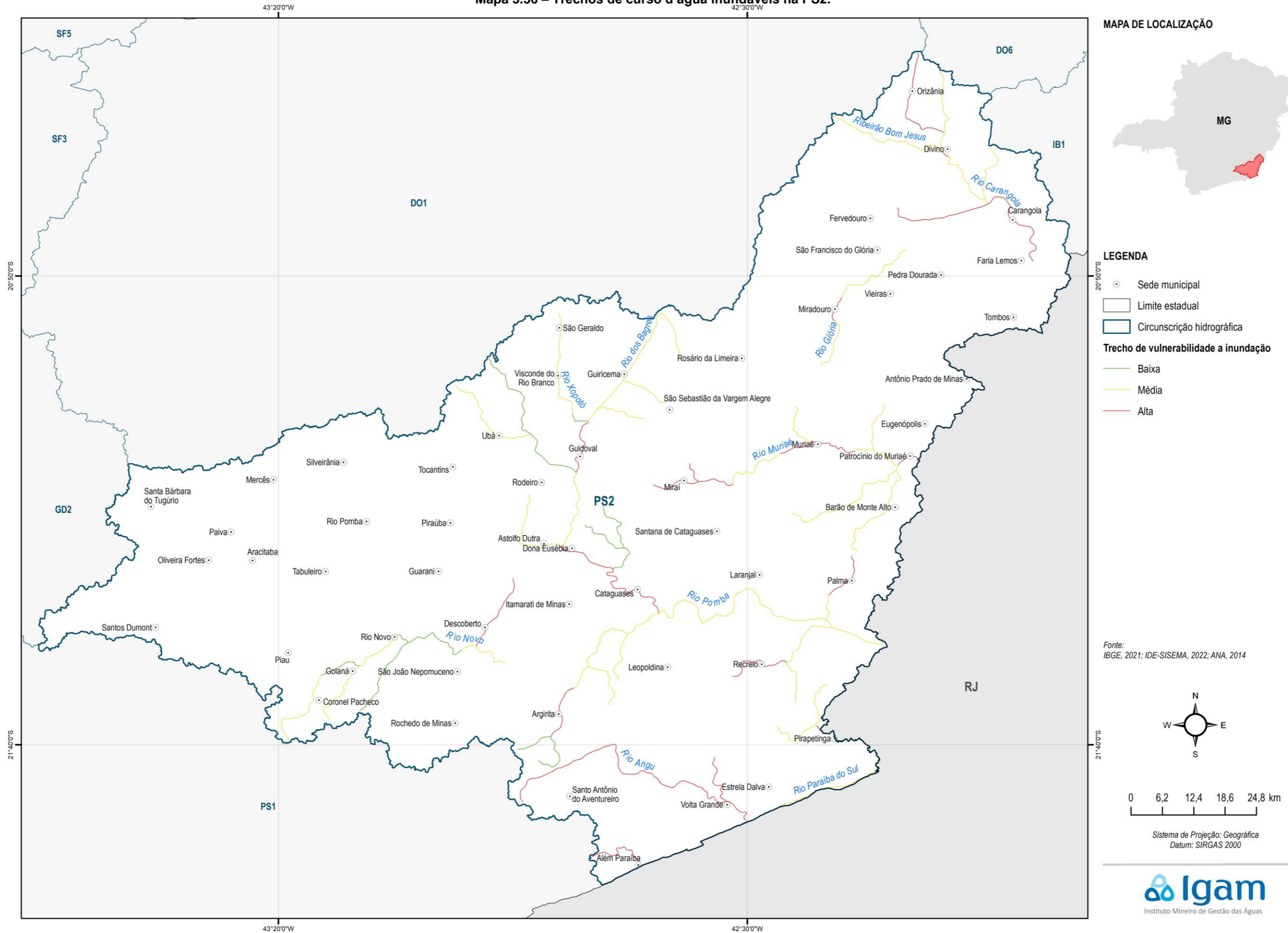


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000

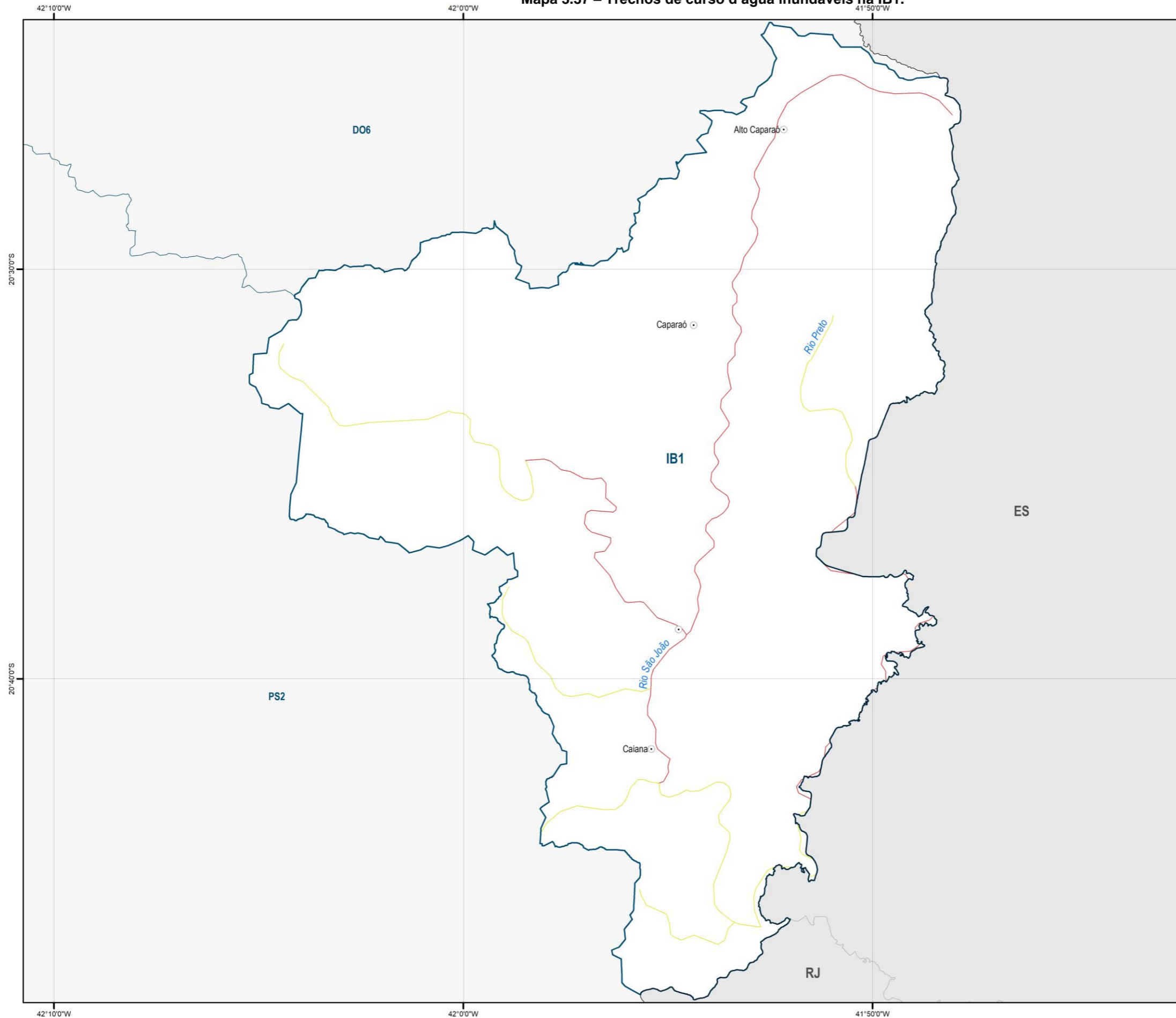
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2014



Mapa 3.36 – Trechos de curso d'água inundáveis na PS2.



Mapa 3.37 – Trechos de curso d’água inundáveis na IB1.



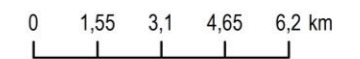
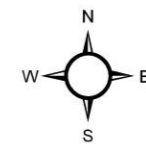
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



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 3.3.

3.1.1 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 3-6.

Quadro 3-6 – Classificação das CHs em níveis de probabilidade de ocorrência de desastres por eventos extremos de causas naturais.

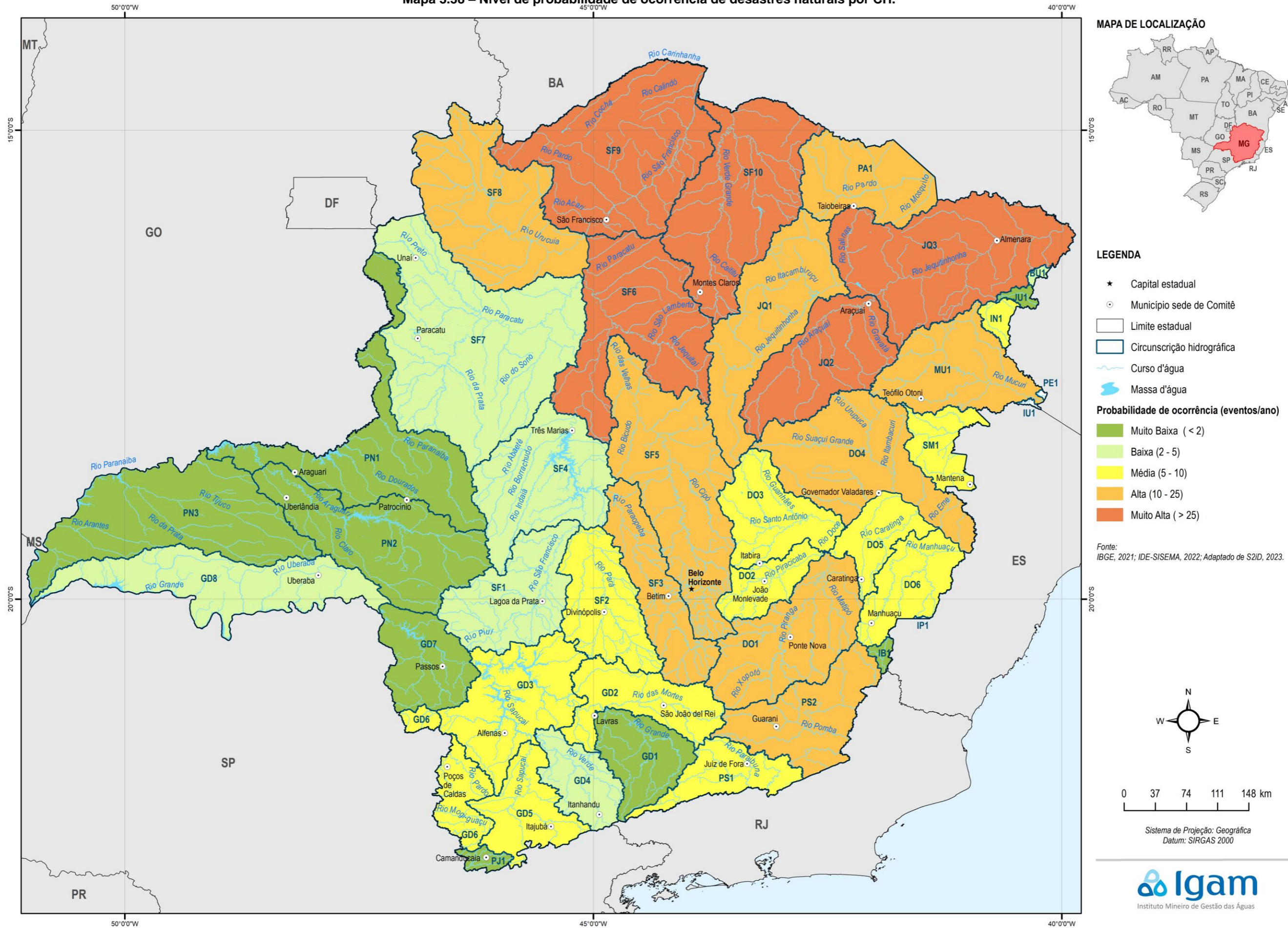
Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Nível de probabilidade
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Baixa
	SF2	Média
	SF3	Alta
	SF4	Baixa
	SF5	Alta
2 Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	Muito Alta
	SF7	Baixa
	SF8	Alta
	SF9	Muito Alta
3 Afluentes do Rio Grande	SF10	Muito Alta
	GD1	Muito Baixa
	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

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Nível de probabilidade
	JQ2	Muito Alta
	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 3-6 são apresentados no Mapa 3.38.

Mapa 3.38 – Nível de probabilidade de ocorrência de desastres naturais por CH.

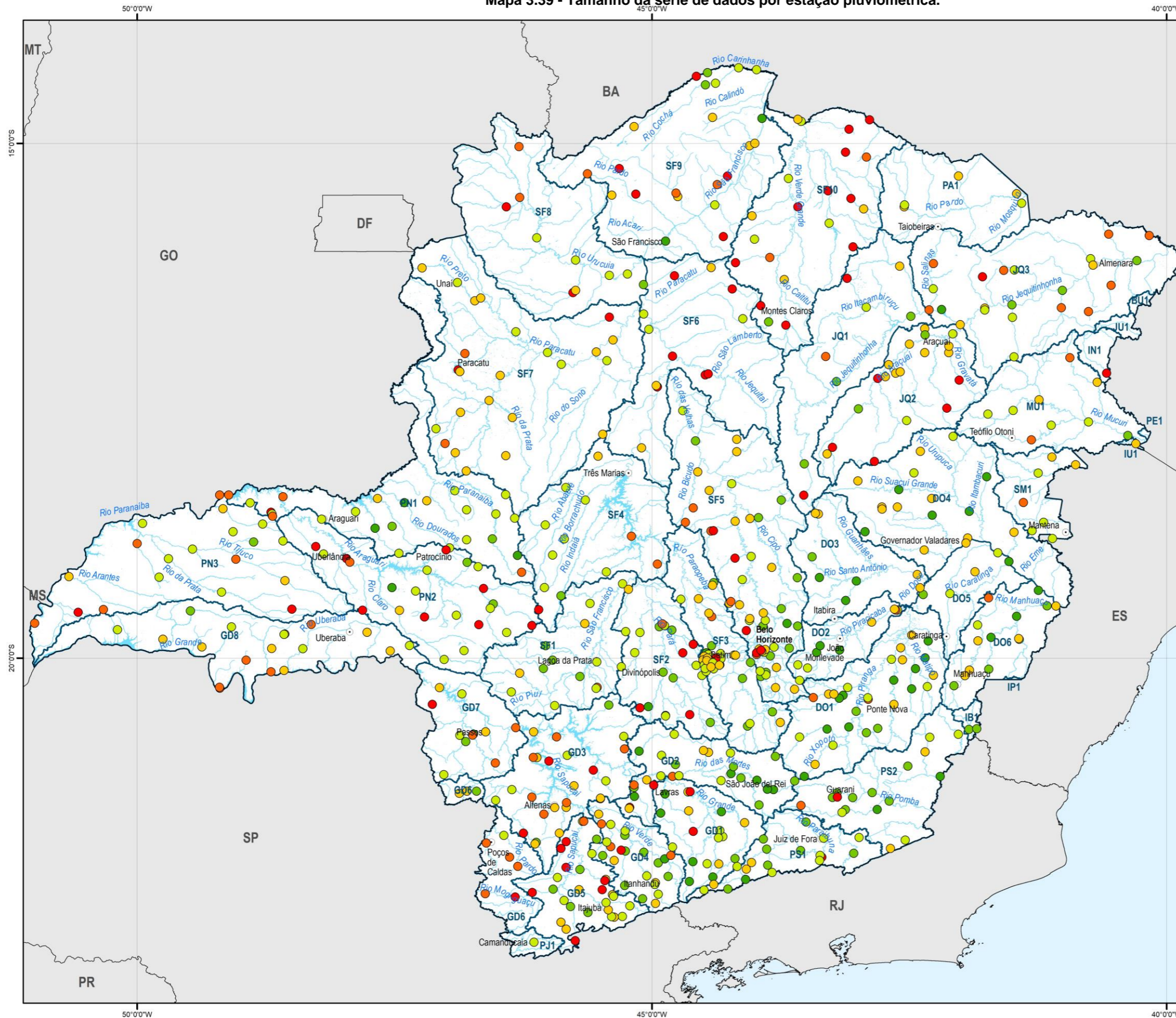


3.1.2 Análises das séries históricas de precipitação

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 3.39, 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 3.39 - Tamanho da série de dados por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



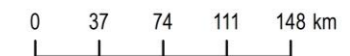
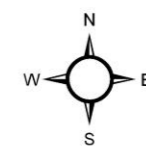
LEGENDA

- ★ 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 3.40. 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.

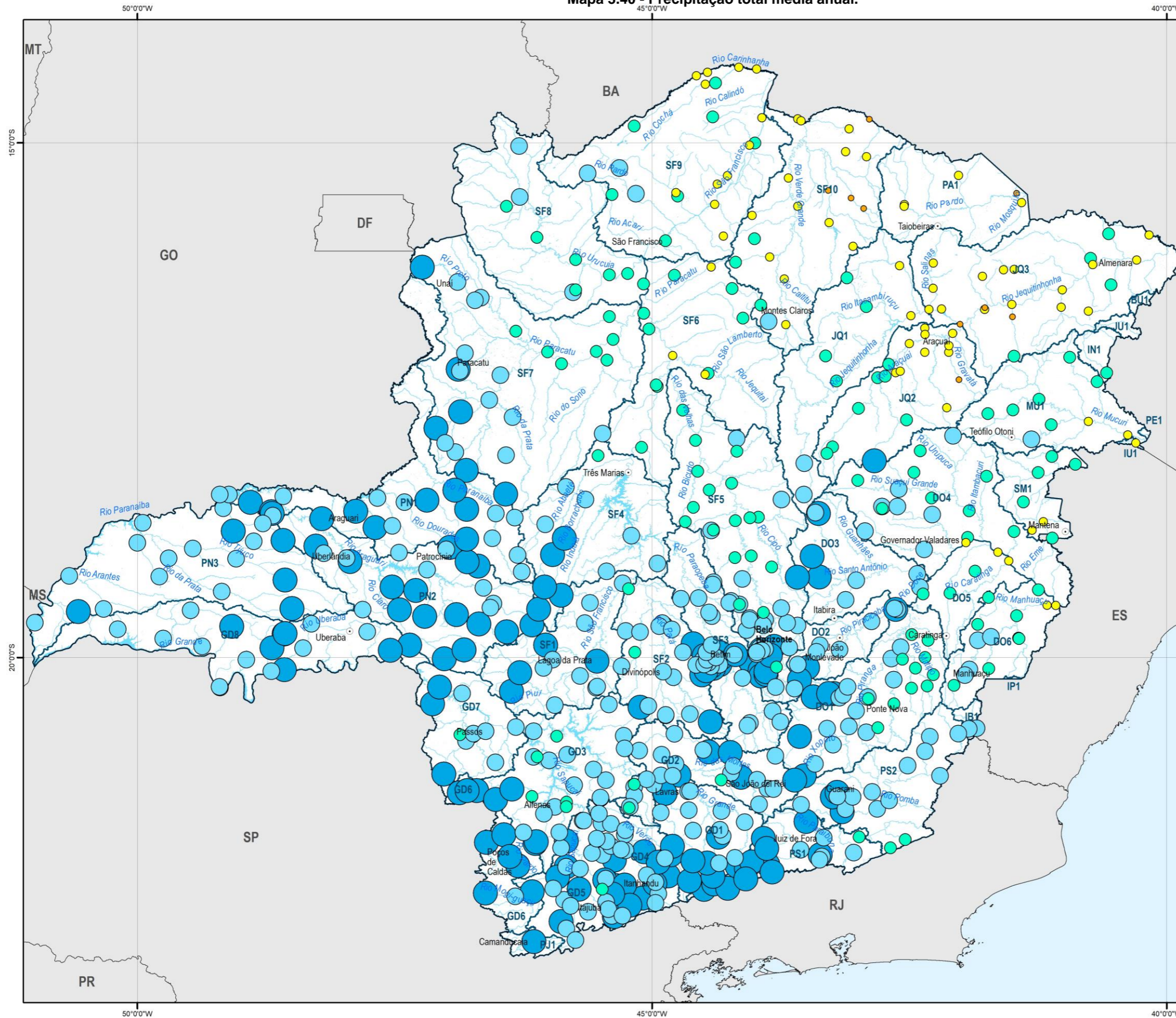
Quando observamos as faixas de valores mais altos, o destaque fica na porção Sul do território mineiro e algumas porções do Centro-Sul e Oeste do estado. As CHs PS1, GD1, GD4, GD5, GD6 e PJ1 apresentam parte relevante de suas estações na com os maiores valores, acima de 1500 mm, e o restante das estações 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 3.41, 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 3.40 - Precipitação total média anual.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



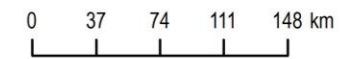
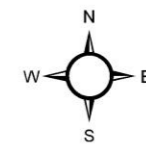
LEGENDA

- ★ 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

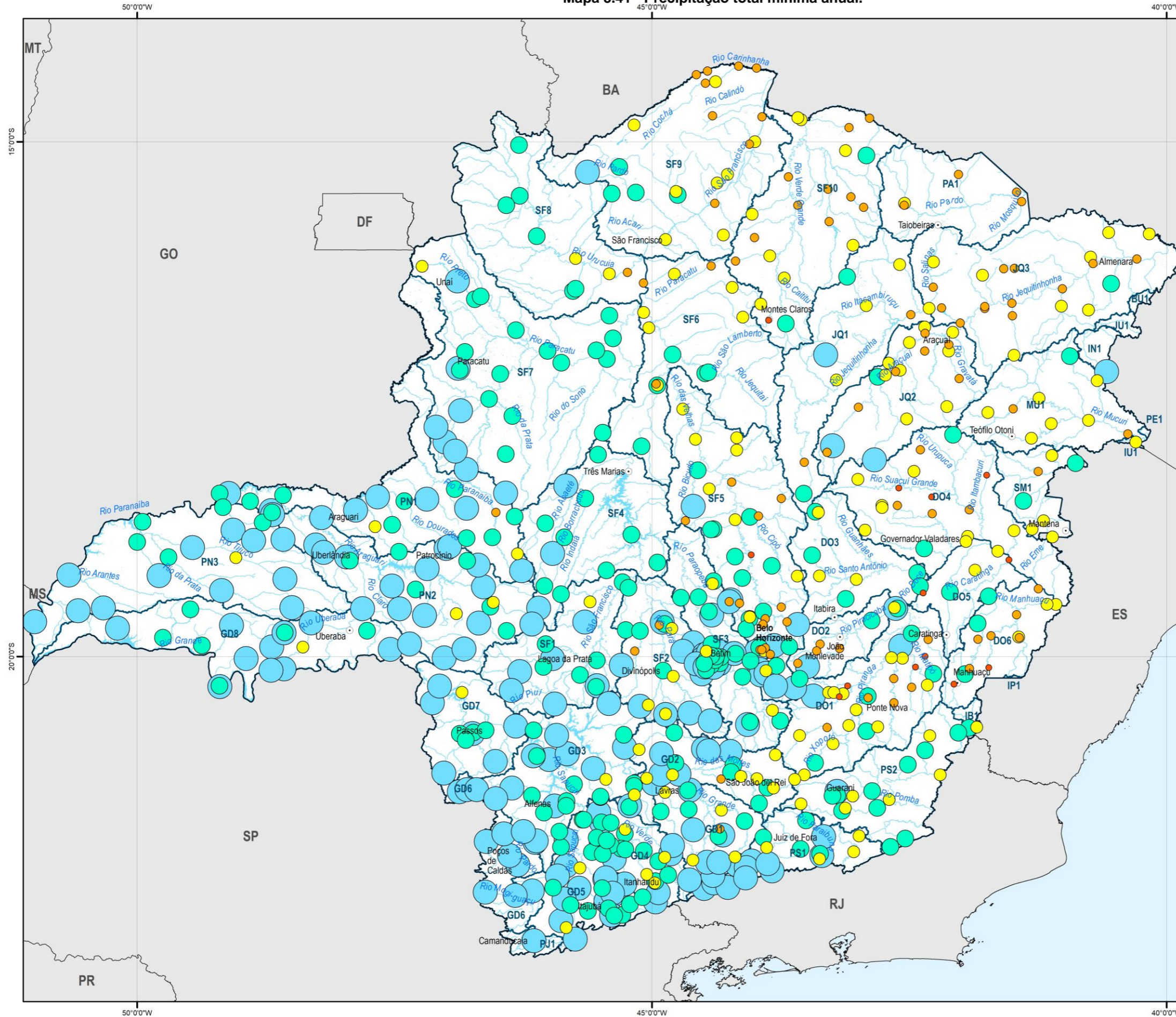
Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.41 - Precipitação total mínima anual.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



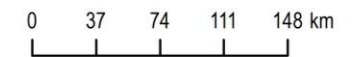
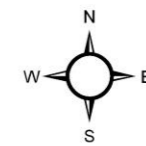
LEGENDA

- ★ 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

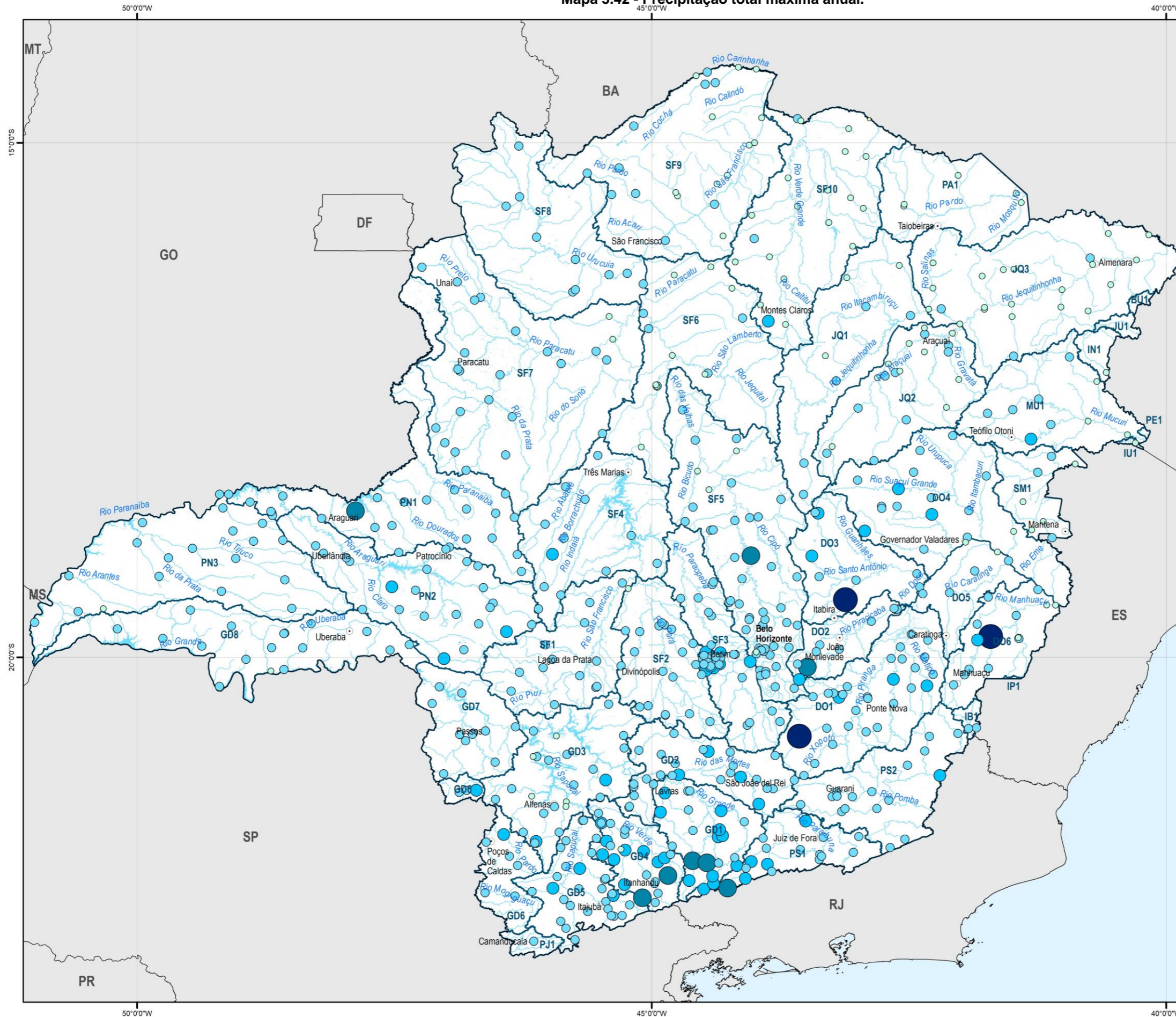
Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.42 - Precipitação total máxima anual.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



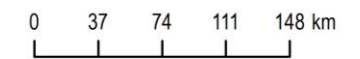
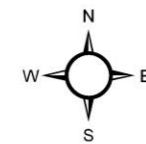
LEGENDA

- ★ 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 3.43. 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 3.44. 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 3.45.

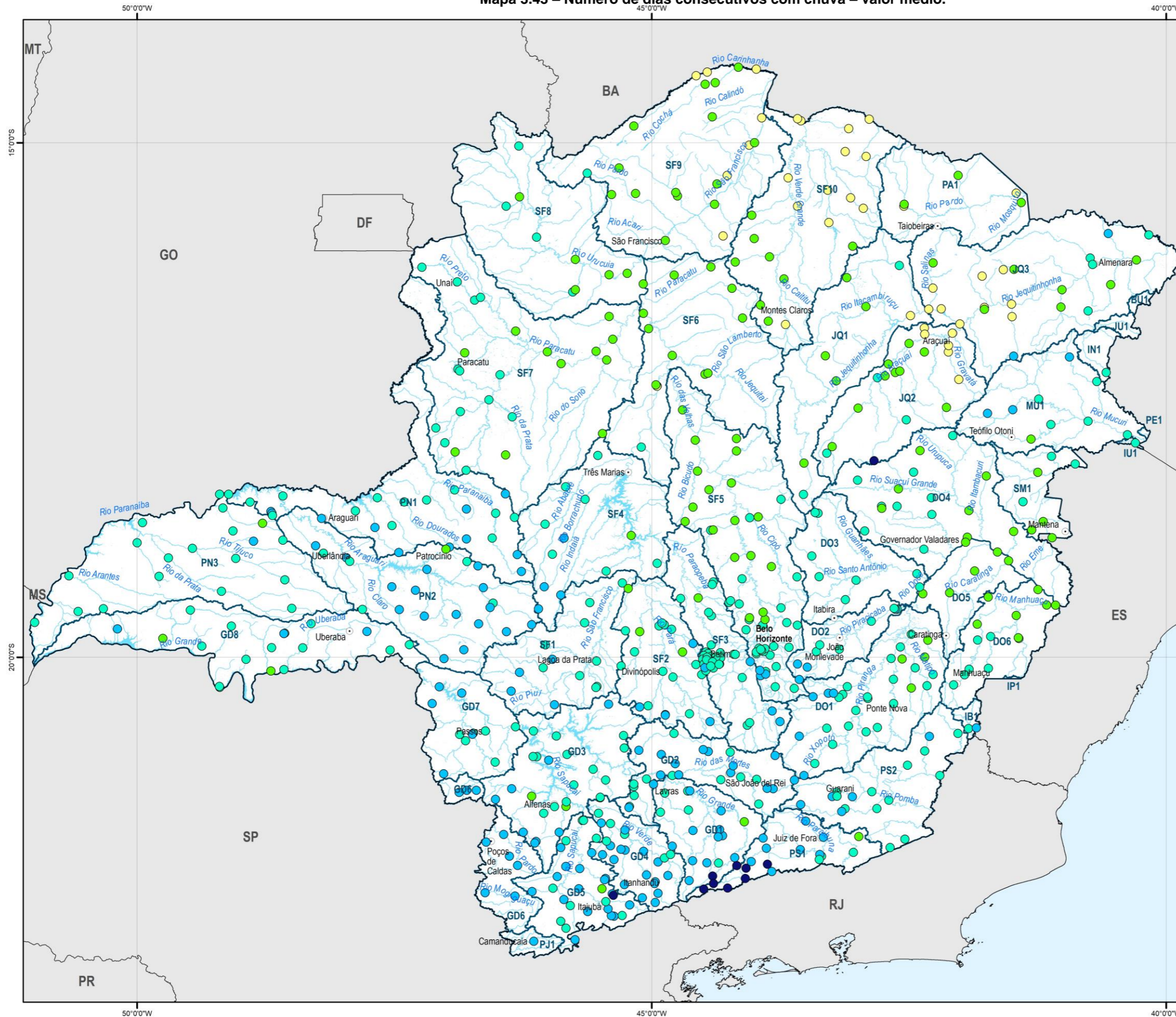
Quando tratamos do valor médio do número de dias consecutivos secos a porção Norte de Minas Gerais se destaca e, neste caso, sem compartilhar com regiões do Leste a concentração das estações com os maiores valores. De maneira geral, a bacia do Rio São Francisco é onde estão as estações com a maior quantidade 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 3.46 apresenta a distribuição dos valores médios de dias consecutivos secos para as estações.

Mapa 3.43 – Número de dias consecutivos com chuva – valor médio.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



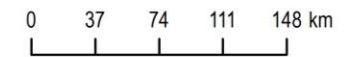
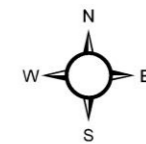
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Número de dias consecutivos com chuva - valor médio

- 37 - 60
- 61 - 80
- 81 - 100
- 101 - 120
- 121 - 164

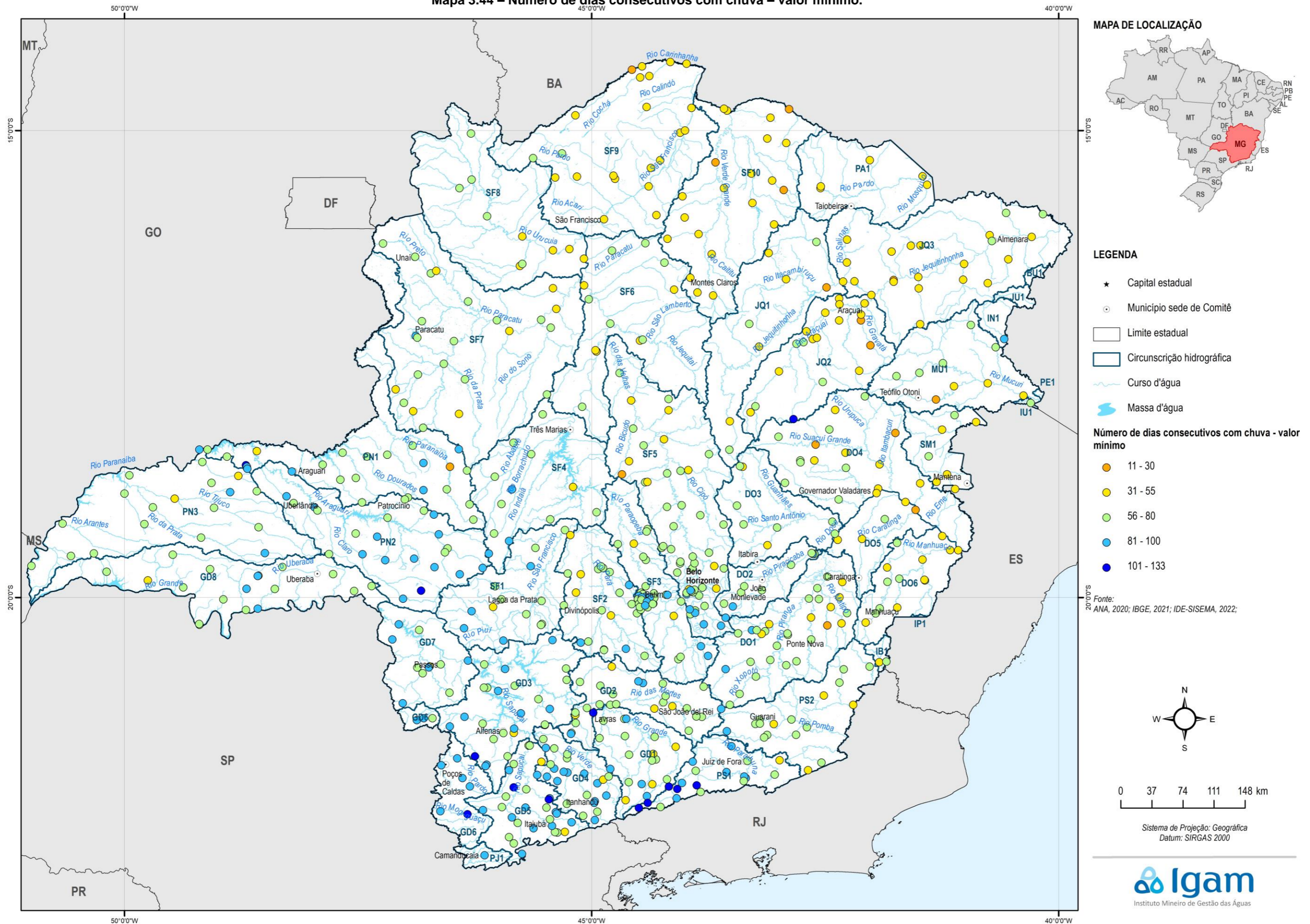
Fonte: ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



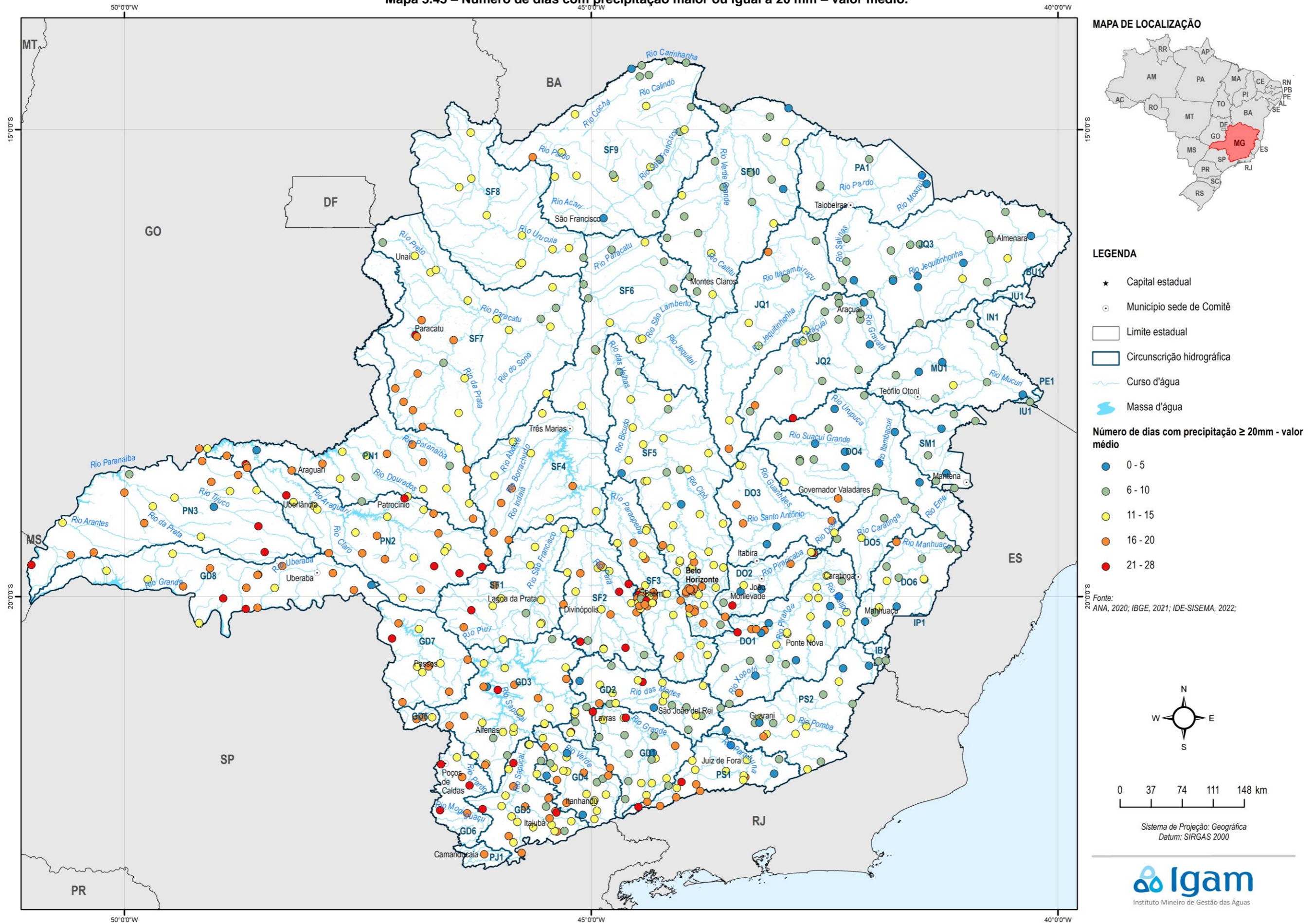
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



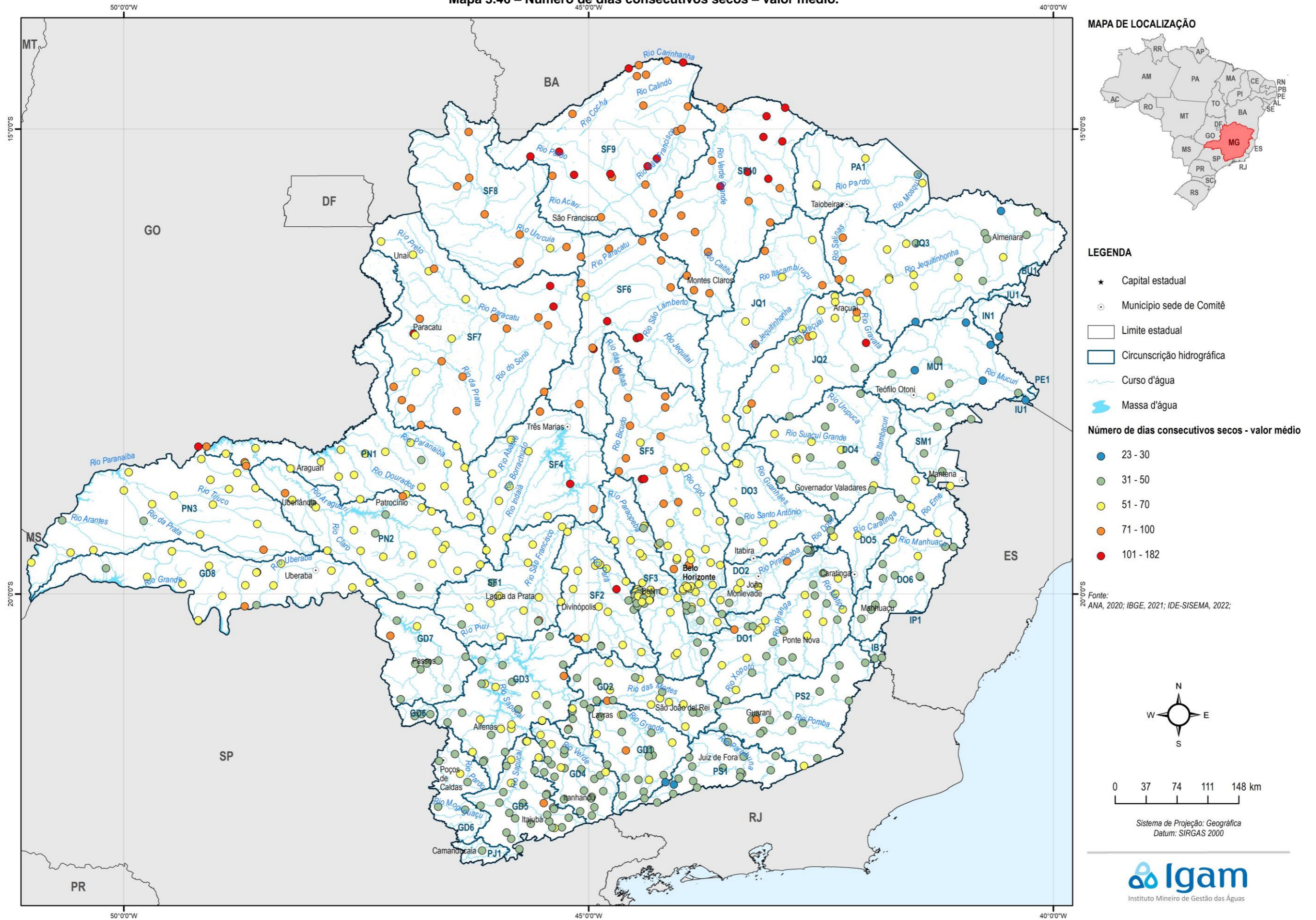
Mapa 3.44 – Número de dias consecutivos com chuva – valor mínimo.



Mapa 3.45 – Número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm – valor médio.



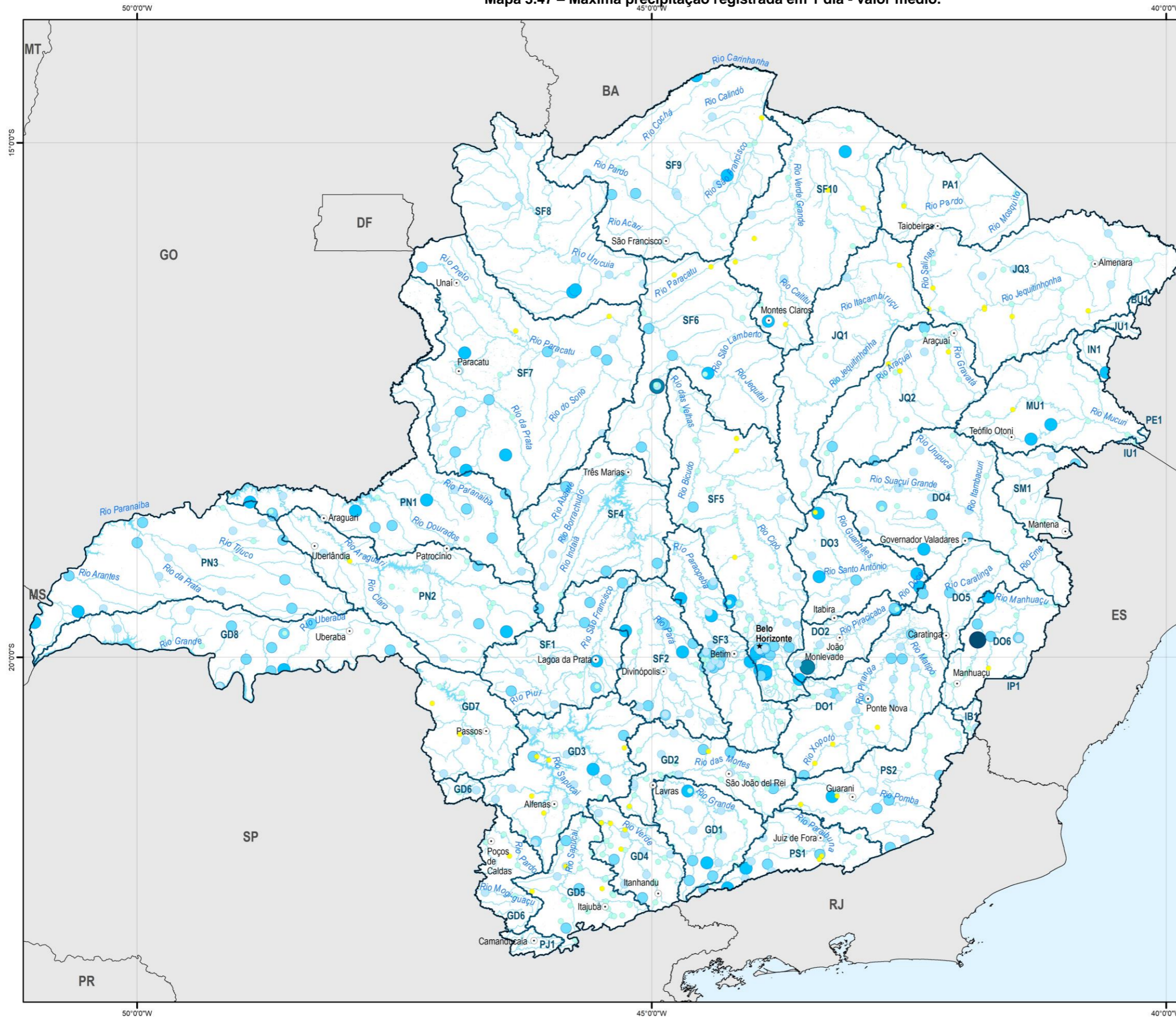
Mapa 3.46 – Número de dias consecutivos secos – valor médio.



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 3.47 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 3.48 apresenta a distribuição do valores de máxima precipitação registrada em 5 dias.

Mapa 3.47 – Máxima precipitação registrada em 1 dia - valor médio.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



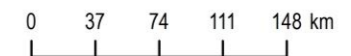
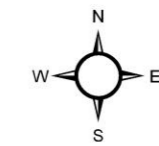
LEGENDA

- ★ 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

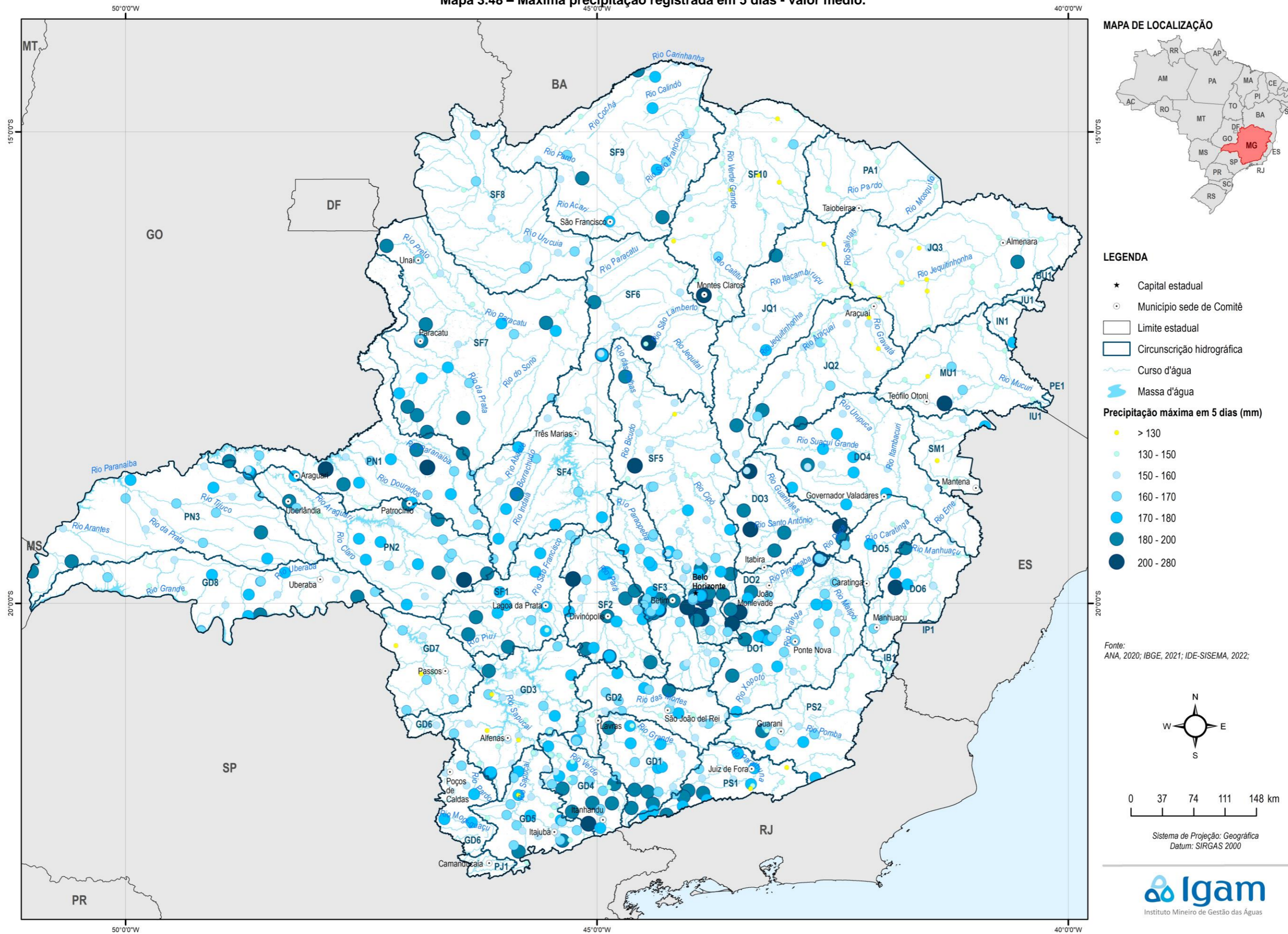
Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.48 – Máxima precipitação registrada em 5 dias - valor médio.



A análise dos dados de pluviosidade corrobora com os padrões observados no item 3.1, 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.

3.1.3 Análise das séries históricas de vazão

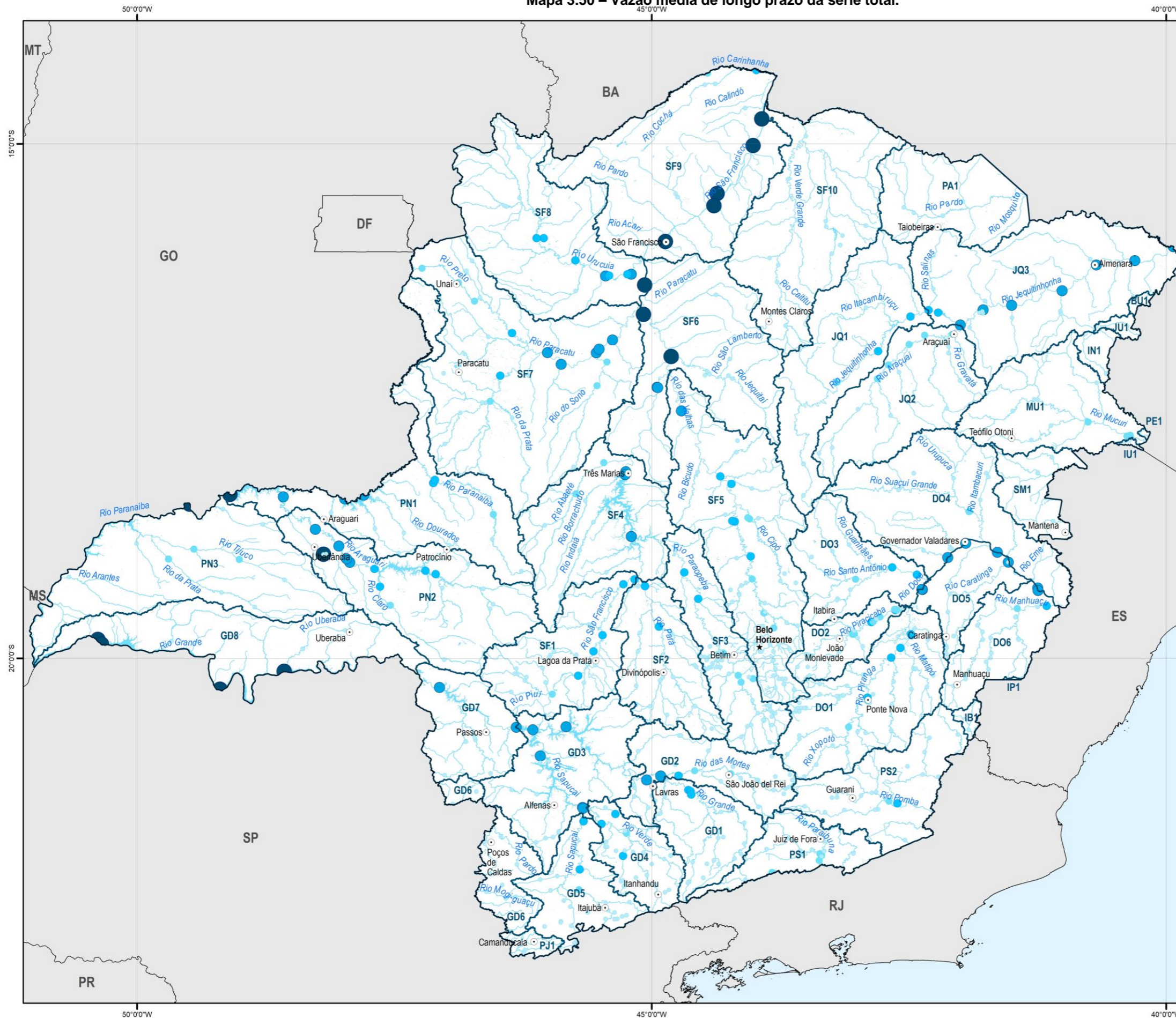
A análise das séries históricas de vazão inicia pela apresentação do tamanho da série histórica sem falhas, em anos, para as estações. É notável que a rede é mais densa e possui uma quantidade maior de estações com mais de 50 anos de observações na porção Sudeste do território mineiro, contudo, considerando 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 3.49.

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 3.50 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 3.51.

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 3.50 – Vazão média de longo prazo da série total.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

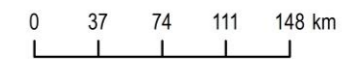
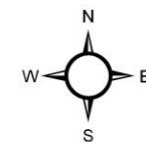
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

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

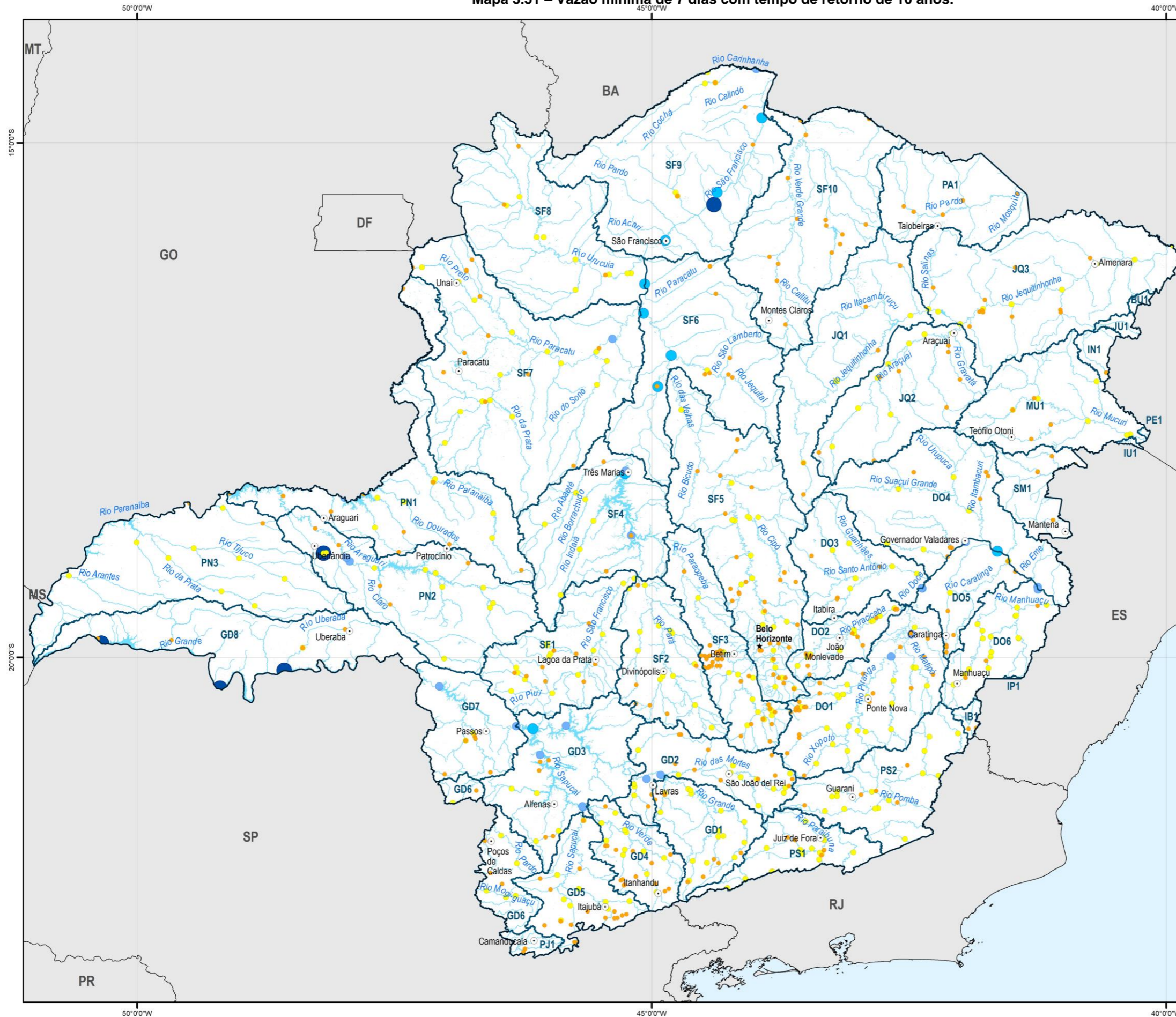
Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.51 – Vazão mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

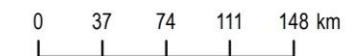
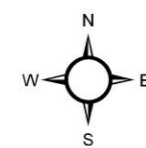
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

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



Mapa 3.52 – Vazão máxima de longo prazo da série total.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

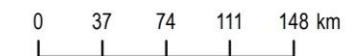
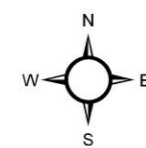
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Estações fluviométricas

Vazão máxima (m³/s)

- 0,2 - 500,0
- 500,1 - 1000,0
- 1000,1 - 5000,0
- 5000,1 - 10000,0
- 10000,1 - 16738,4

Fonte:
ANA, 2020; IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022;



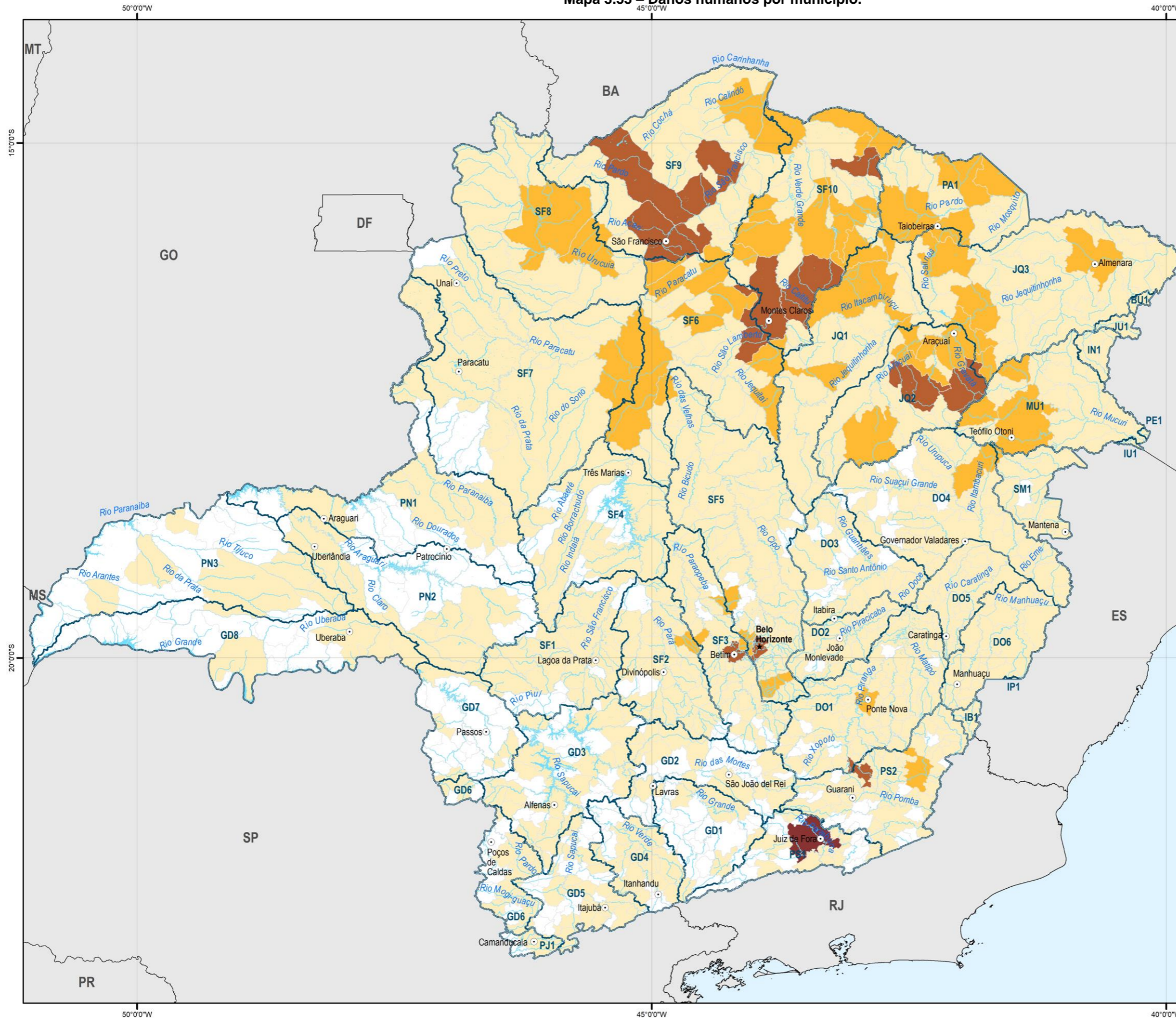
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



3.1.4 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 3.53, Mapa 3.54 e no Mapa 3.55 a seguir.

Mapa 3.53 – Danos humanos por município.



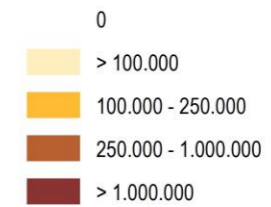
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



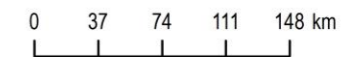
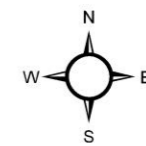
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Pessoas afetadas



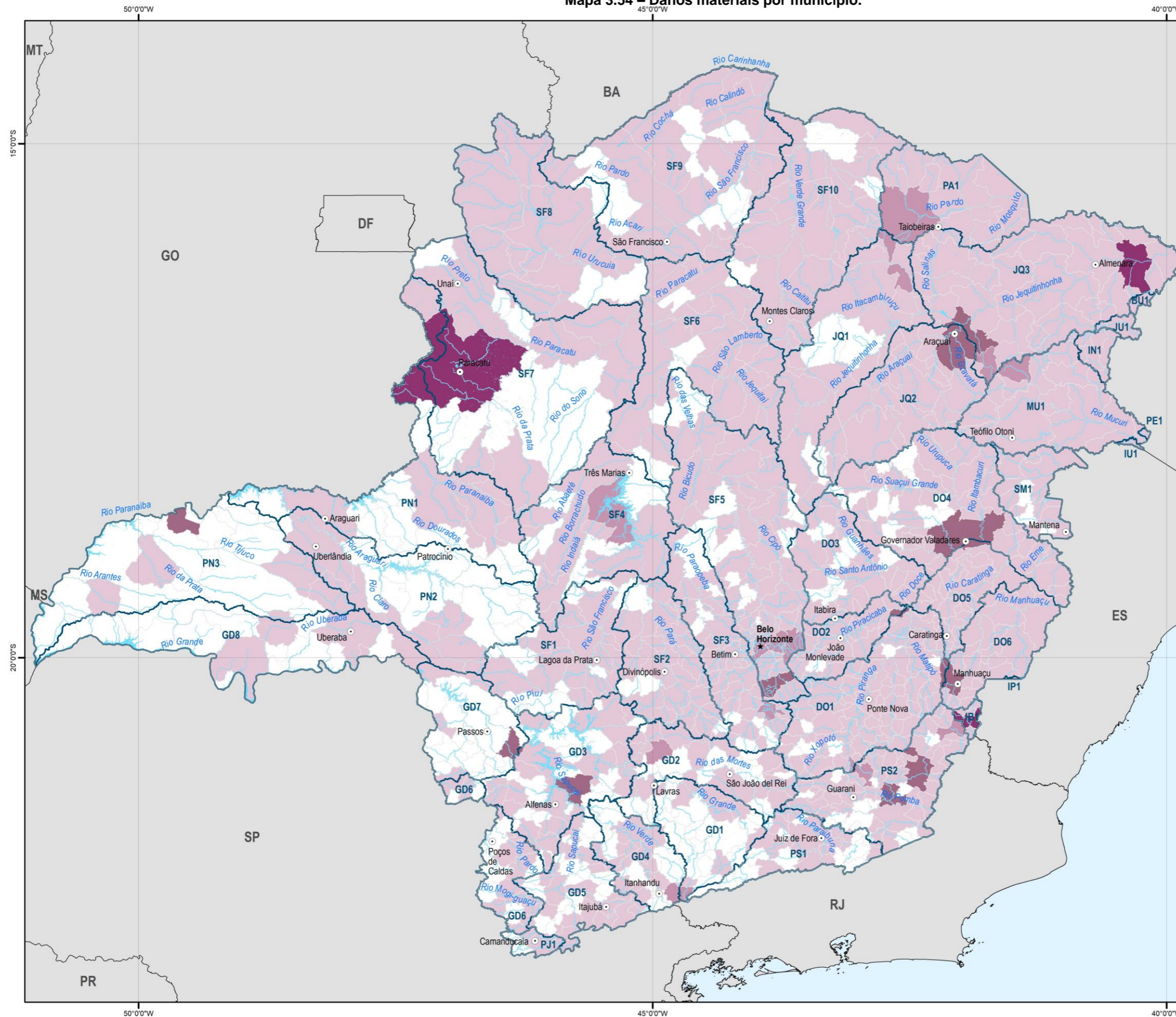
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



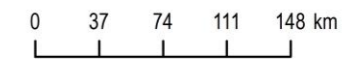
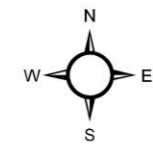
Mapa 3.54 – Danos materiais por município.



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
- Infraestruturas atingidas**
- | |
|----------------|
| 0 |
| < 1.500 |
| 1.501 - 4.000 |
| 4.001 - 10.000 |
| > 10.000 |

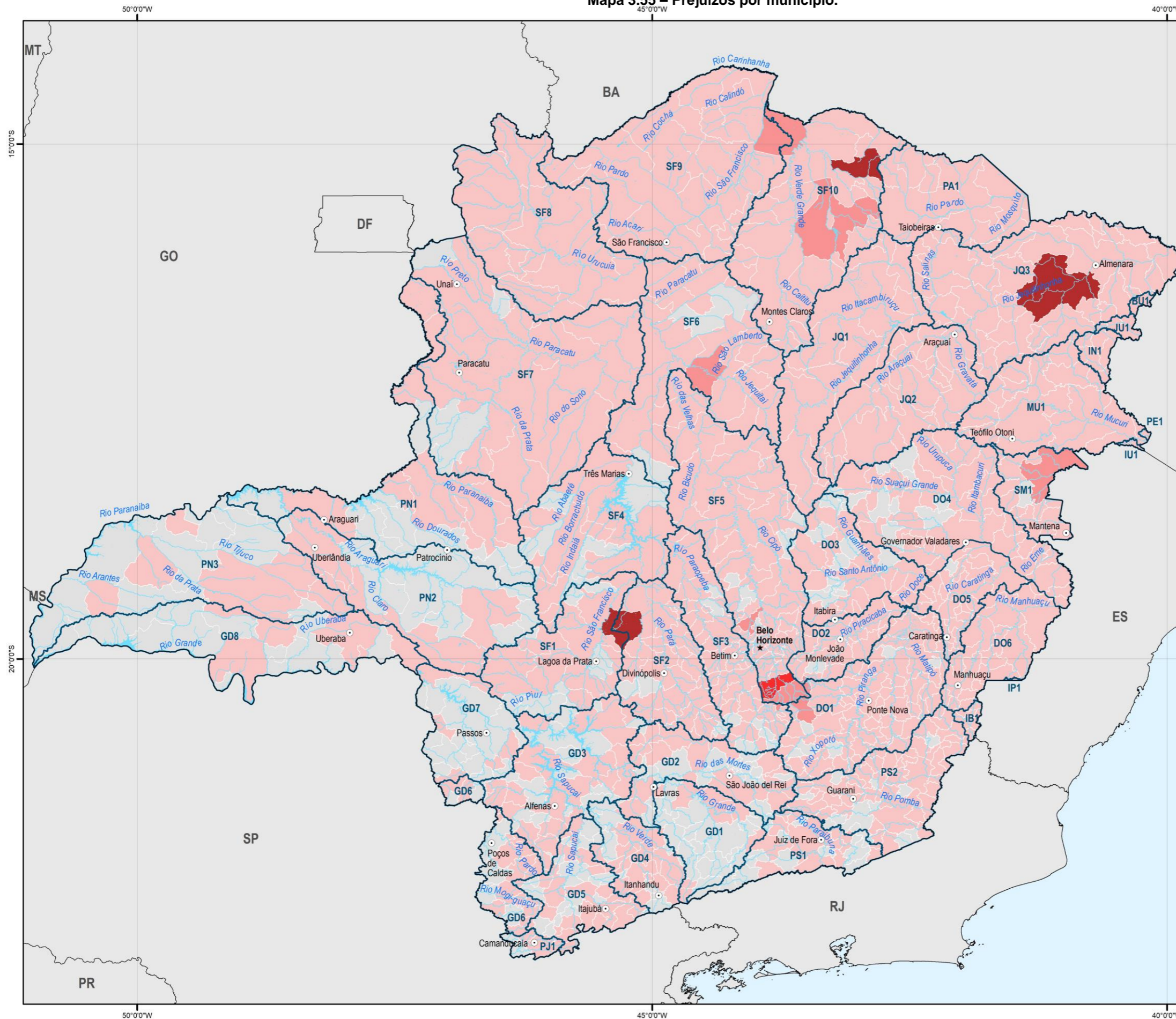
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2ID, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.55 – Prejuízos por município.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



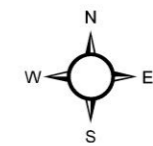
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Prejuízos (R\$)

- 0
- até 700 milhões
- 700 milhões - 2 bilhões
- 2 - 4 bilhões
- 4 - 12 bilhões

Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; S2/D, 2023;



0 37 74 111 148 km

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 3-7 contém os limites utilizados para cada classificação.

Quadro 3-7 – 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 3-8 estão apresentados os resultados de classificação por CH dos danos humanos, materiais e dos prejuízos em eventos extremos.

Quadro 3-8 – 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
6 Afluentes do Rio Paranaíba	PN1	Pequena	Pequena	Moderada
	PN2	Insignificante	Grande	Insignificante
	PN3	Moderada	Catastrófica	Grande
7 Afluentes do Rio Paraíba do Sul	PS1	Catastrófica	Insignificante	Insignificante
	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 3-9 é apresentada a classificação final das CHs pelas consequências sofridas em cada uma devido a eventos extremos.

Quadro 3-9 – 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).

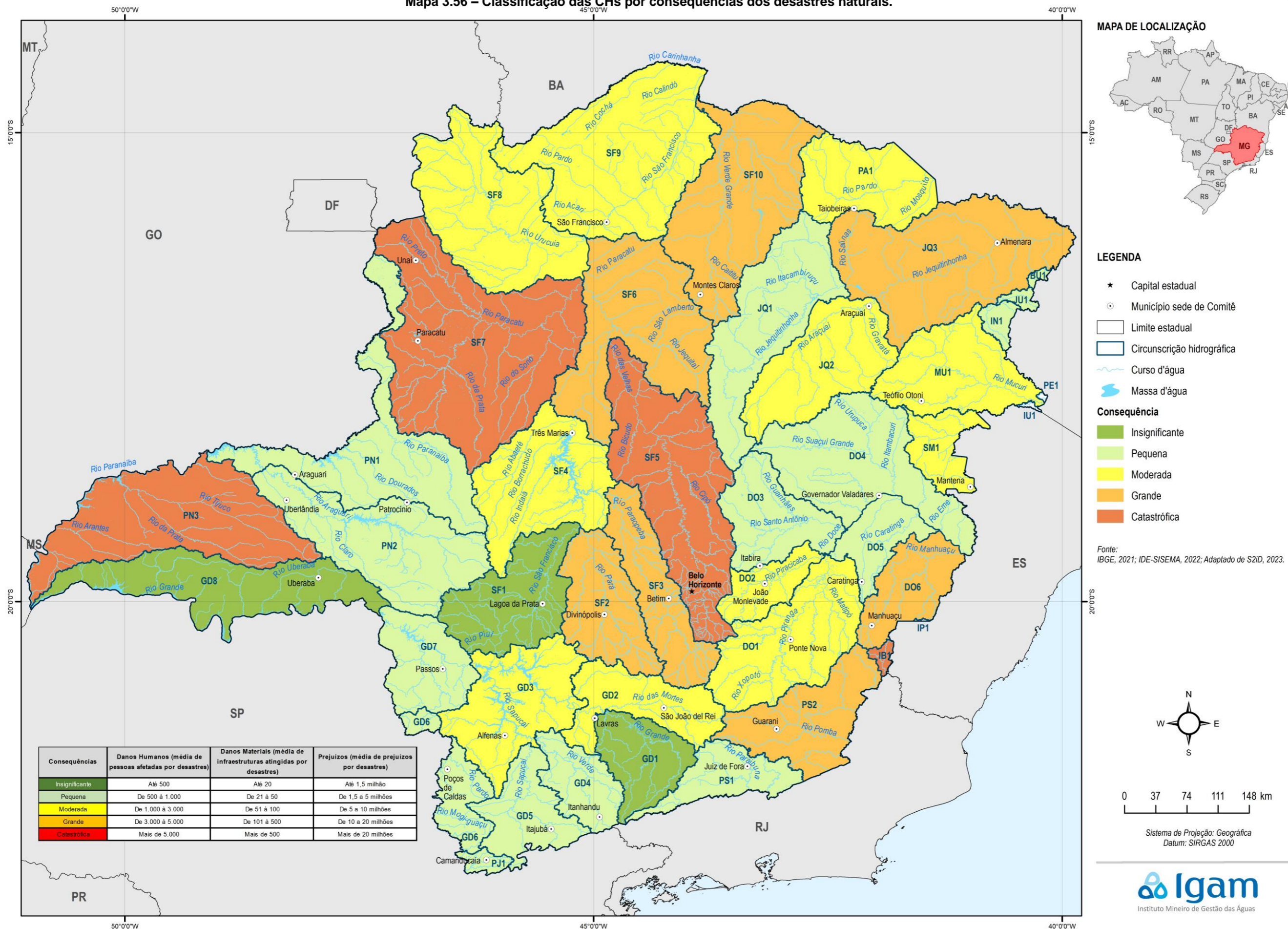
Há uma concentração de maiores consequências causadas por eventos extremos na área da Região Metropolitana de Belo Horizonte, principalmente na SF5, na SF2 e SF3. De forma geral, toda a região dos Afluentes do Alto e Médio Rio São Francisco possuem consequências moderadas, grandes ou catastróficas de 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 3.56.

Mapa 3.56 – Classificação das CHs por consequências dos desastres naturais.



3.2 Projeção sobre a recorrência dos eventos extremos

Os Relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPPC) 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.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{ sinal}(x_j - x_k)$$

Na equação acima, o sinal é obtido com base na seguinte regra:

$$\text{ sinal} = \begin{cases} 1, & \text{se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

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 3-10 resume a interpretação dos resultados do teste Mann-Kendall.

Quadro 3-10 – 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 3-11 apresenta os indicadores e períodos selecionados para a aplicação do método proposto.

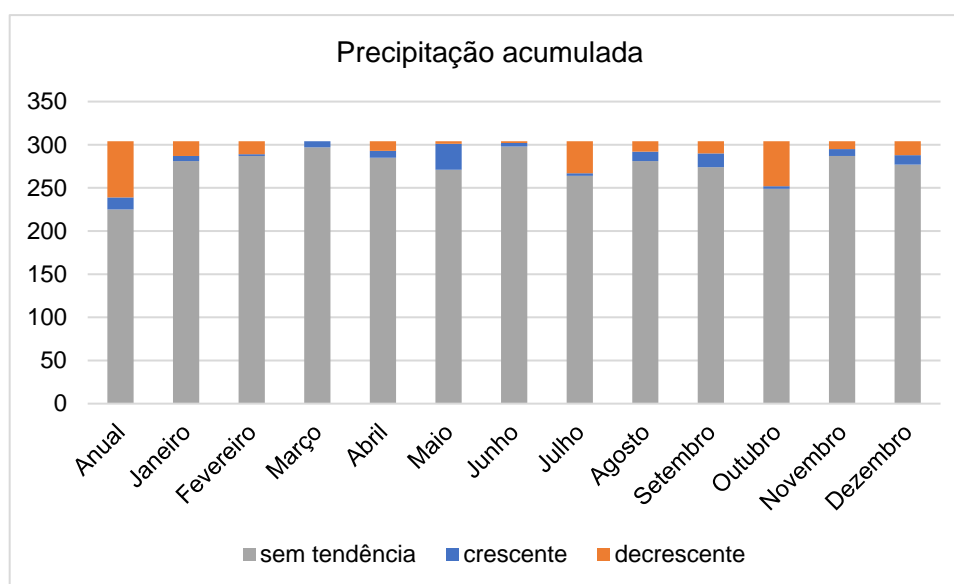
Quadro 3-11 – Indicadores selecionados para a avaliação de tendências com o Teste Mann-Kendall.

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.

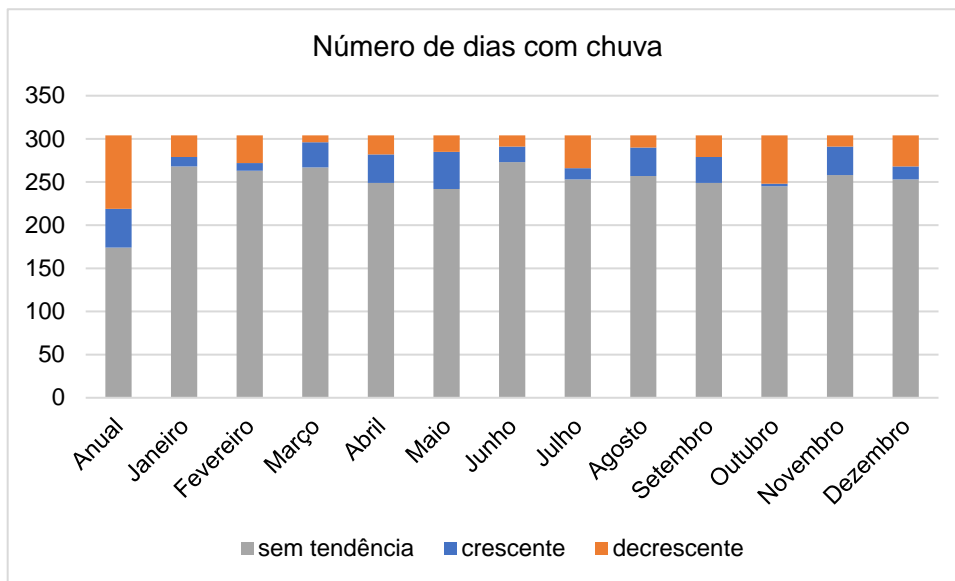
Os indicadores relacionados à precipitação não apresentaram uma tendência estatística em grande parte das estações analisadas. Nas estações com alguma tendência identificada, a maior parte indica redução ao longo dos anos, ou seja, uma tendência decrescente. Nos gráficos abaixo são expostos os resultados totais para o estado em cada um dos indicadores listados no Quadro 3-11.

Figura 3.5 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação acumulada anual e mensais.



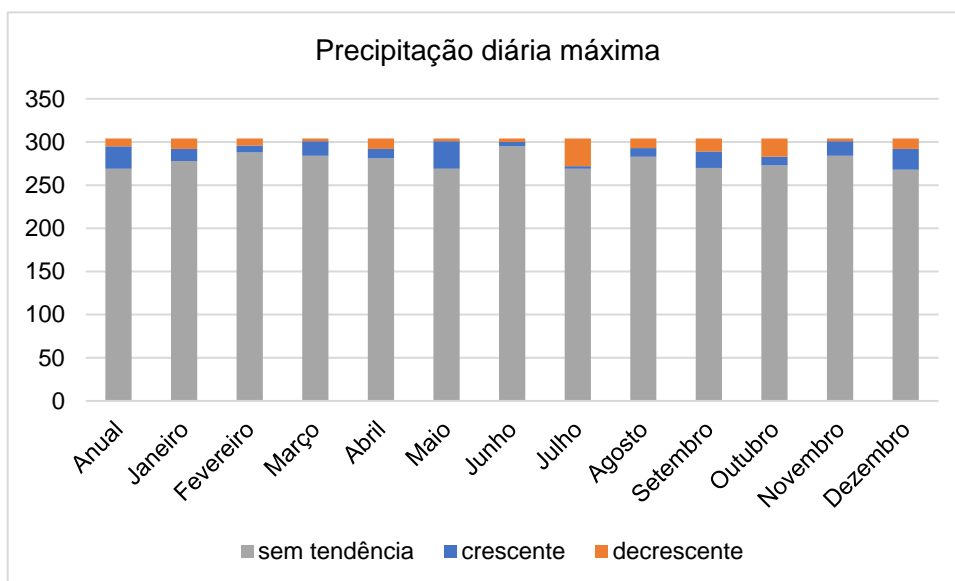
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.6 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva anual e mensais.



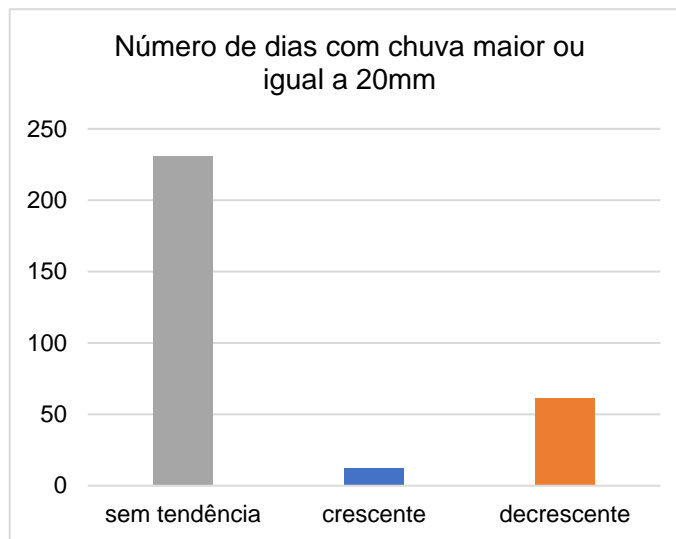
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.7 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação diária máxima anual e mensais.



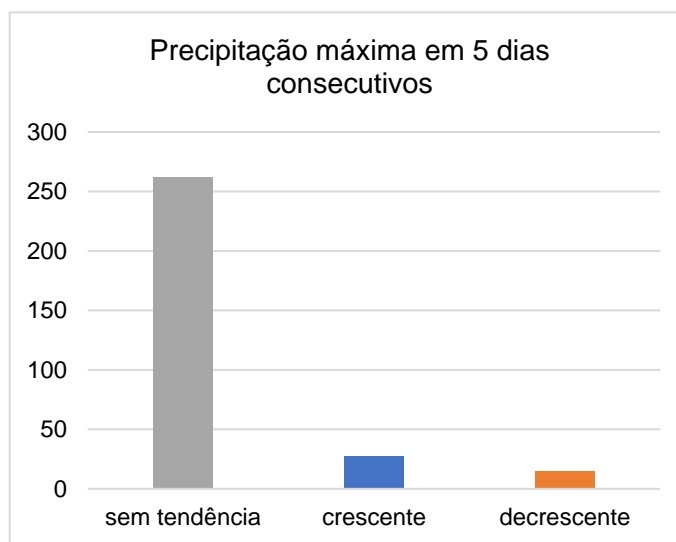
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.8 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico.



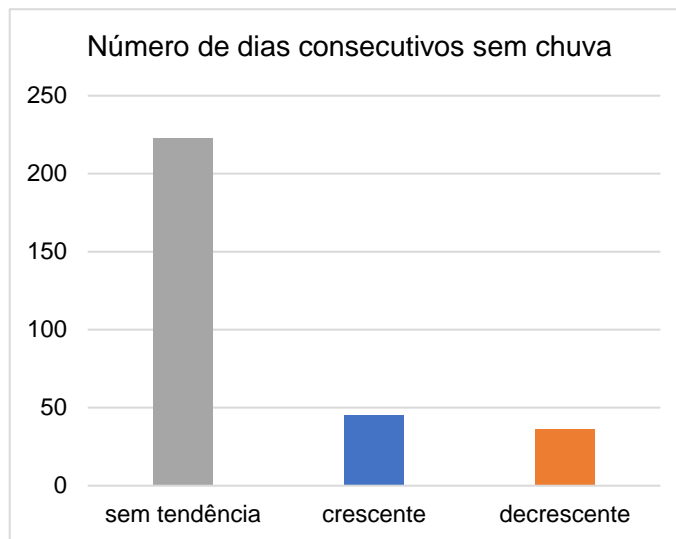
Fonte: elaboração própria.

Figura 3.9 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.10 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de número de dias consecutivos sem chuvas no ano hidrológico.



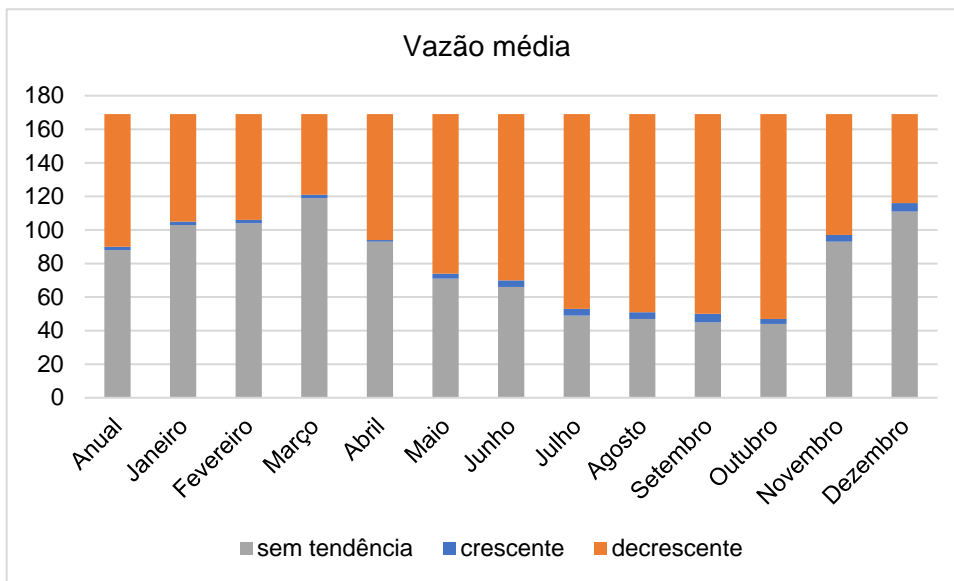
Fonte: elaboração própria.

A partir dos resultados gerais apresentados da Figura 3.5 à Figura 3.10, 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.

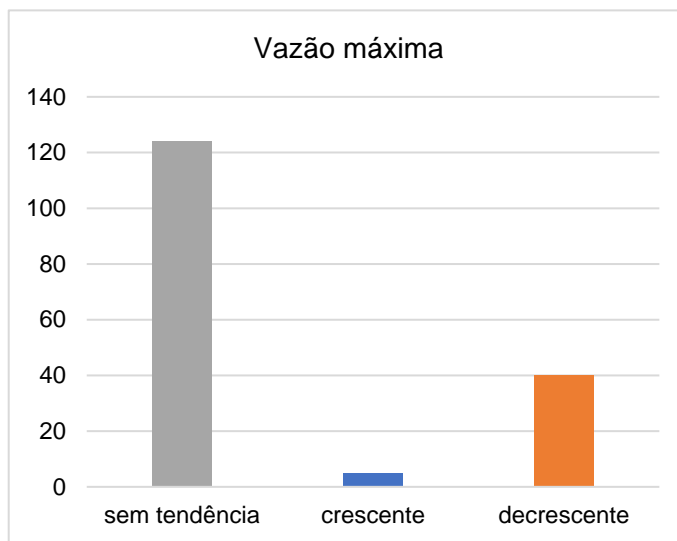
Os indicadores analisados para as estações fluviométricas, por sua vez, apresentaram números maiores de tendências de decréscimo, principalmente na vazão média. Conforme a Figura 3.11, nos meses de maio a outubro mais da metade das estações analisadas apresentou tendência de redução das vazões médias. O indicador de vazão máxima no ano hidrológico apresentou 25% das estações com tendência de crescimento, como colocado na Figura 3.12, 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 3.11 - Número de estações por resultado de tendência no indicador de vazão média anual e mensal.



Fonte: elaboração própria.

Figura 3.12 - 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 3-12 – 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 3-13 – 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 3-14 – 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 3-15 – 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 3-16 – 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 3-17 – 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 3-18 – 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 3-19 – 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 3-20 – 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 3-21 – 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 3-22 – 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 3-23 – 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 3-24 – 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 3-25 – 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 3.65 e no Mapa 3.66 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 decrescimento 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 3.60 e no Mapa 3.63, 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 3.61, 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 decrescimento 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 3.58 nas UEGs 1, 2, 4, 5 e 6 há estações distribuídas pela área total com tendências de decrescimento 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 3.59, apresentou uma variação maior de estações com resultado de tendência crescente e decrescente por todo o estado. No Mapa 3.62 as porções central, norte e nordeste do estado possuem mais tendências de decrescimento, 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.

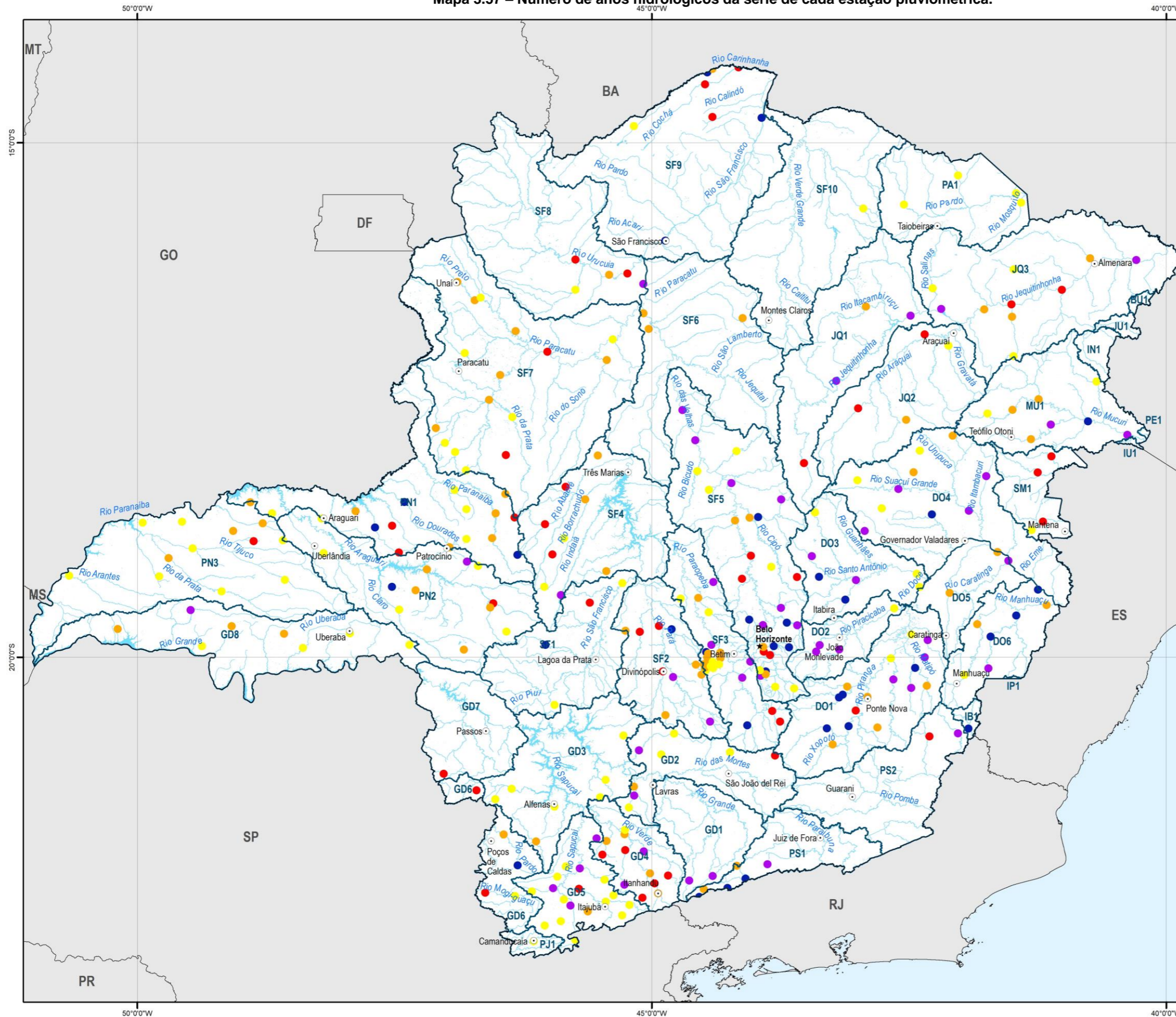
Outros estudos similares no estado apresentaram resultados que indicam ausência de tendência nas precipitações, como os realizados por Queiroz (2013) e Berigo e Thebaldi (2017) para a faixa central de Minas Gerais e por Santos *et al.* (2016) na bacia hidrográfica do Rio Pardo. Em consulta a demais bibliografias 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 3.57 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



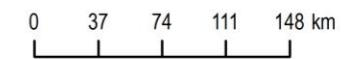
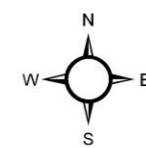
LEGENDA

- ★ 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

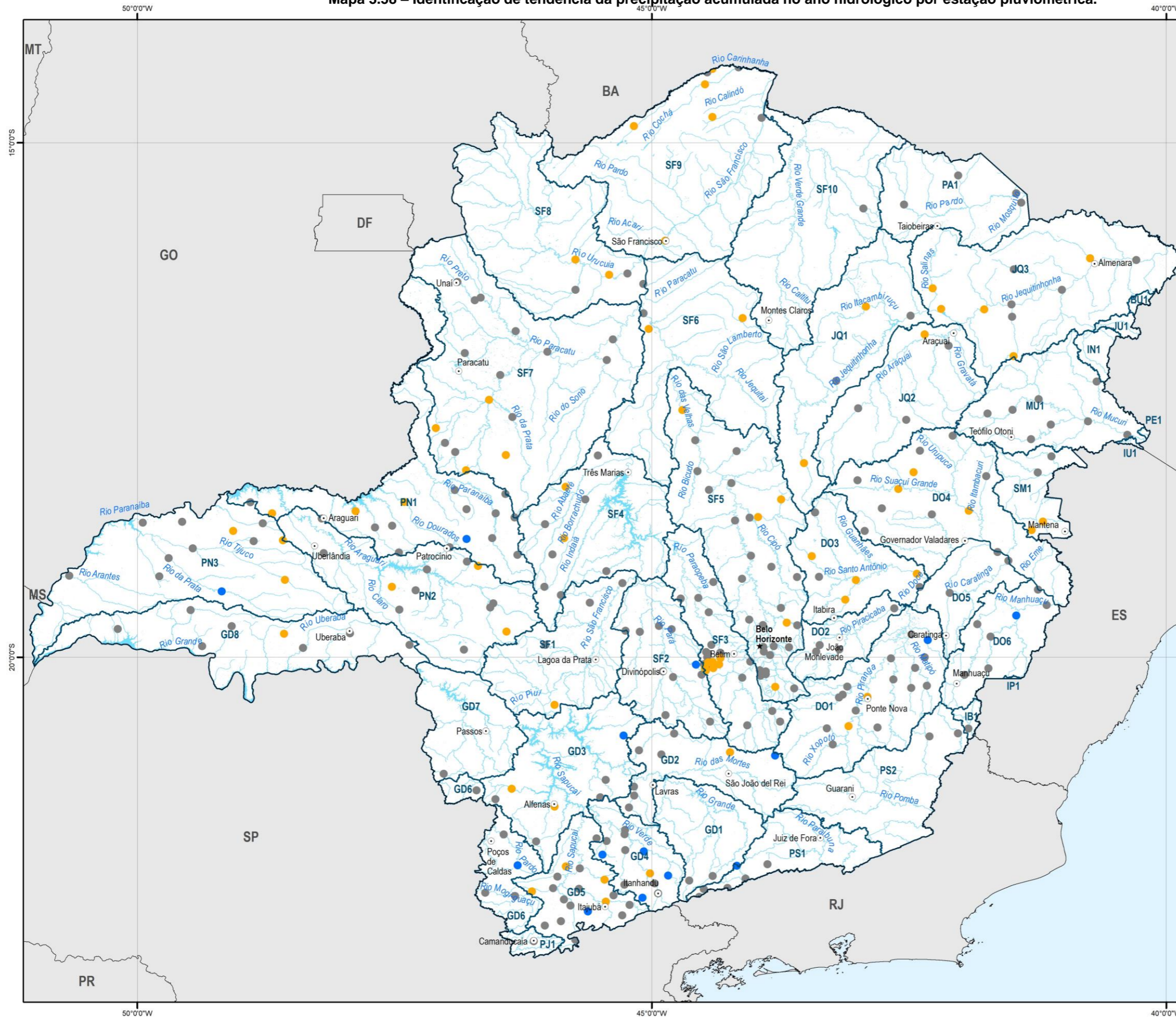
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.58 – Identificação de tendência da precipitação acumulada no ano hidrológico por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



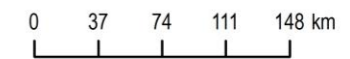
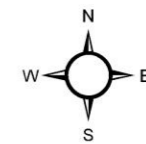
LEGENDA

- ★ 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
- decréscante

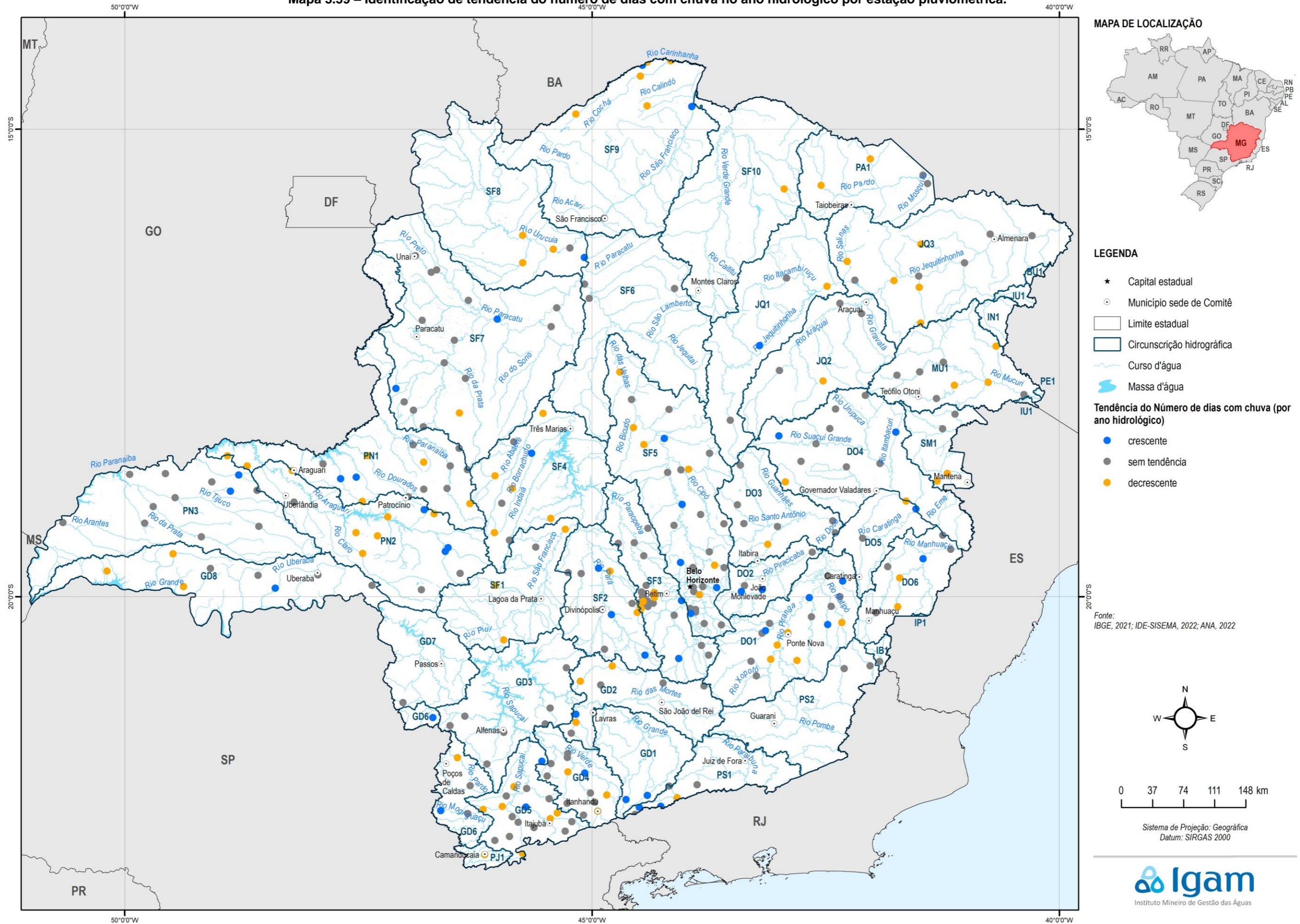
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



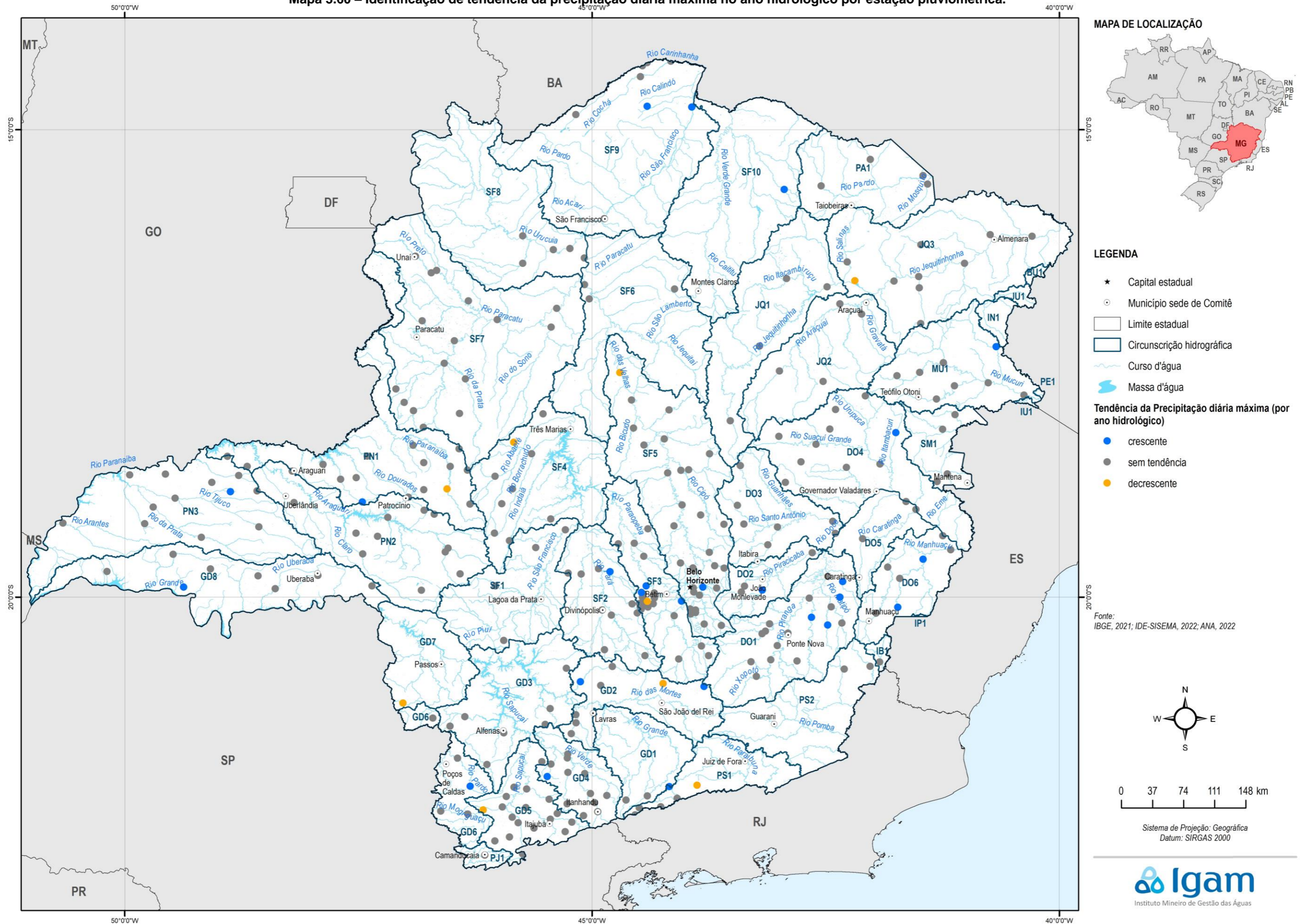
Mapa 3.59 – Identificação de tendência do número de dias com chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.



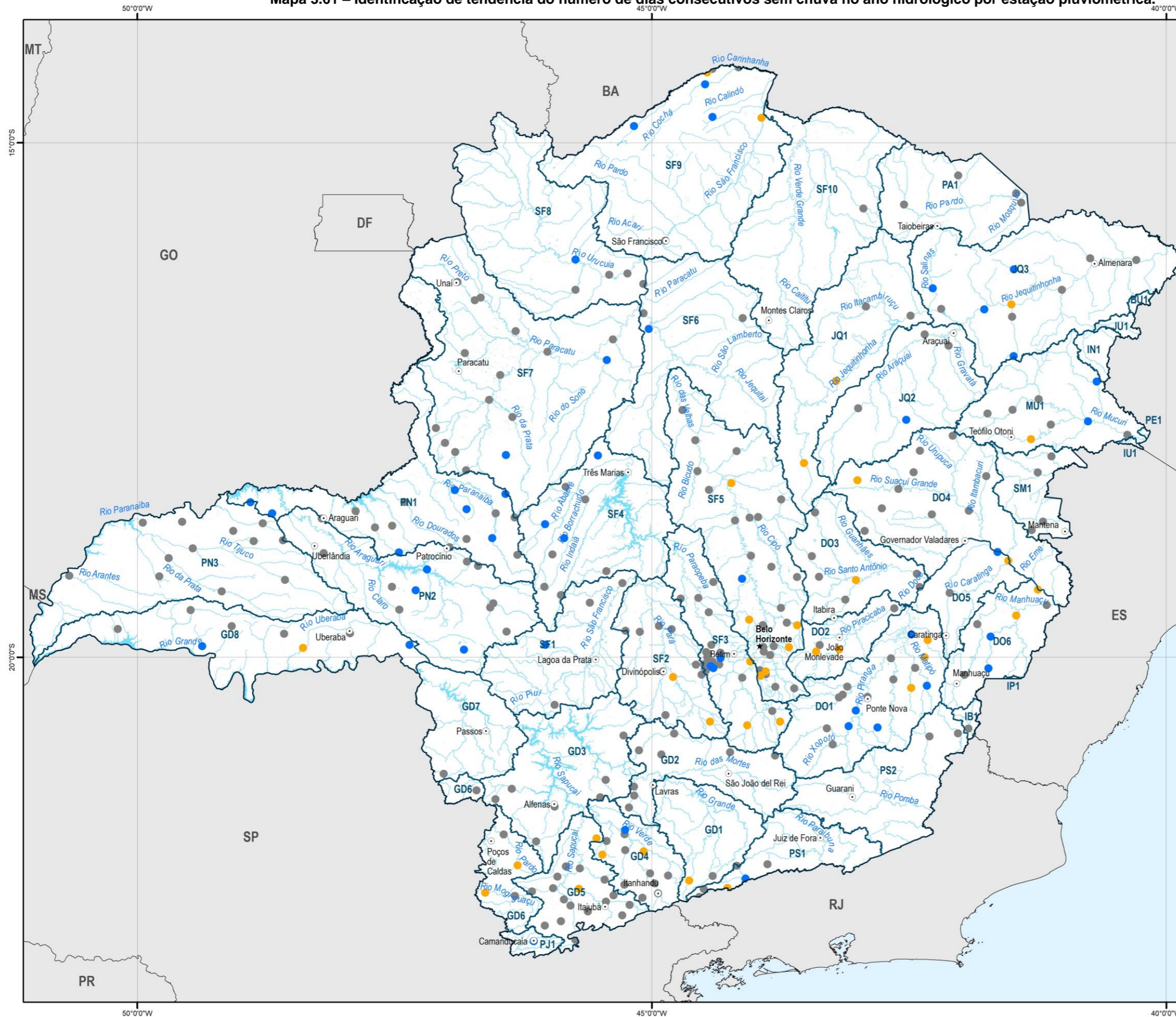
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Mapa 3.60 – Identificação de tendência da precipitação diária máxima no ano hidrológico por estação pluviométrica.



Mapa 3.61 – Identificação de tendência do número de dias consecutivos sem chuva no ano hidrológico por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



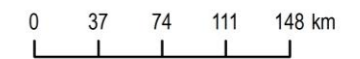
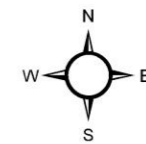
LEGENDA

- ★ 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
- decréscete

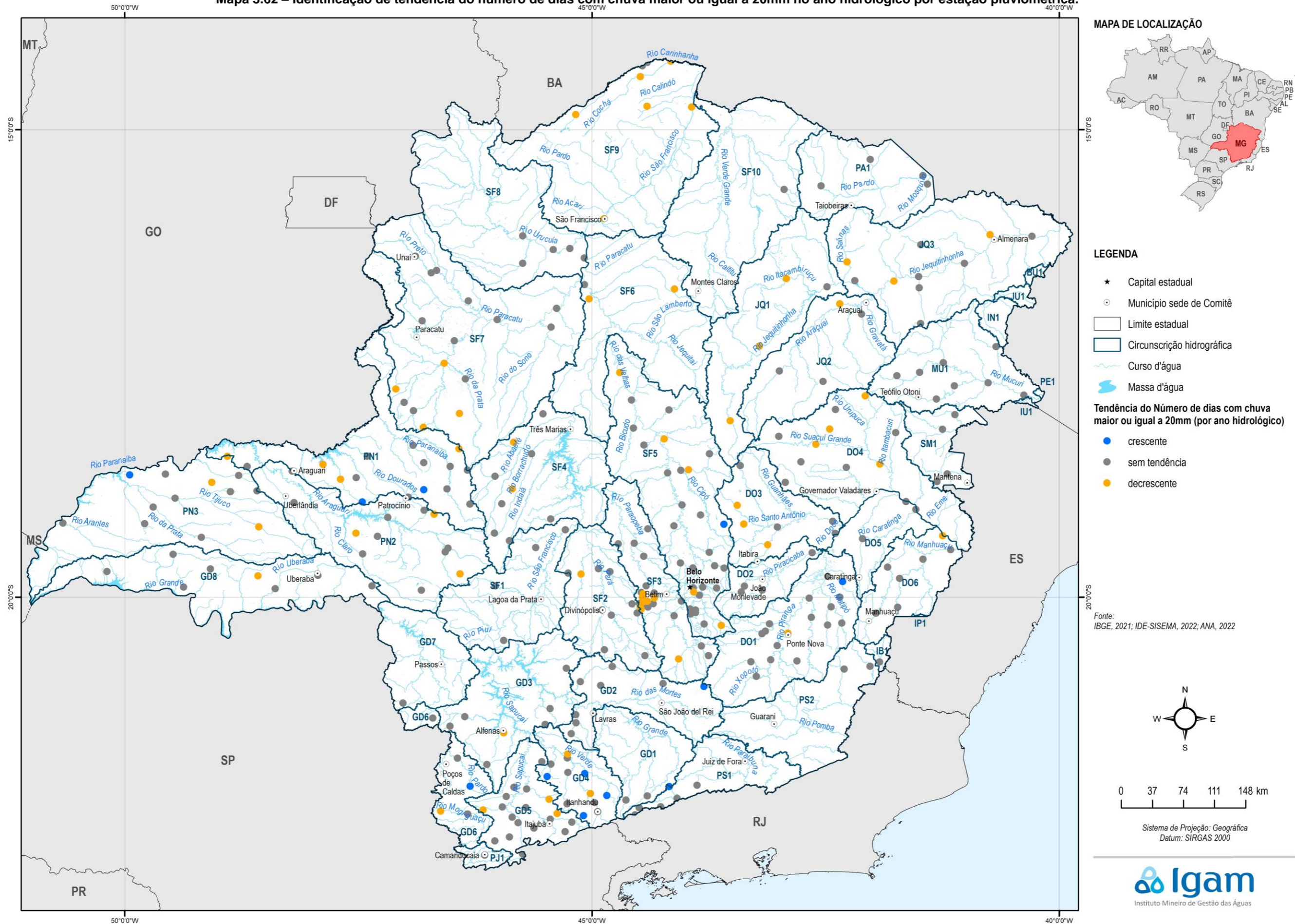
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



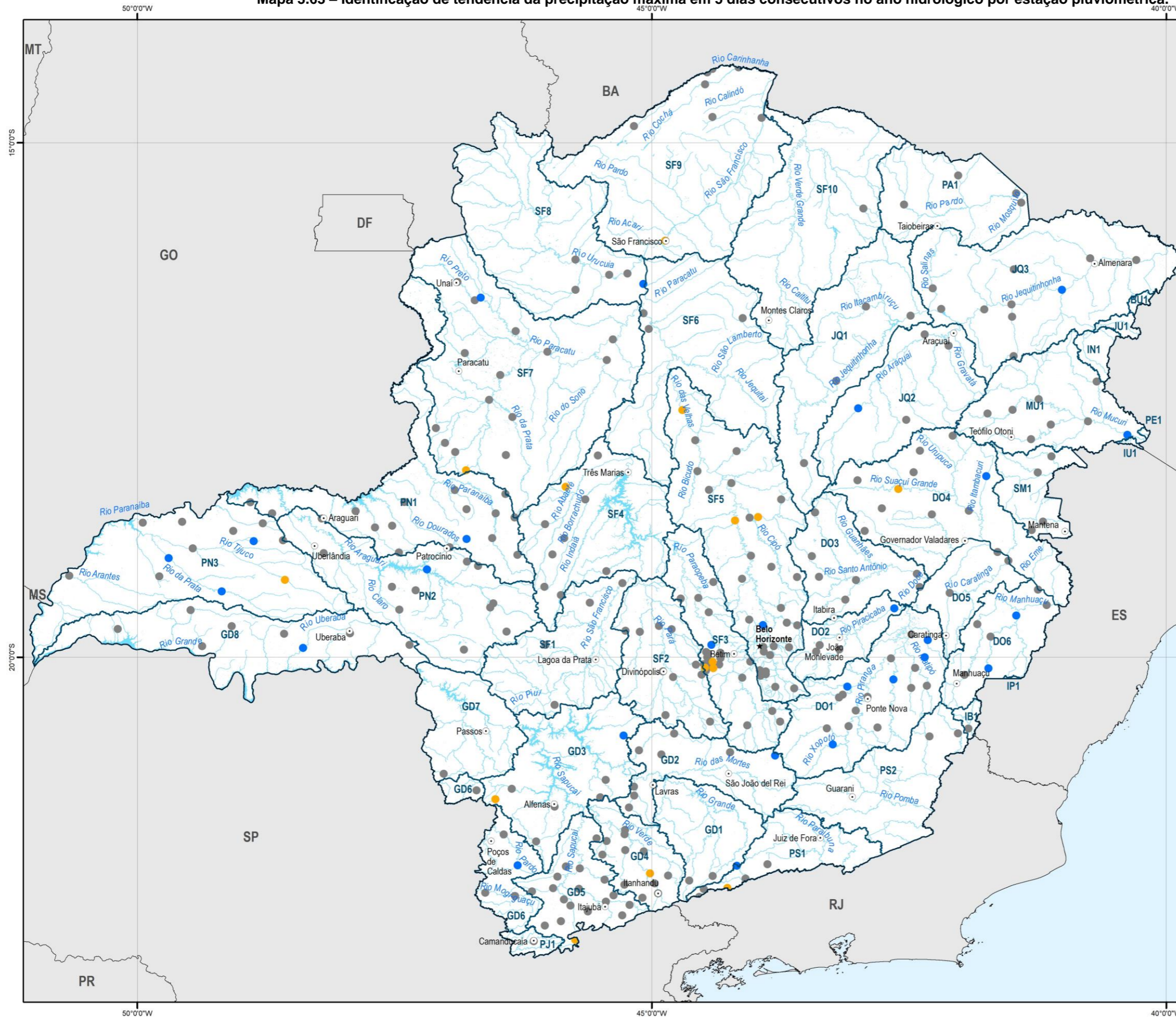
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.62 – Identificação de tendência do número de dias com chuva maior ou igual a 20mm no ano hidrológico por estação pluviométrica.



Mapa 3.63 – Identificação de tendência da precipitação máxima em 5 dias consecutivos no ano hidrológico por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



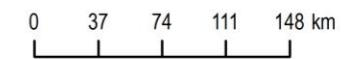
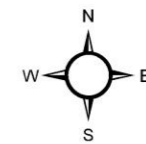
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação máxima em 5 dias consecutivos (por ano hidrológico)

- crescente
- sem tendência
- decréscante

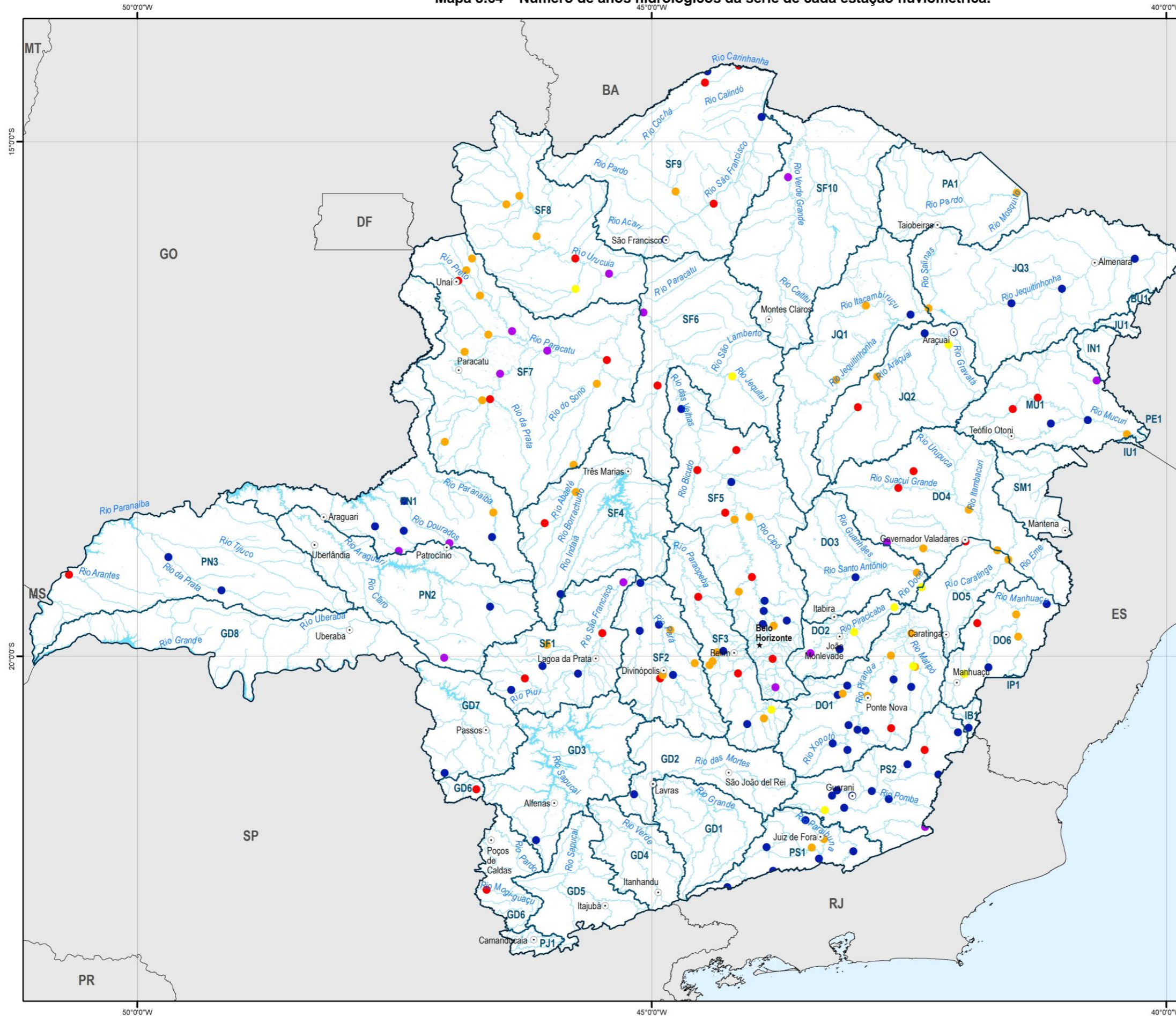
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.64 – Número de anos hidrológicos da série de cada estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



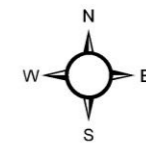
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Número de anos hidrológicos da série por estação fluviométrica

- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 70 - 98

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

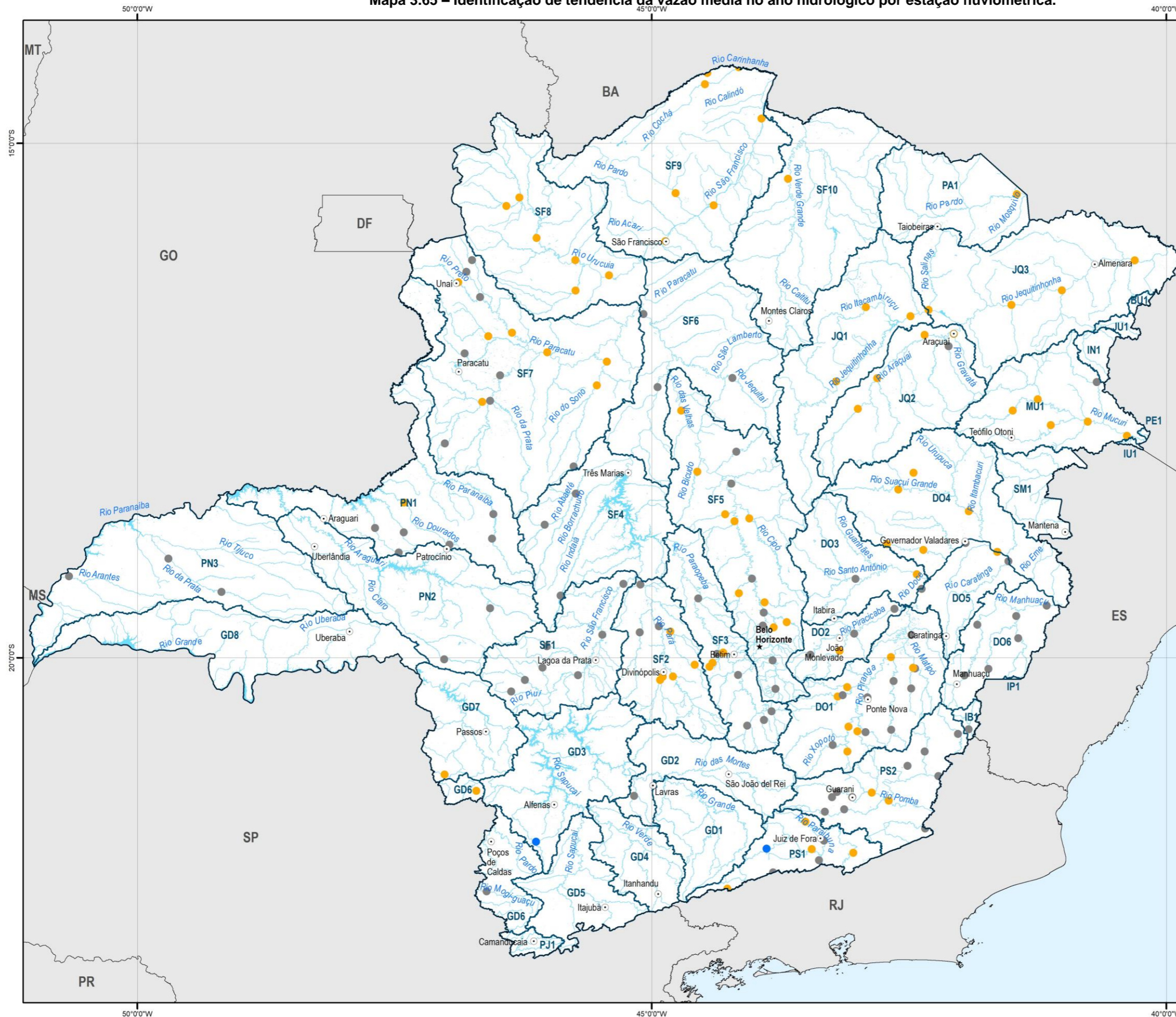


0 37 74 111 148 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.65 – Identificação de tendência da vazão média no ano hidrológico por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



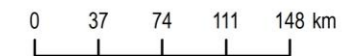
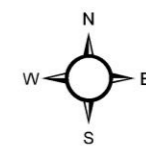
LEGENDA

- ★ 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

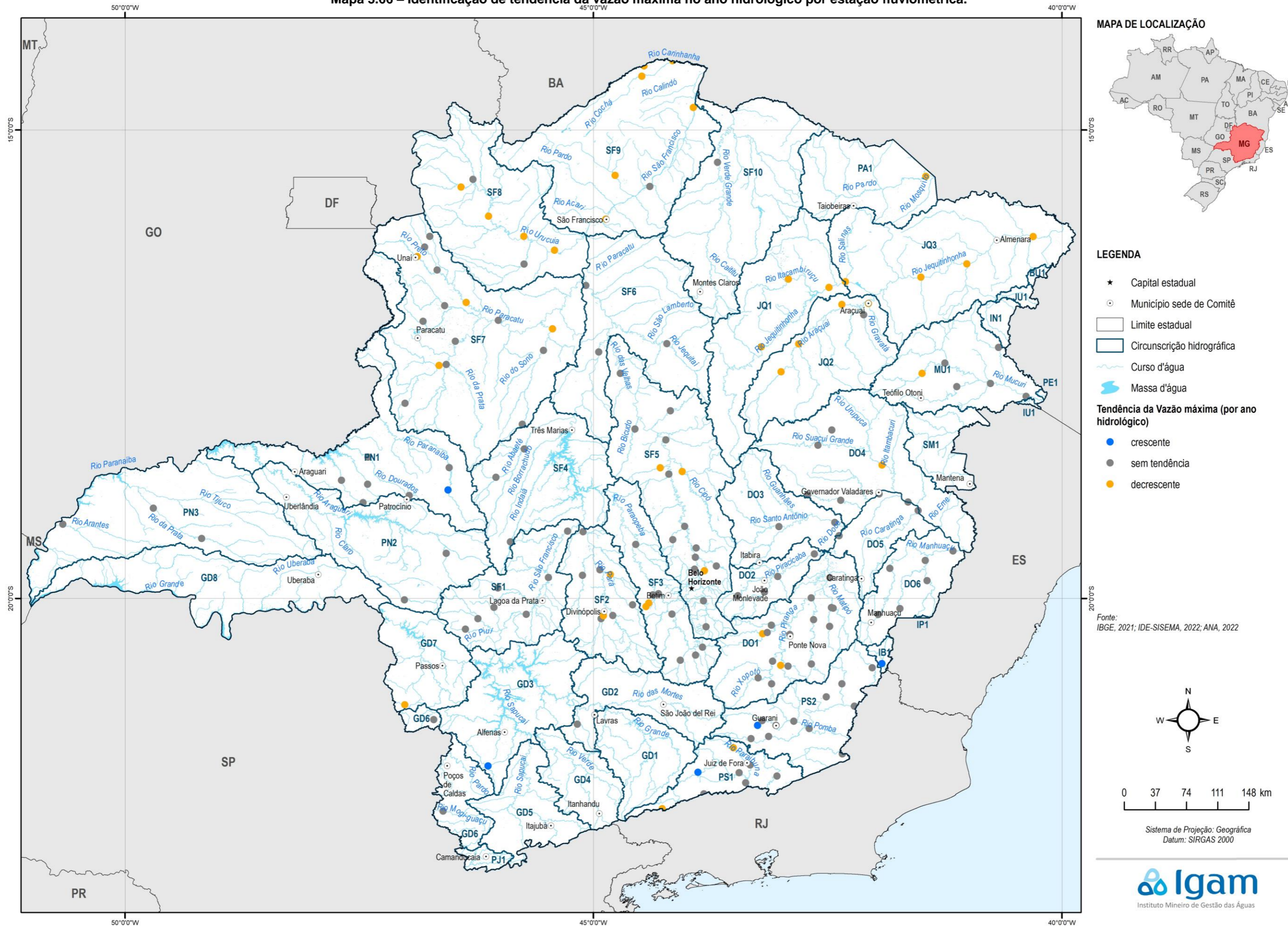
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 3.66 – Identificação de tendência da vazão máxima no ano hidrológico por estação fluviométrica.



3.3 Avaliação do risco/vulnerabilidade a eventos extremos, através de indicadores

3.3.1 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 3-26 para determinação do risco atual que os eventos extremos representam em cada local.

Quadro 3-26 – 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 3-27. 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 3.67 é apresentada essa informação distribuída no estado.

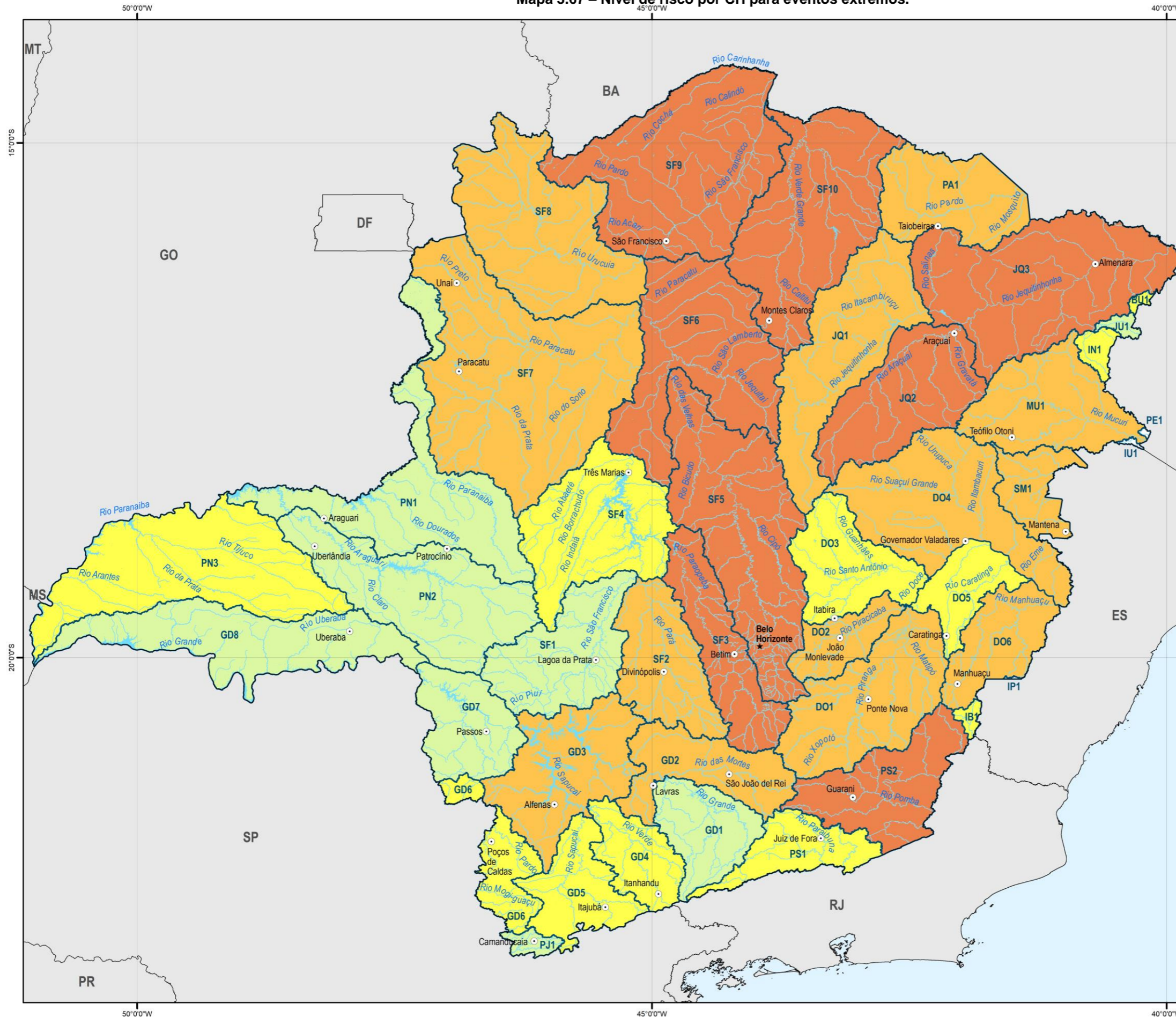
Quadro 3-27 –Risco relacionado a desastres naturais por CH em Minas Gerais.

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

Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Risco
	DO4	Risco Alto
	DO5	Risco Moderado
	DO6	Risco Alto
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
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 3.67 – Nível de risco por CH para eventos extremos.



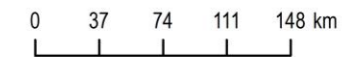
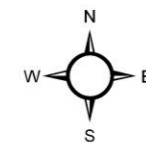
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



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



3.3.2 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 3-28 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 3-28 – 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.

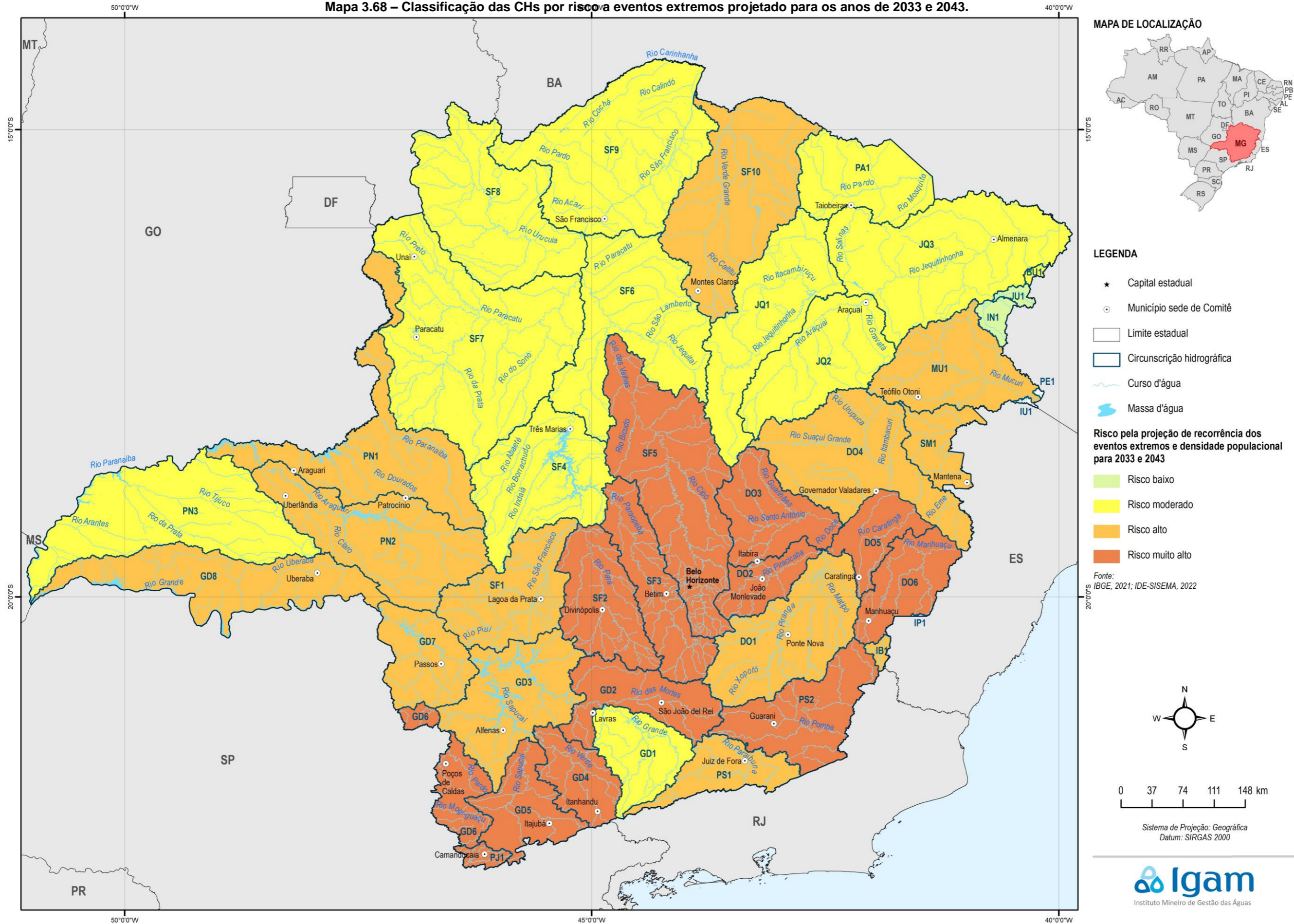
Os resultados para os anos de 2033 e 2043 são idênticos, apresentado no Mapa 3.68, visto que as tendências identificadas não variam nas projeções e a densidade populacional se mantém similar. No ano de 2053 a projeção do risco é alterada em algumas CHs, conforme o Mapa 3.69, devido às taxas de crescimento 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 3-29 – Classificação das CHs pelo risco projetado considerando tendências de eventos extremos e densidade populacional.

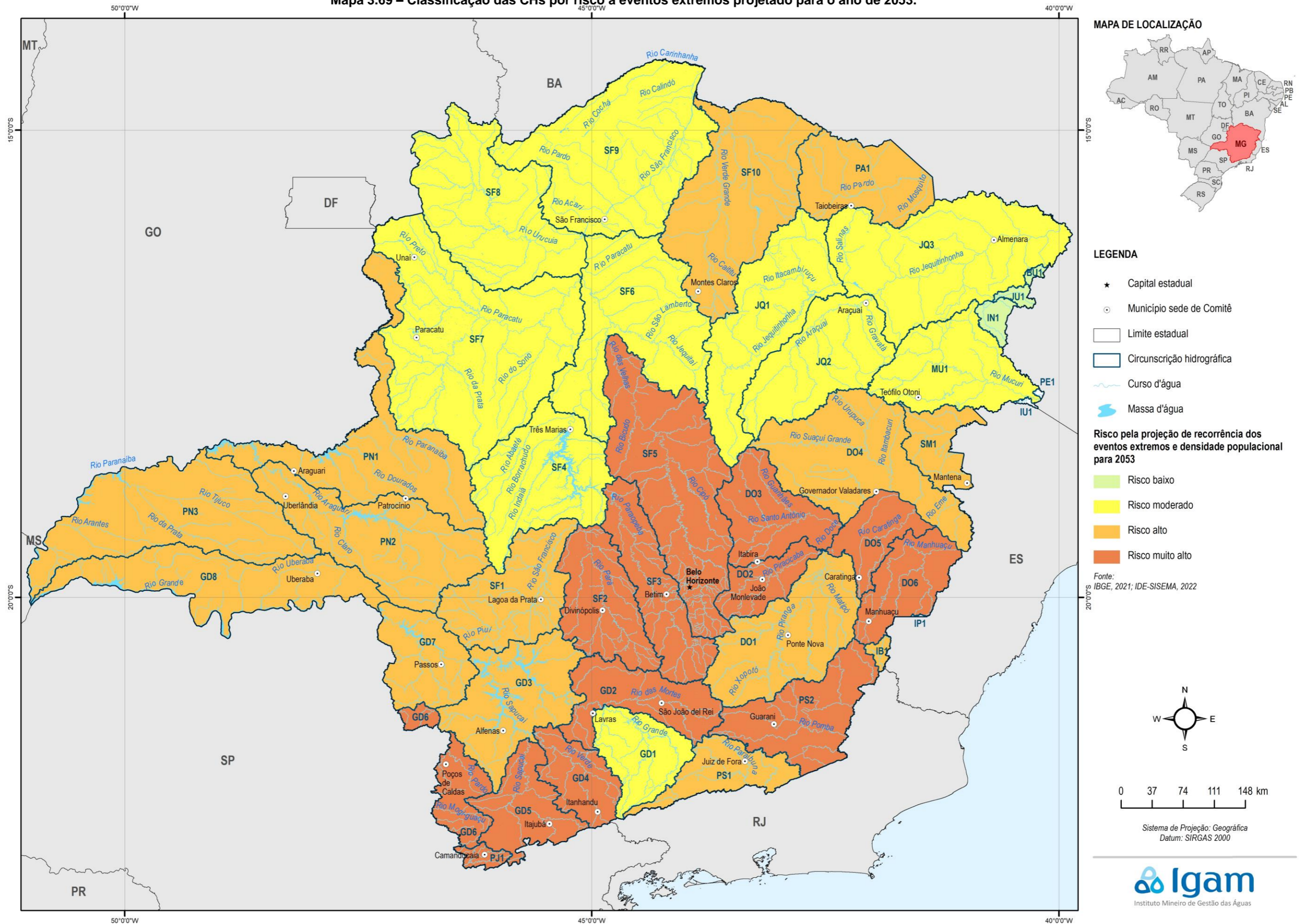
Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Risco 2033	Risco 2043	Risco 2053
1 Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	Risco alto	Risco alto	Risco alto
	SF2	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	SF3	Risco muito alto	Risco muito alto	Risco muito alto
	SF4	Risco moderado	Risco moderado	Risco 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 3.68 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para os anos de 2033 e 2043.



Mapa 3.69 – Classificação das CHs por risco a eventos extremos projetado para o ano de 2053.



3.3.3 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 3-30.

Quadro 3-30 – Indicadores para avaliação da segurança hídrica por UEG.

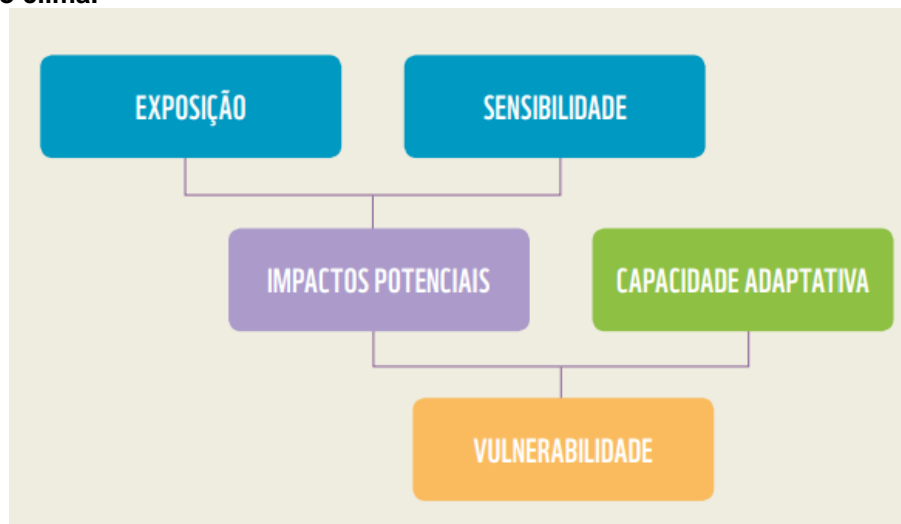
UEG	Recursos hídricos renováveis per capita (m^3 /hab/ano)	Estresse hídrico (hab/m^3)	Estresse hídrico social (hab/m^3)	Estresse hídrico relativo
UEG1	1.514	6,61E-04	9,48E-04	30%
UEG2	5.687	1,76E-04	2,72E-04	32%
UEG3	5.181	1,93E-04	2,76E-04	25%
UEG4	3.282	3,05E-04	4,71E-04	14%
UEG5	3.183	3,14E-04	5,20E-04	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 3.13).

Figura 3.13 – 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 3-31. Quanto maior o indicador, mais vulnerável é a região em relação a eventos de secas.

Quadro 3-31 – 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).

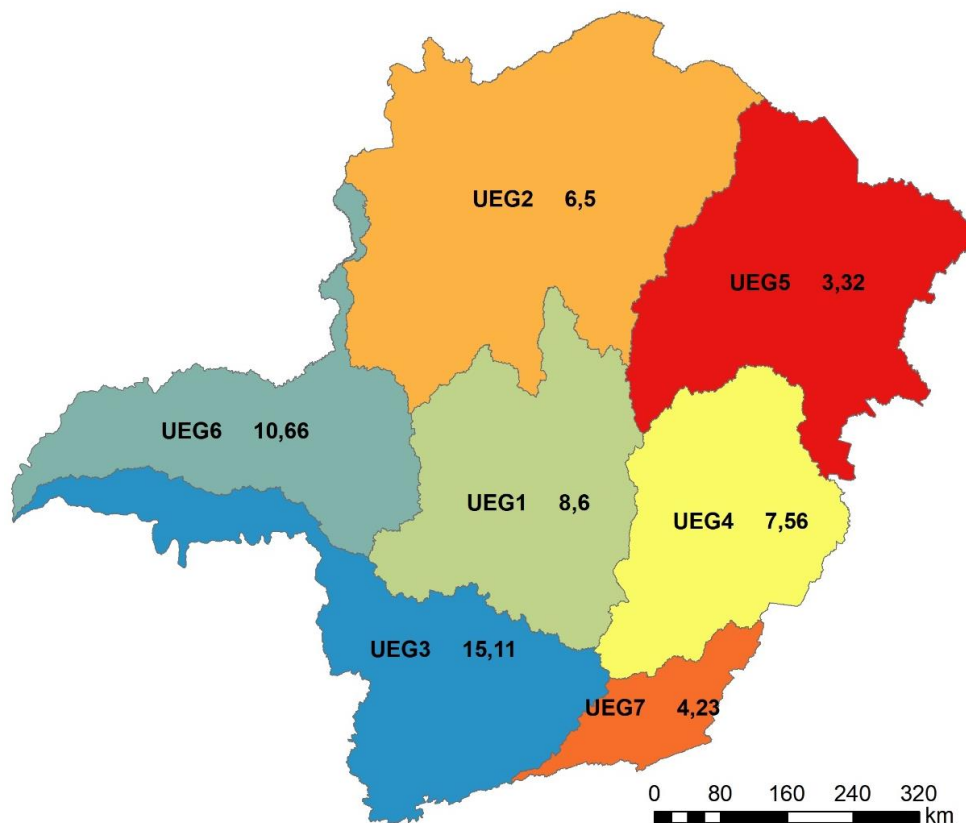
Avalia-se que os diferentes modelos utilizados pelo estudo do MMA (BRASIL, 2017) possuem grandes diferenças nas regiões analisadas para Minas Gerais. Enquanto o HadGEM demonstrou um aumento da vulnerabilidade a eventos de secas em todas as UEGs conforme o aumento do nível de emissões, no modelo Eta-MIROC 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 3.14, 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 3.14 – Recarga total dos sistemas aquíferos em km³/ano por UEG.



Fonte: elaboração própria, com base em CPRM (2007).

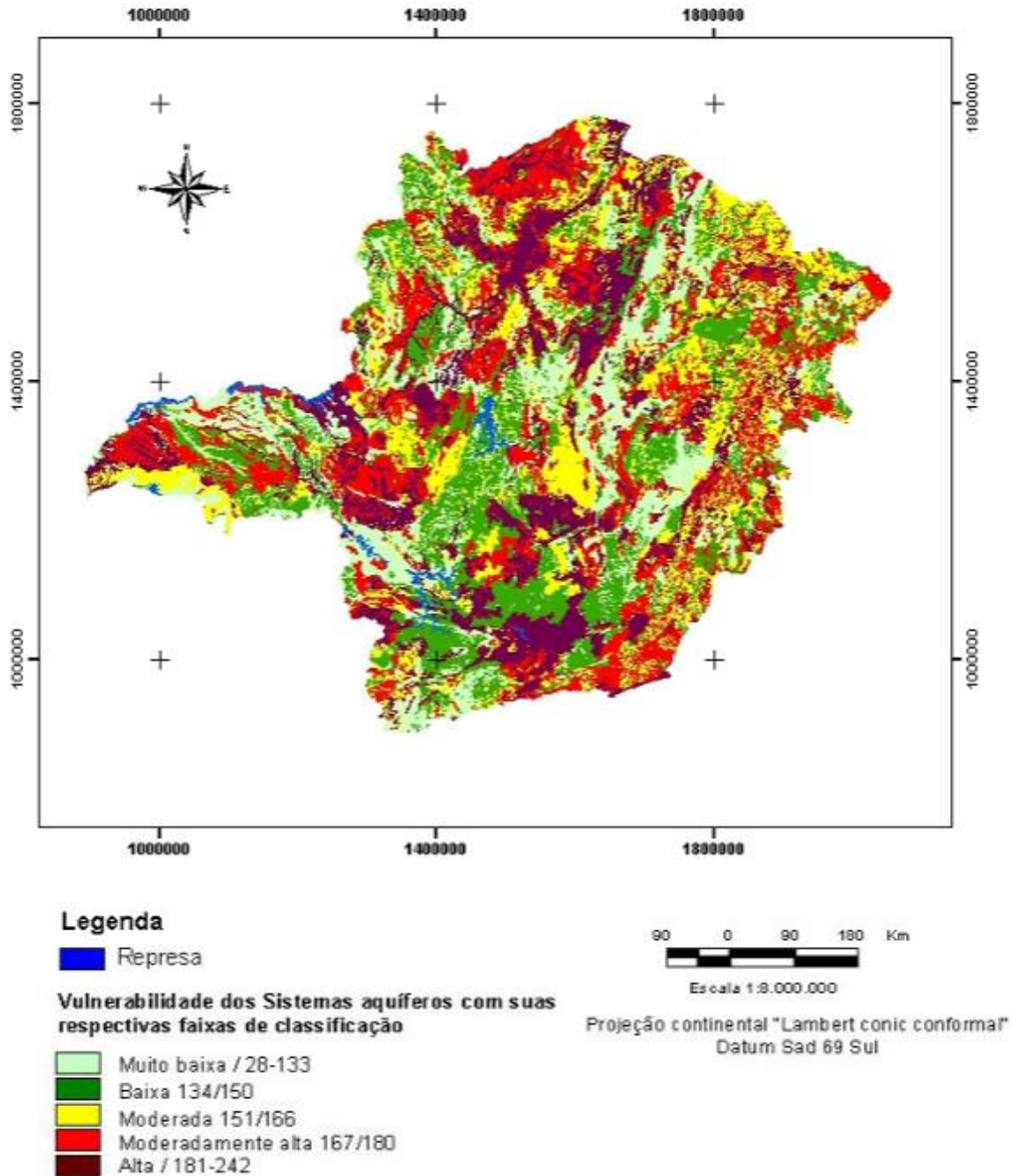
Em períodos de estiagem a utilização da água subterrânea pode ser uma alternativa para abastecimento humano e outros usos, porém se observa ainda falta de informações suficientes para realizar a gestão dessas águas de forma sustentável. Também não foram encontrados estudos relacionando diretamente os 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 Urucuia-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 3.15 apresenta o Mapa de Vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de Minas Gerais à contaminação por metais pesados produzido por Lima (2007).

Figura 3.15 - 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 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).

4.1 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 4-1. 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 4-1 – 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/controlado 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 4-2 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 4-2 – 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
Subsídências 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 4-3 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 4-3 – 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
Subsidências 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 4-4, em milhões de reais.

Quadro 4-4 – 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
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

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)
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 3.1 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.

4.2 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.

5 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.

5.1 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.

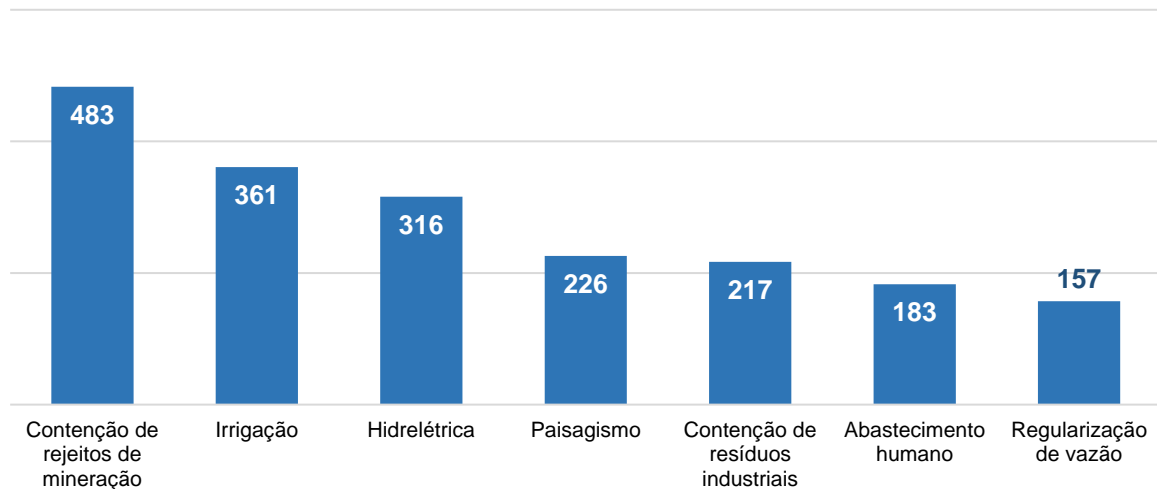
A partir do inventário realizado, conclui-se que há um total de 2.384 barragens cadastradas no estado. No Quadro 5-1 estão colocadas as quantidades de barragens levantadas por tipo de uso. Avaliando-se a Figura 5.1, percebe-se que grande parte possui função de contenção de rejeitos de mineração (483) 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 5-1 - 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 5.1 - 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 5-2, 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 5-2 – Empreendedores com mais barragens cadastradas no estado.

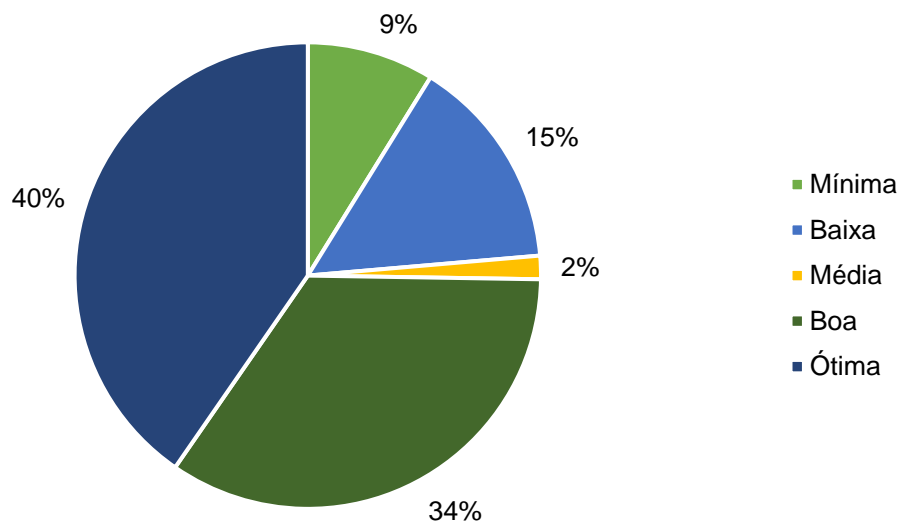
Empreendedor	Barragens cadastradas
COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS - COPASA	147
VALE S.A.	144
COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG	41
MINERAÇÃO USIMINAS S.A.	24
MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA	23
JC GROSSI & FILHOS AGRÍCOLA LTDA	23
BIOENERGETICA VALE DO PARACATU S.A	22
MAMONEIRA AGROPASTORIL 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 5.2, 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 5.2 - Indicador de Completude da Informação - SNISB.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a).

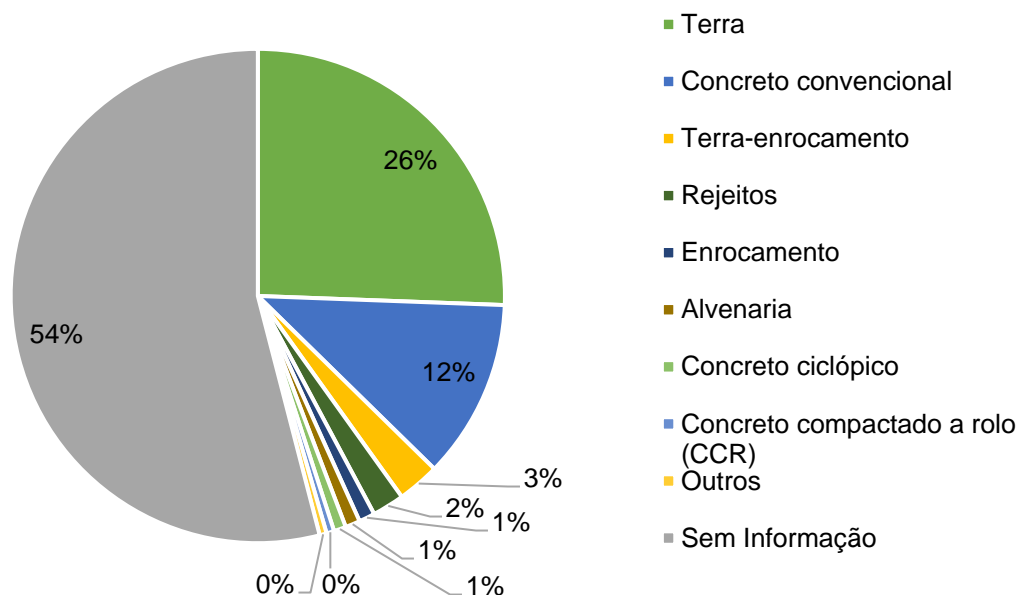
Algumas das principais características das barragens obtidas dos cadastros são apresentadas nos gráficos da Figura 5.3 à Figura 5.5. Quanto ao material de construção dos maciços, mais da metade das barragens não possui informação, entre os materiais conhecidos, a maioria é feita de terra e uma quantidade 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.

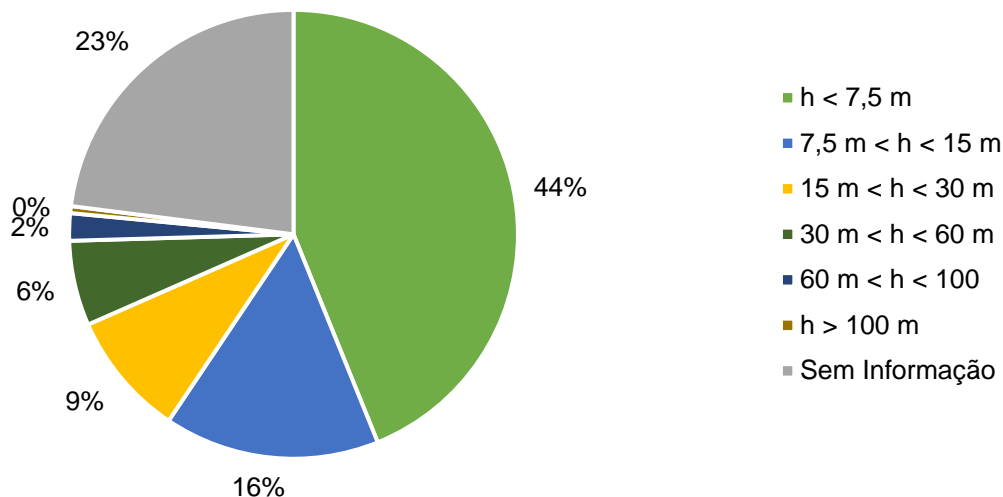
A capacidade das barragens cadastradas é majoritariamente pequena, com menos de 1 hm³. Observa-se uma quantidade relativamente alta de barragens entre 5 e 75 hm³, sendo a maioria delas para contenção de rejeitos de mineração e, em seguida, de hidrelétricas. Nas faixas de volume “Grande” e “Muito grande” 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 5.3 - Material das barragens.



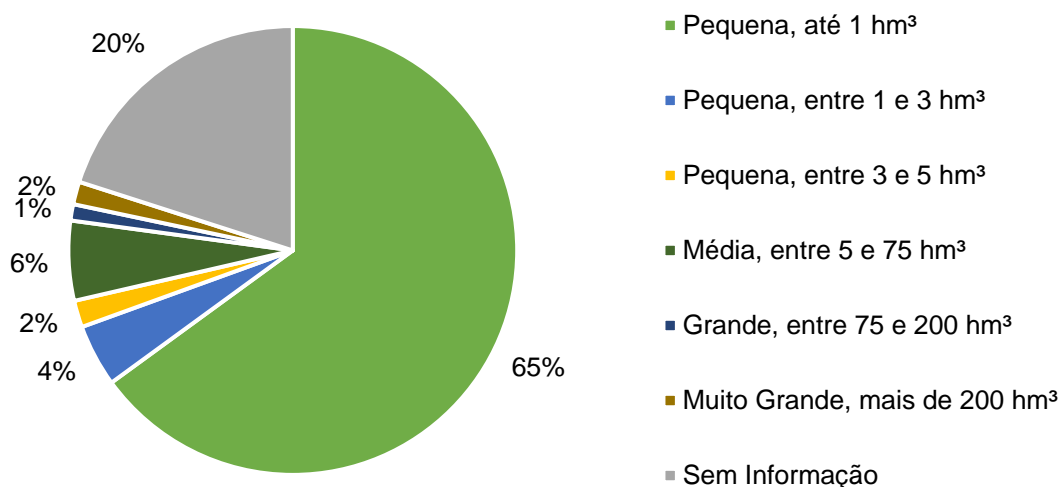
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Figura 5.4 - Barragens por faixas de altura.



Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

Figura 5.5 - 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 5.1 e no Quadro 5-3, 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 5-3 – Número de barragens por UEG e CH.

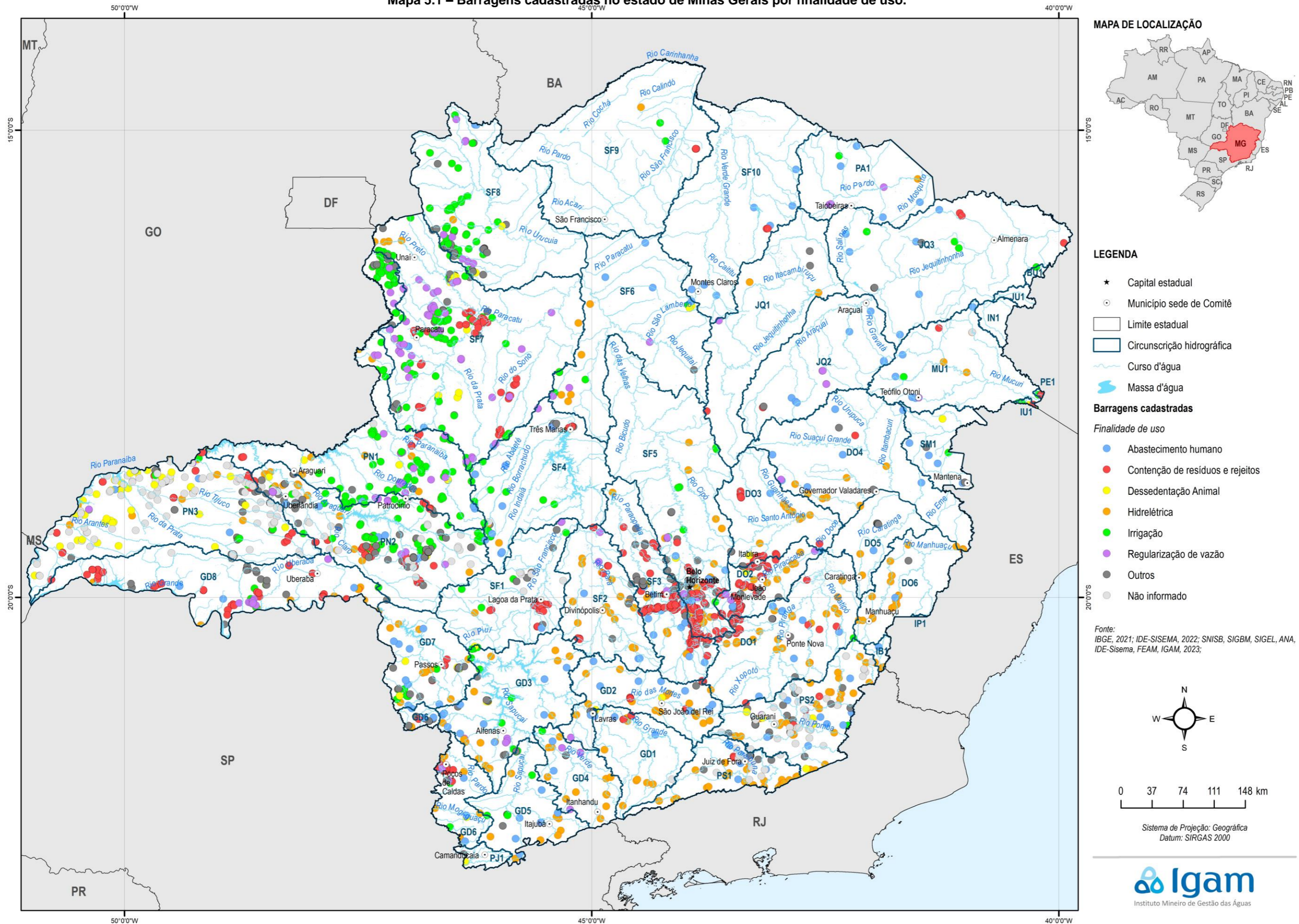
Unidade Estratégica de Gestão	Código da CH	Número de barragens
1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco	SF1	45
	SF2	39
	SF3	218
	SF4	37
	SF5	186
Total UEG1		525
2 - Afluentes do Médio Rio São Francisco	SF6	21
	SF7	226
	SF8	79
	SF9	6
	SF10	9
Total UEG2		341
3 - Afluentes do Rio Grande	GD1	21
	GD2	47
	GD3	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 5.2 apresenta a distribuição dos reservatórios de água e de rejeitos ou resíduos com indicação das suas faixas de volume.

Mapa 5.1 – Barragens cadastradas no estado de Minas Gerais por finalidade de uso.



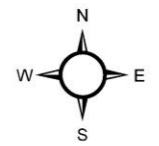
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
 - Município sede de Comitê
 - Limite estadual
 - Circunscrição hidrográfica
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- Barragens cadastradas**
- Finalidade de uso*
- Abastecimento humano
 - Contenção de resíduos e rejeitos
 - Dessedentação Animal
 - Hidrelétrica
 - Irrigação
 - Regularização de vazão
 - Outros
 - Não informado

Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;

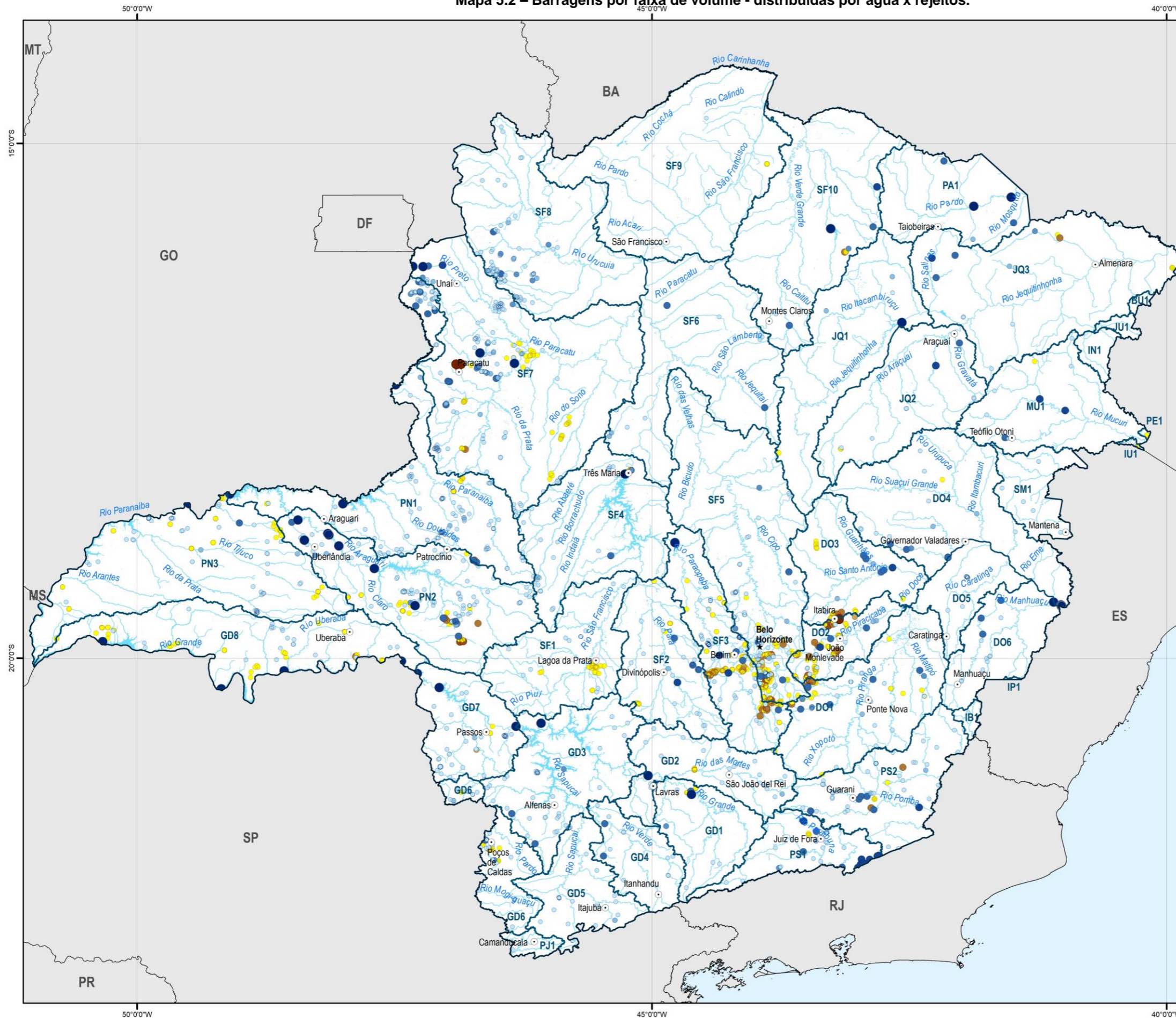


0 37 74 111 148 km

Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.2 – Barragens por faixa de volume - distribuídas por água x rejeitos.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Faixa de volume

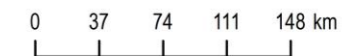
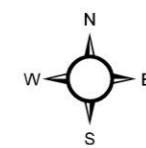
Barragens de água

- 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.

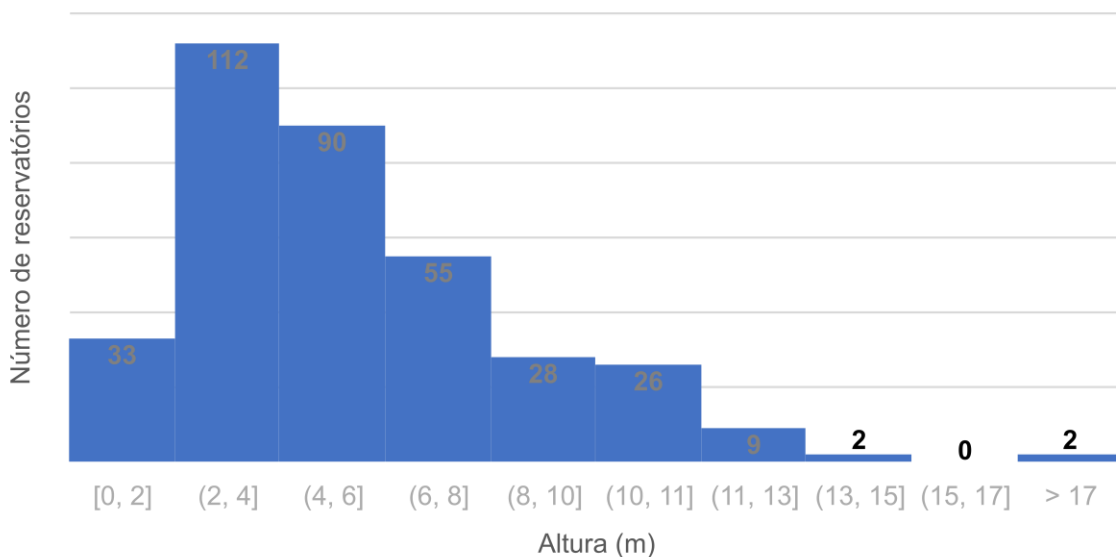
A partir da observação dos dados disponíveis pode-se inferir que a maior concentração de reservatórios do tipo piscinão está de fato nas regiões caracterizadas pelo destaque da agropecuária, conforme o Quadro 5-4. Na Figura 5.6 e na Figura 5.7 estão distribuídos os números de reservatórios *off-stream* 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 5-4 - 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

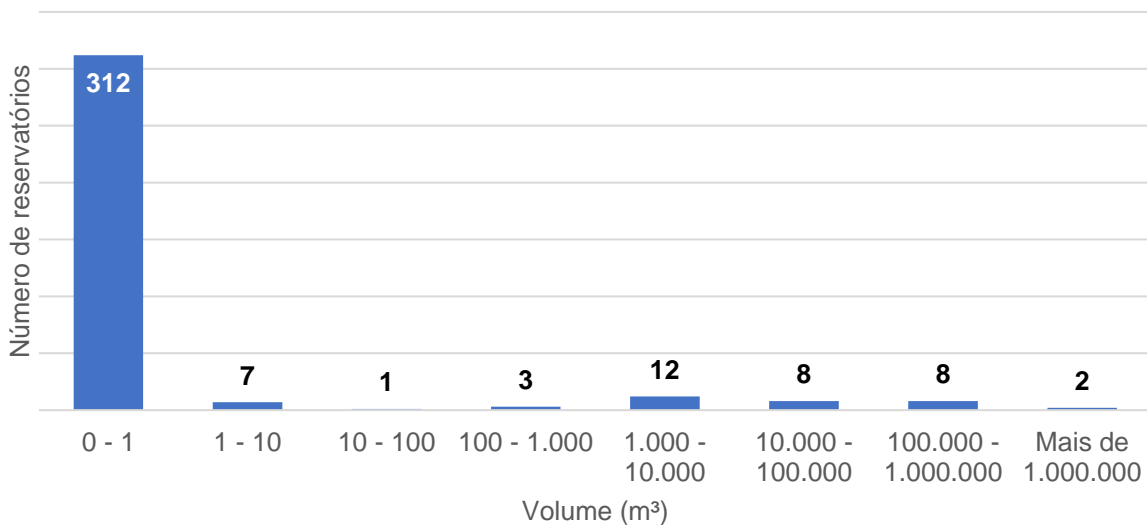
Fonte: IGAM (2023).

Figura 5.6 – Barragens off-stream por altura.



Fonte: IGAM (2023).

Figura 5.7 – Barragens off-stream por volume.



Fonte: IGAM (2023).

5.2 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 5.3 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 5.4.

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 5-5), 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.

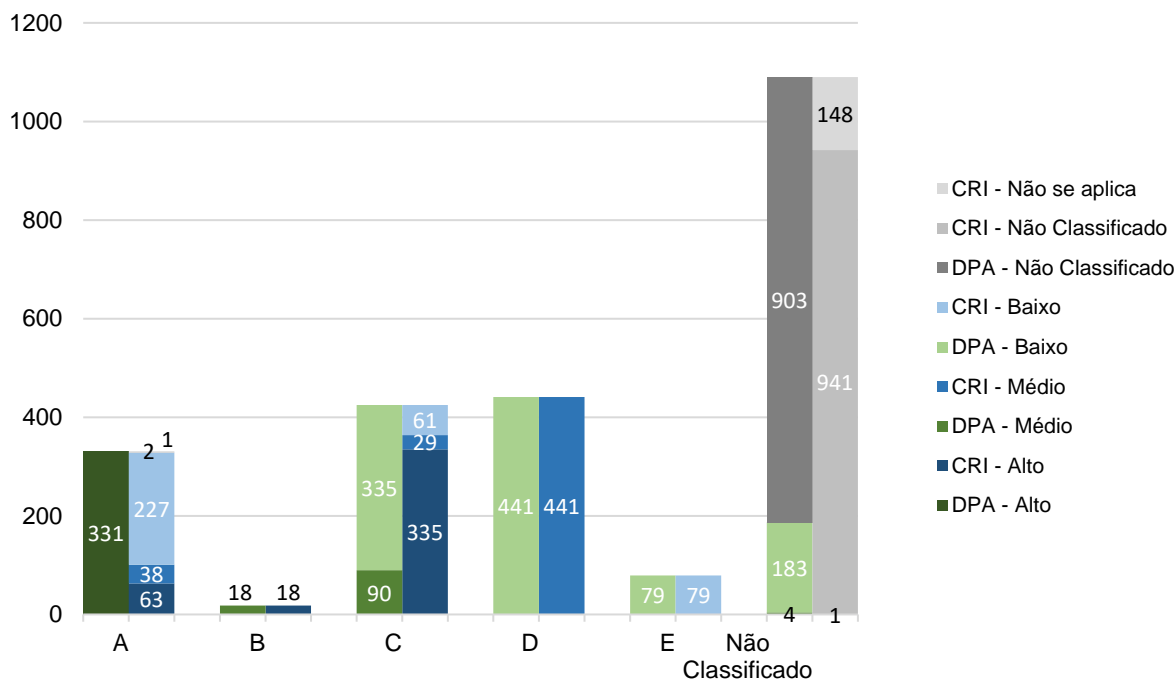
Quadro 5-5 - Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado.

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 5.8 apresenta a distribuição dos índices CRI e DPA das barragens de cada classe e em seguida no Mapa 5.5 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.

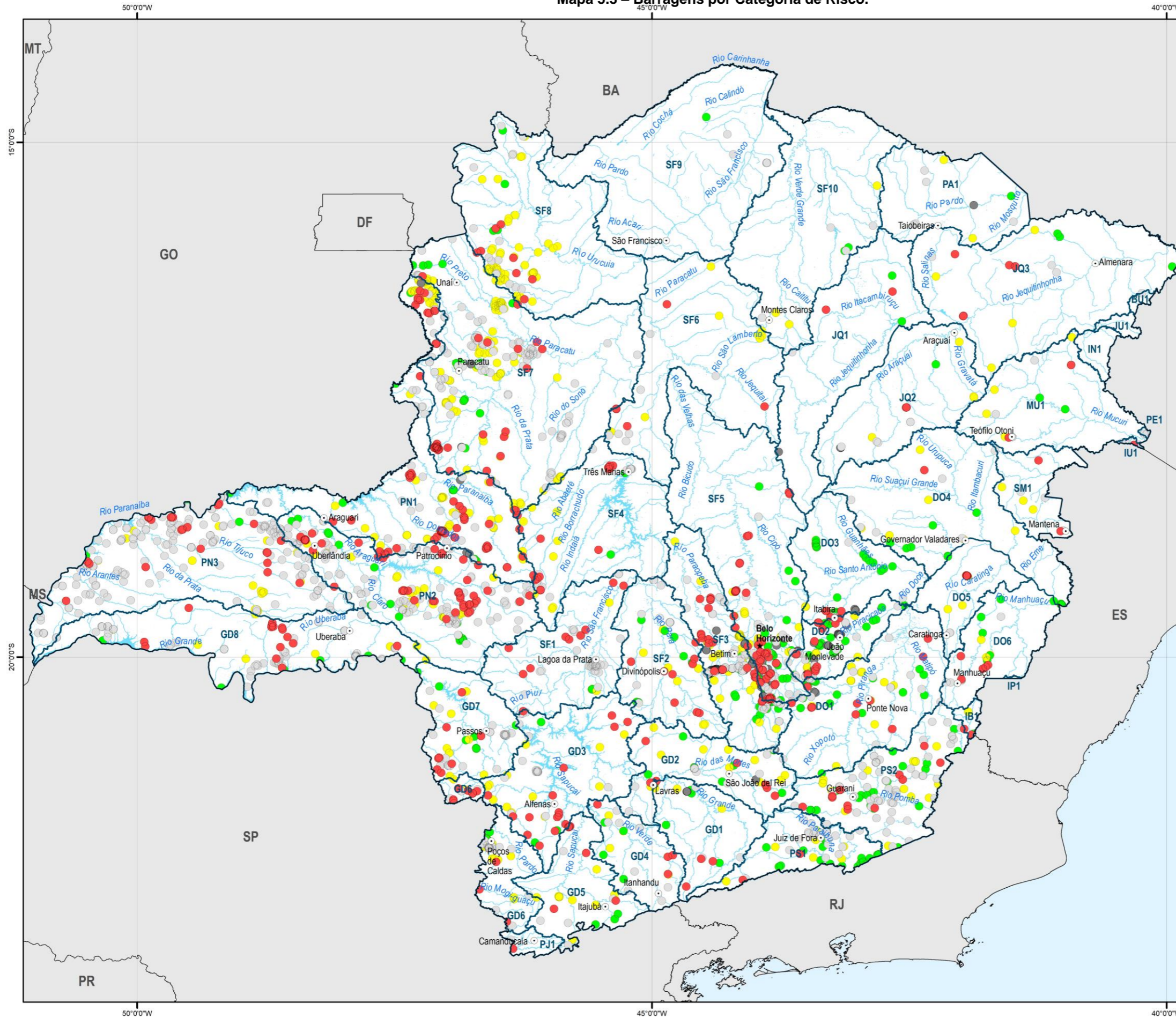
Figura 5.8 - Distribuição das barragens em classes e seus índices DPA e CRI.



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 5.3 – Barragens por Categoria de Risco.



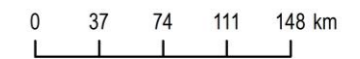
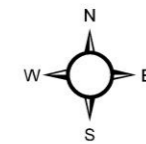
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



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

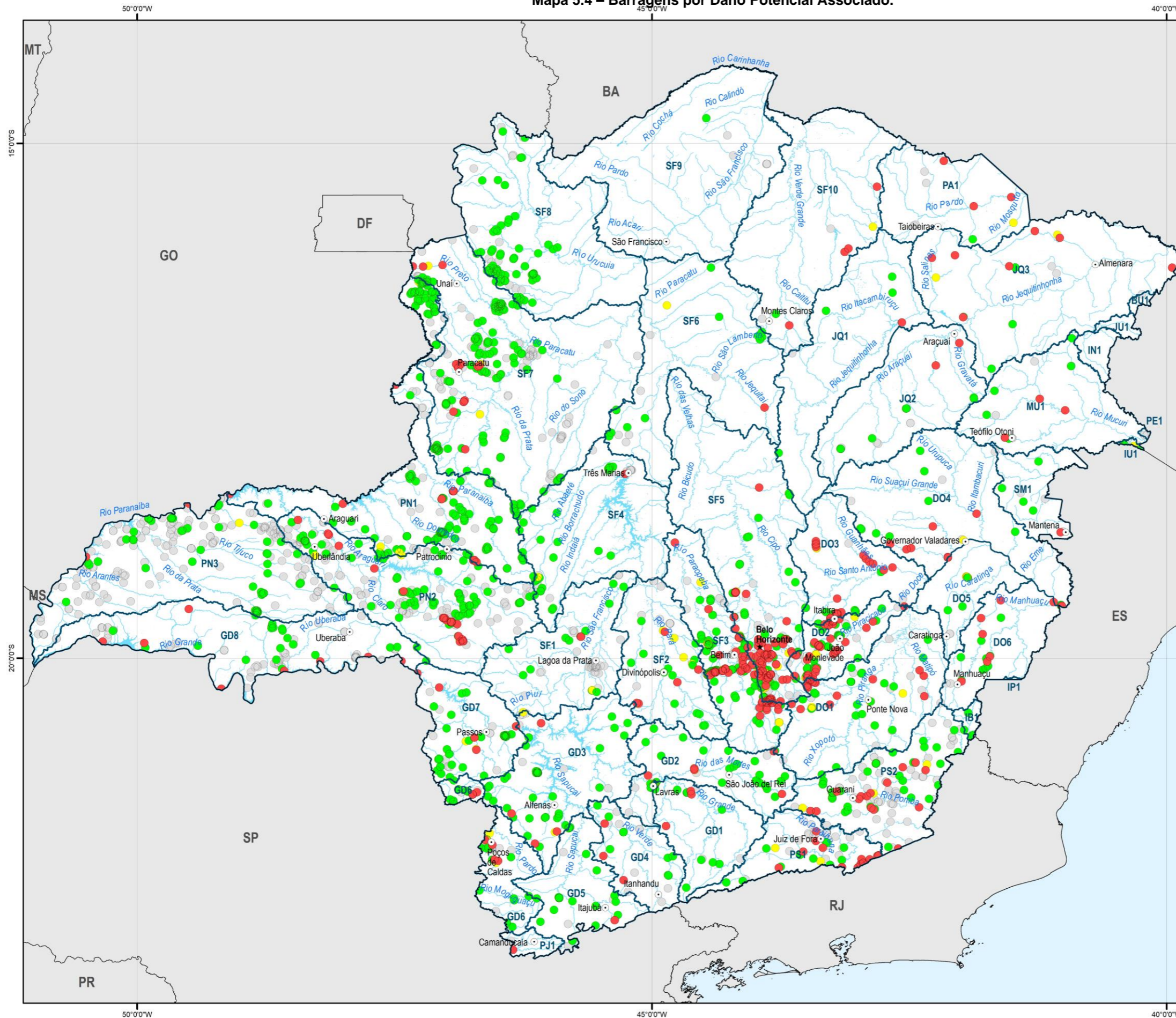
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.4 – Barragens por Dano Potencial Associado.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

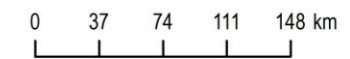
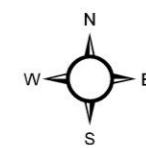
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Barragens

Dano potencial

- Baixo
- Médio
- Alto
- Não Classificado

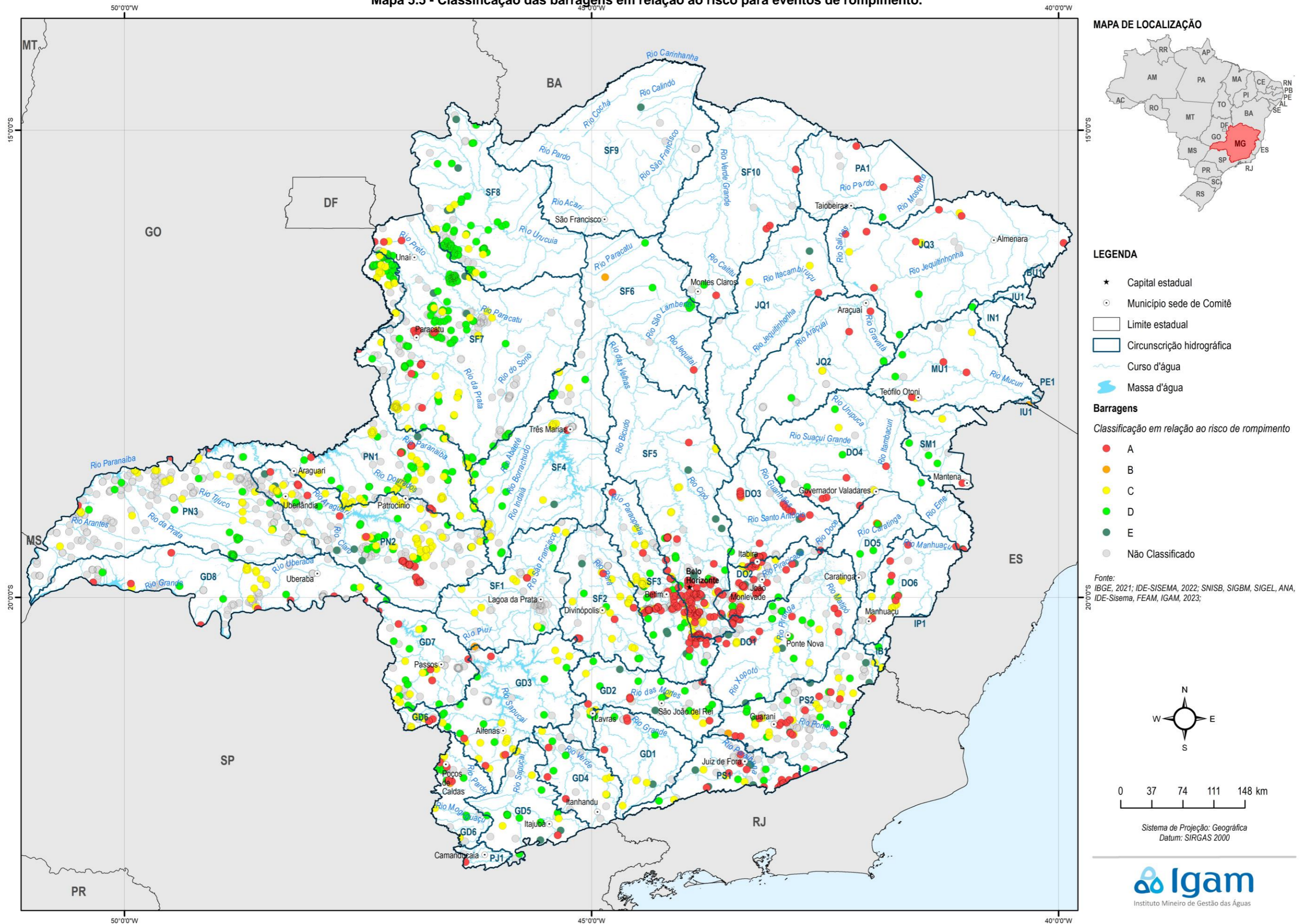
Fonte:
 IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; SNISB, SIGBM, SIGEL, ANA,
 IDE-Sisema, FEAM, IGAM, 2023;



Sistema de Projeção: Geográfica
 Datum: SIRGAS 2000



Mapa 5.5 - 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 5.6.

Mapa 5.6 – Barragens consideradas críticas no RSB 2021.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

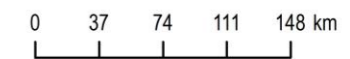
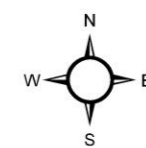
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

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, IGM, 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 5-6. 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 5-6 – 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.

5.3 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 reservação 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 coincidissem 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.

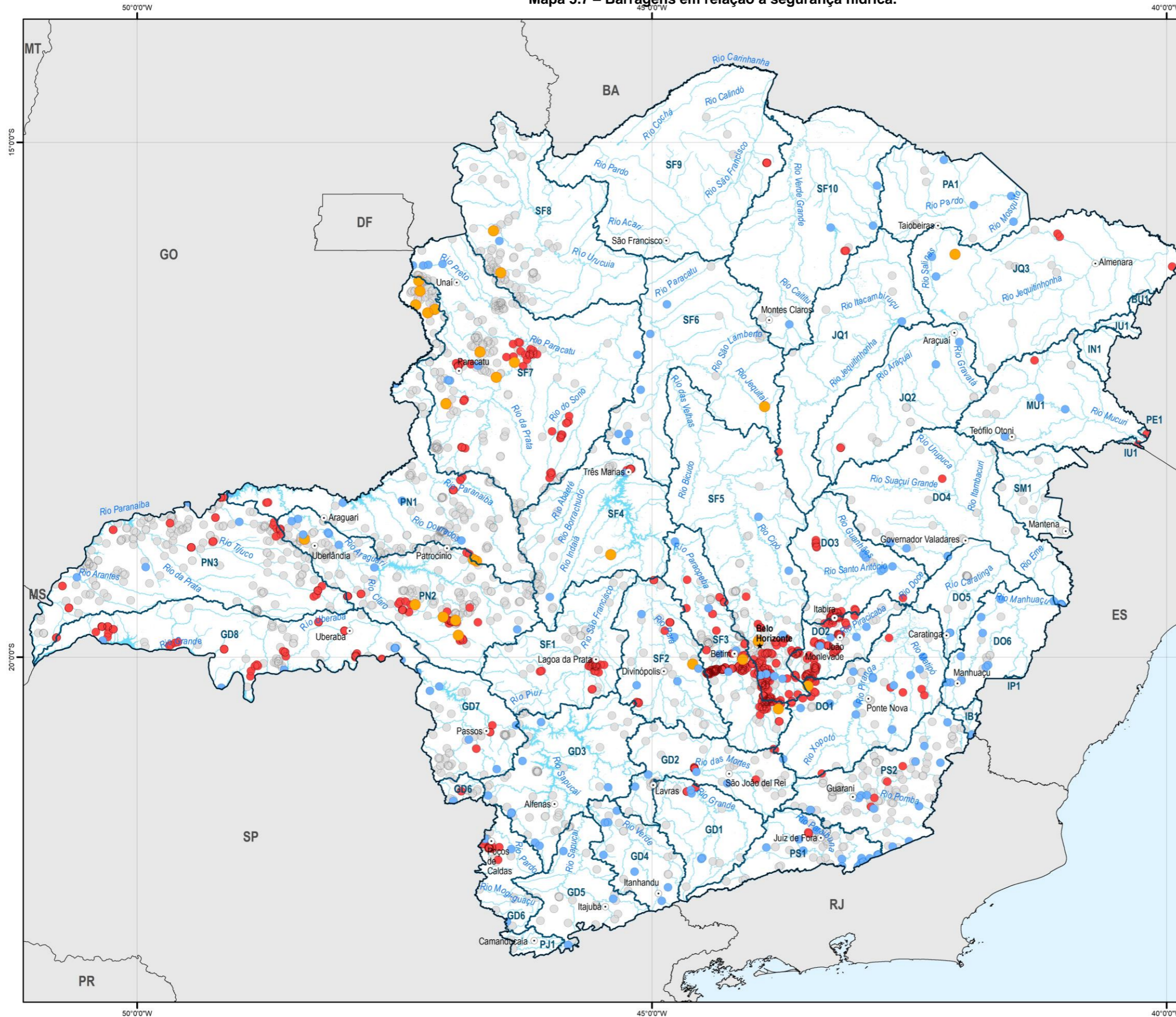
Para as demais tipologias de barragens, a extensão do trecho para jusante foi calculada pela equação do estudo da ANA (2017c) multiplicada por um fator igual a 2, para representar uma situação mais conservadora, visto que a referida equação foi baseada em metodologia simplificada para determinação de 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 5.7 apresenta essas informações para todo o território de Minas Gerais.

Mapa 5.7 – Barragens em relação à segurança hídrica.



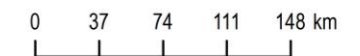
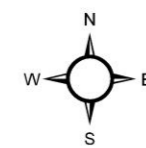
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



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

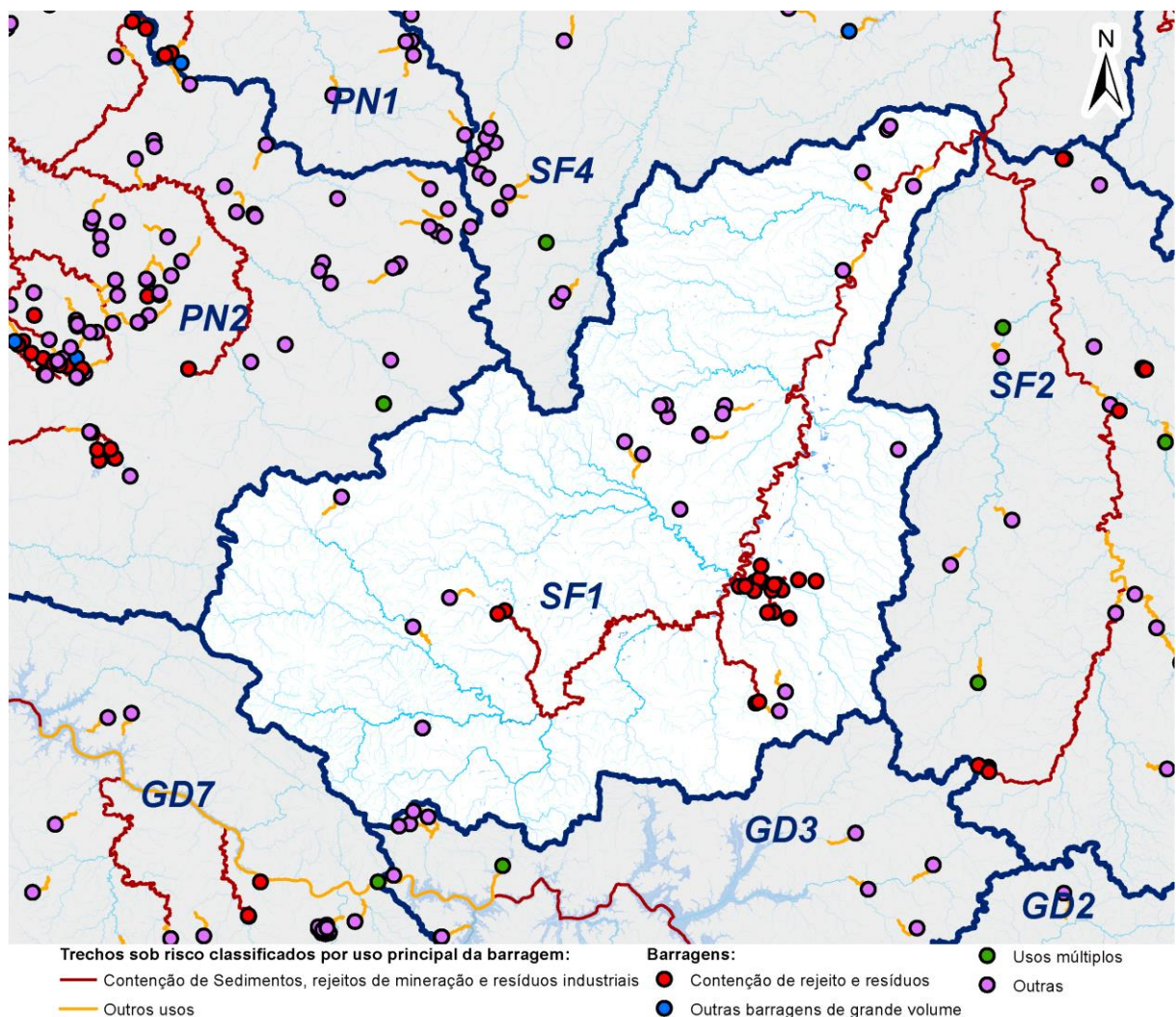


5.3.1 UEG1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco

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 5.9 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 5.9 - Distribuição das barragens na CH SF1, classificadas em relação à segurança hídrica.

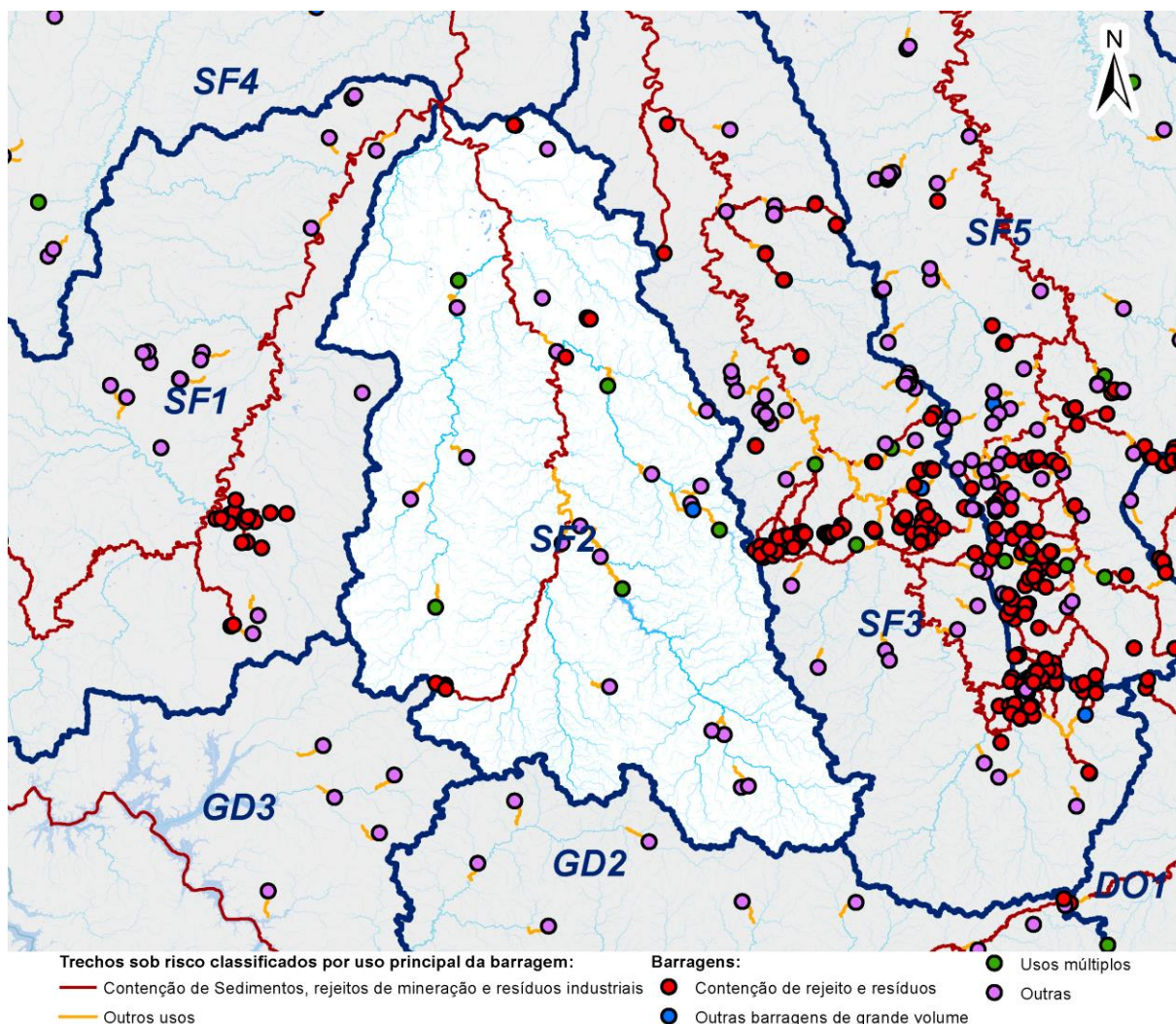


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.10 - Distribuição das barragens na CH SF2, classificadas em relação à segurança hídrica.

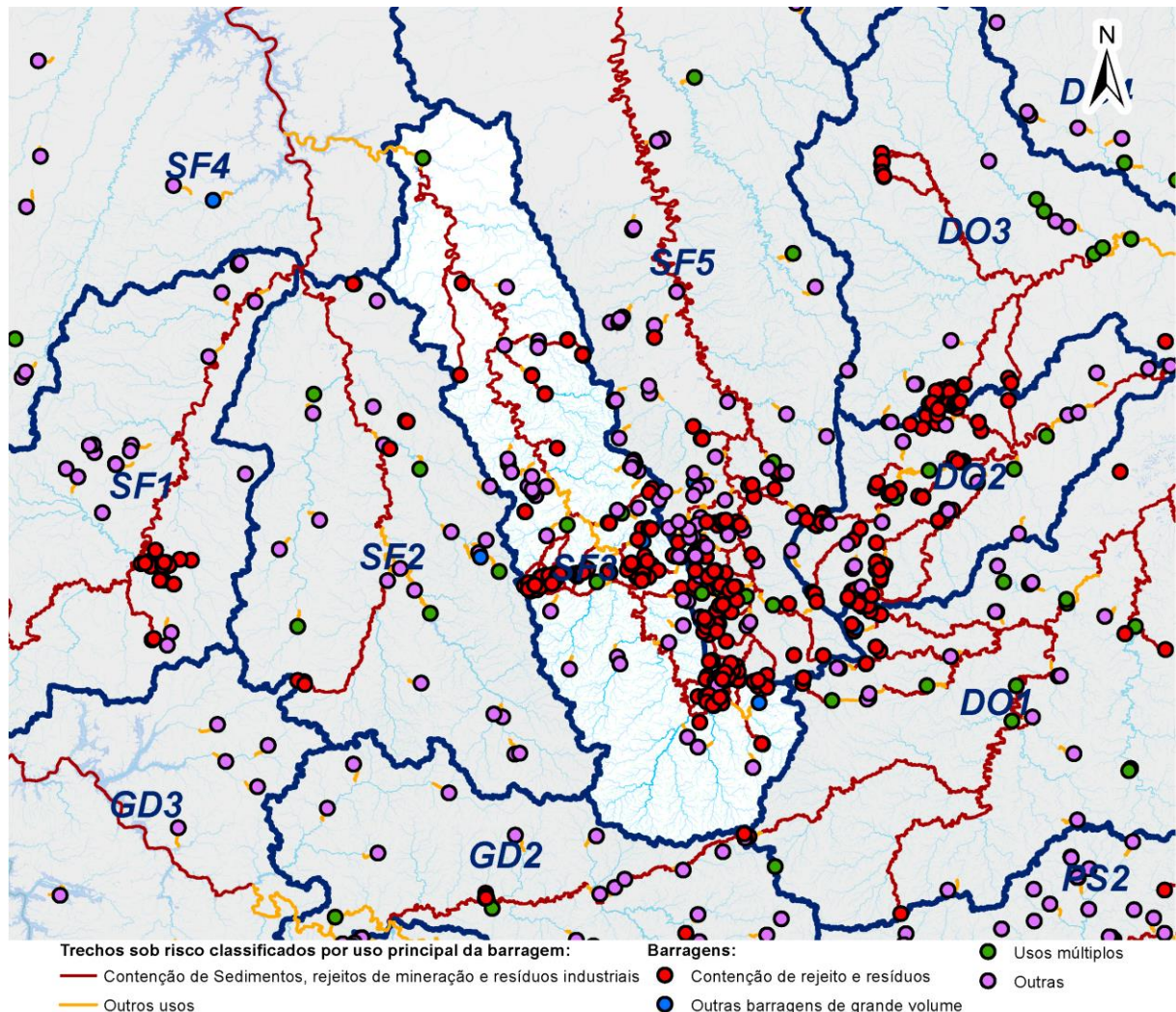


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.11. 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 5.11 - Distribuição das barragens na CH SF3, classificadas em relação à segurança hídrica.



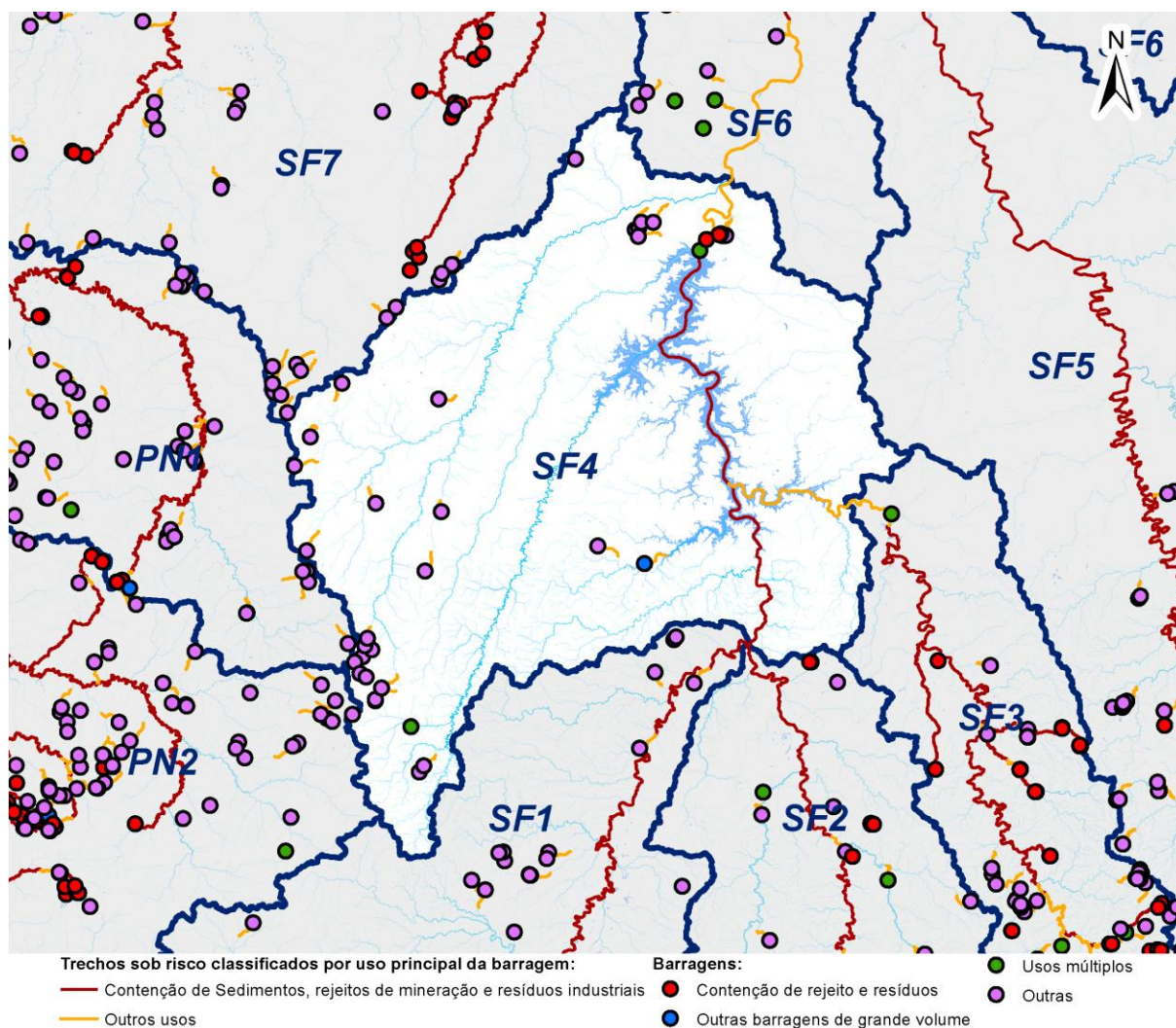
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.12 - Distribuição das barragens na CH SF4, classificadas em relação à segurança hídrica.

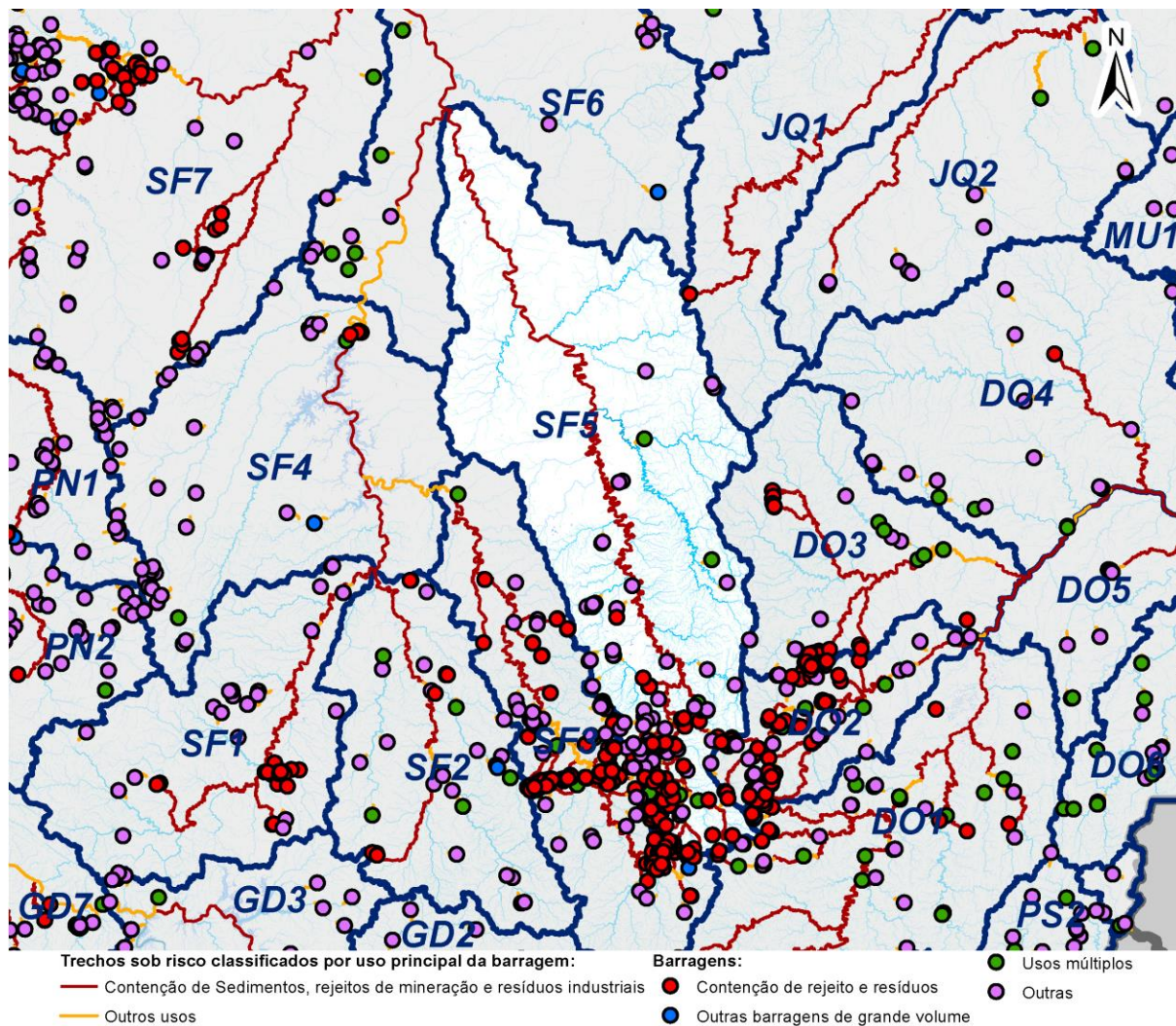


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.13 - 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).

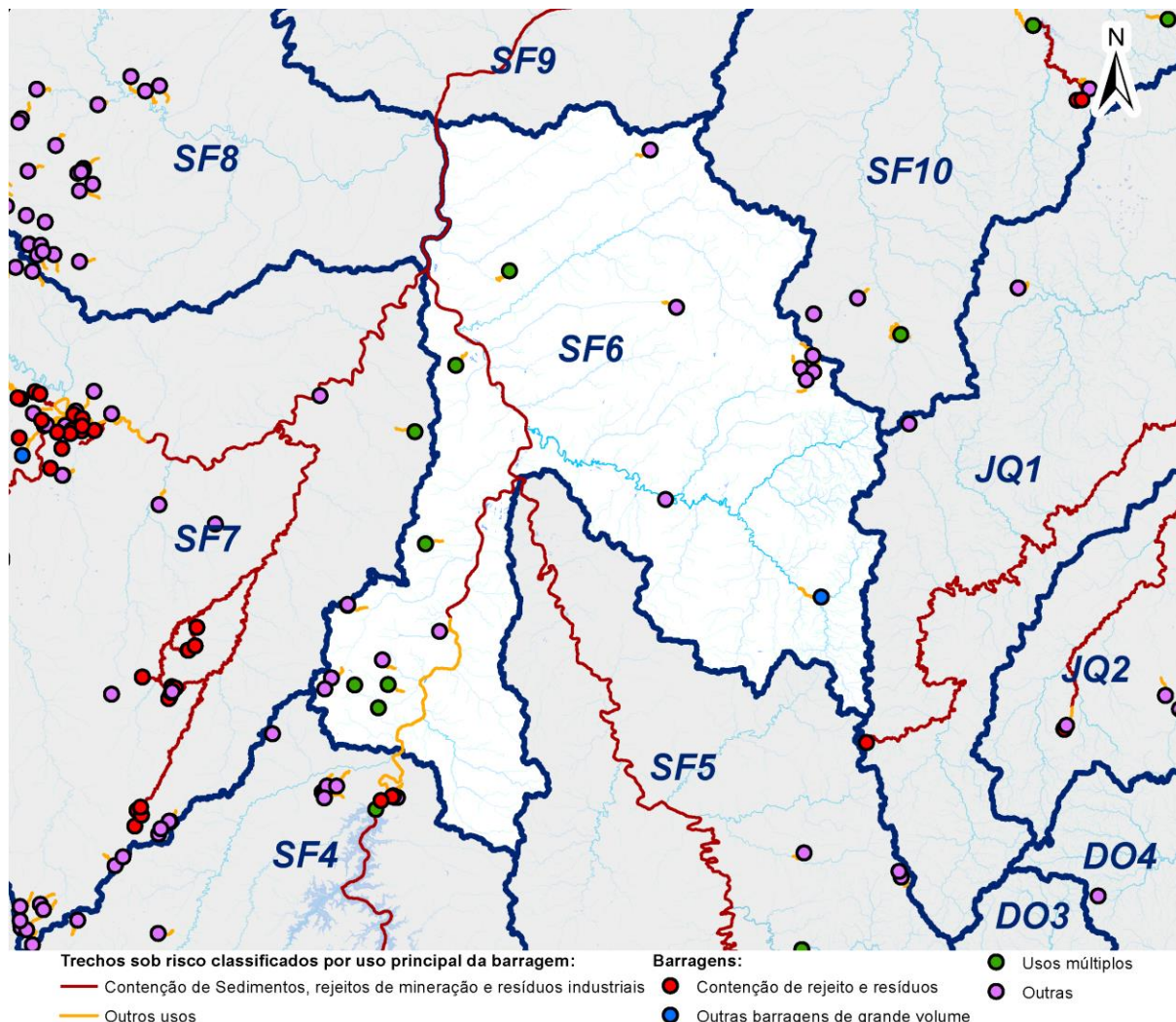
5.3.2 UEG2 - Afluentes do Médio Rio São Francisco

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 Jequitá 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 5.14 - Distribuição das barragens na CH SF6, classificadas em relação à segurança hídrica.

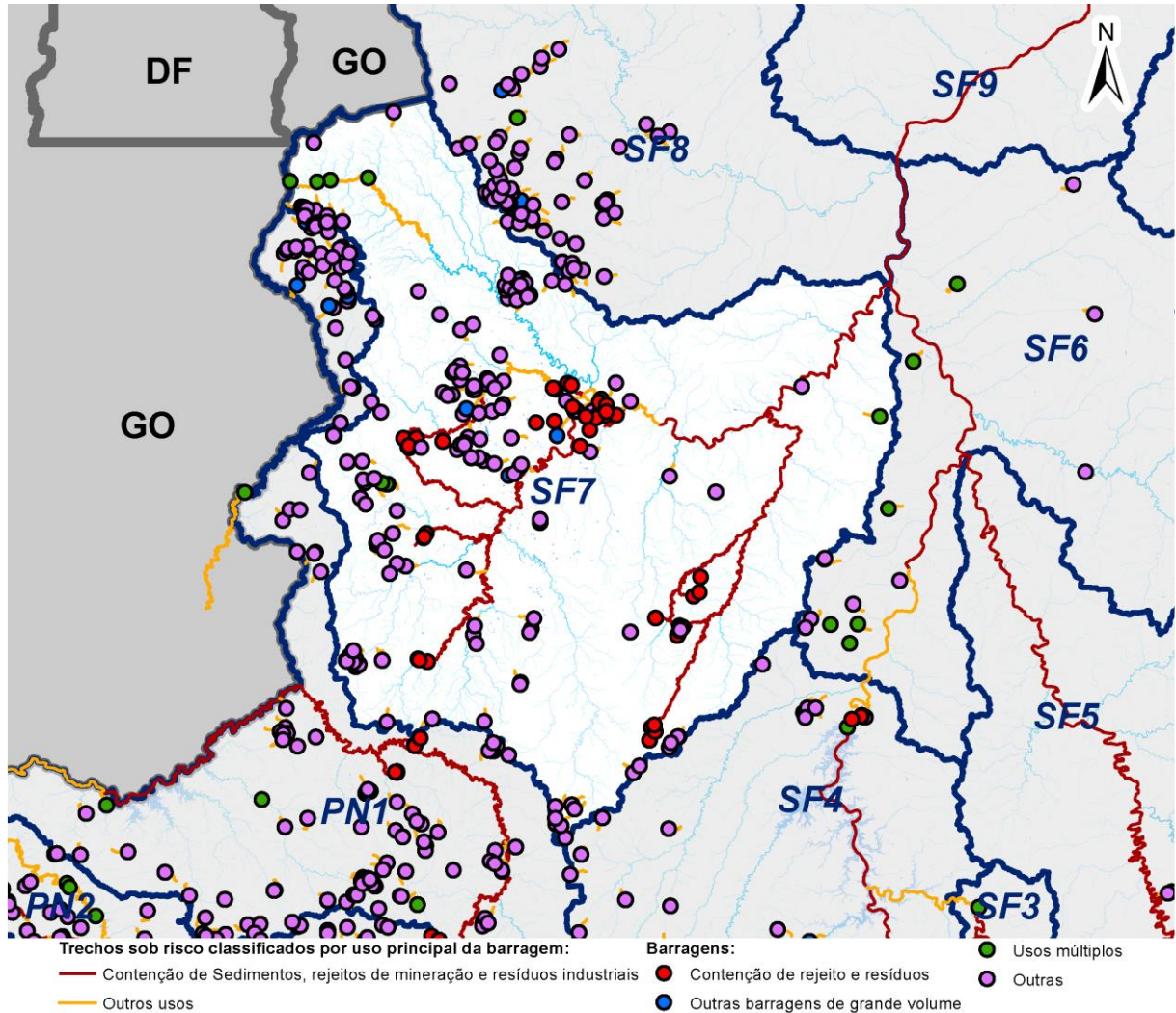


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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.

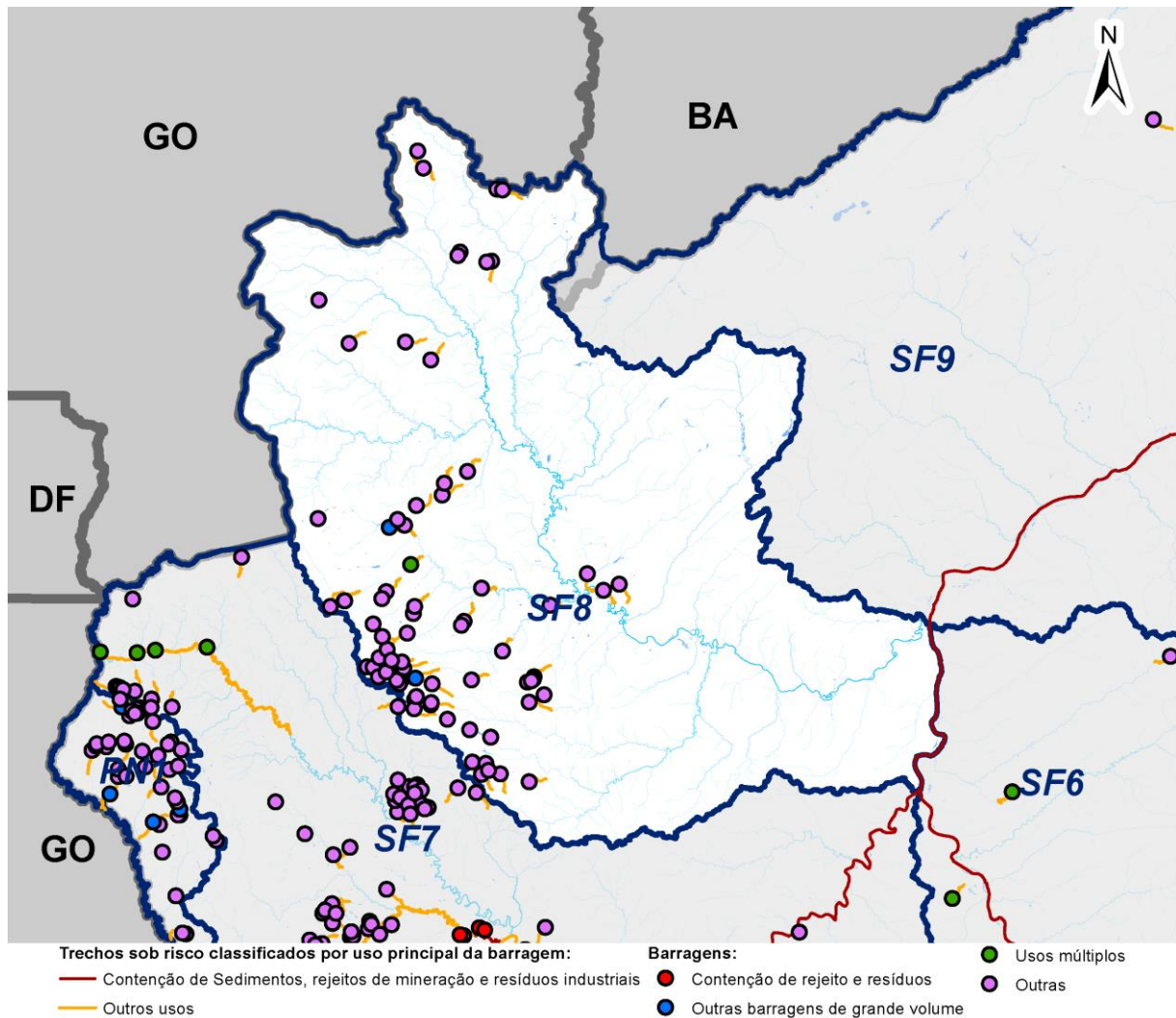
Figura 5.15 - Distribuição das barragens na CH SF7, classificadas em relação à segurança hídrica.



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.

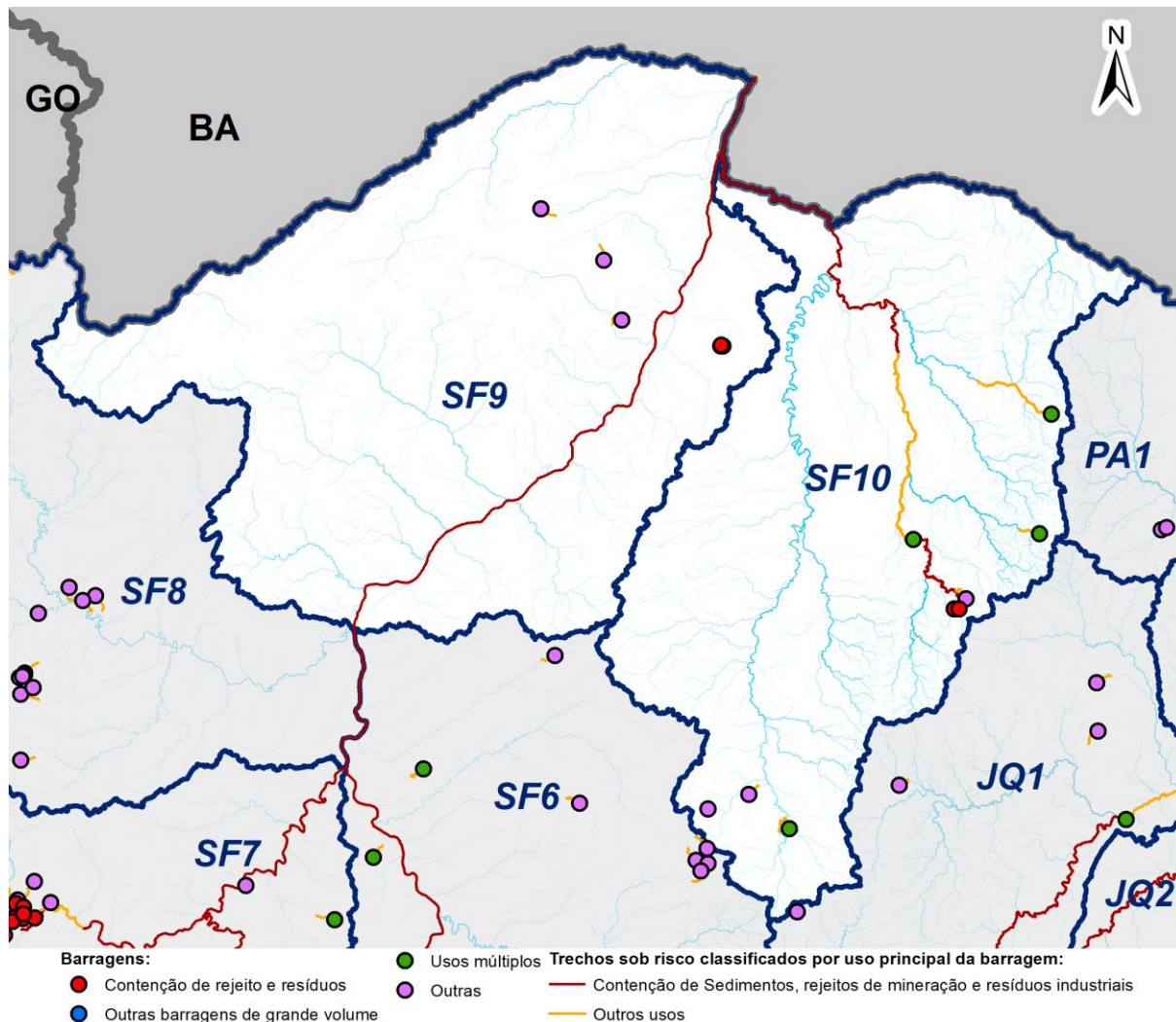
Figura 5.16 - Distribuição das barragens na CH SF8, classificadas em relação à segurança hídrica.



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 5.17 - Distribuição das barragens nas CHs SF9 e SF10, classificadas em relação à segurança hídrica.



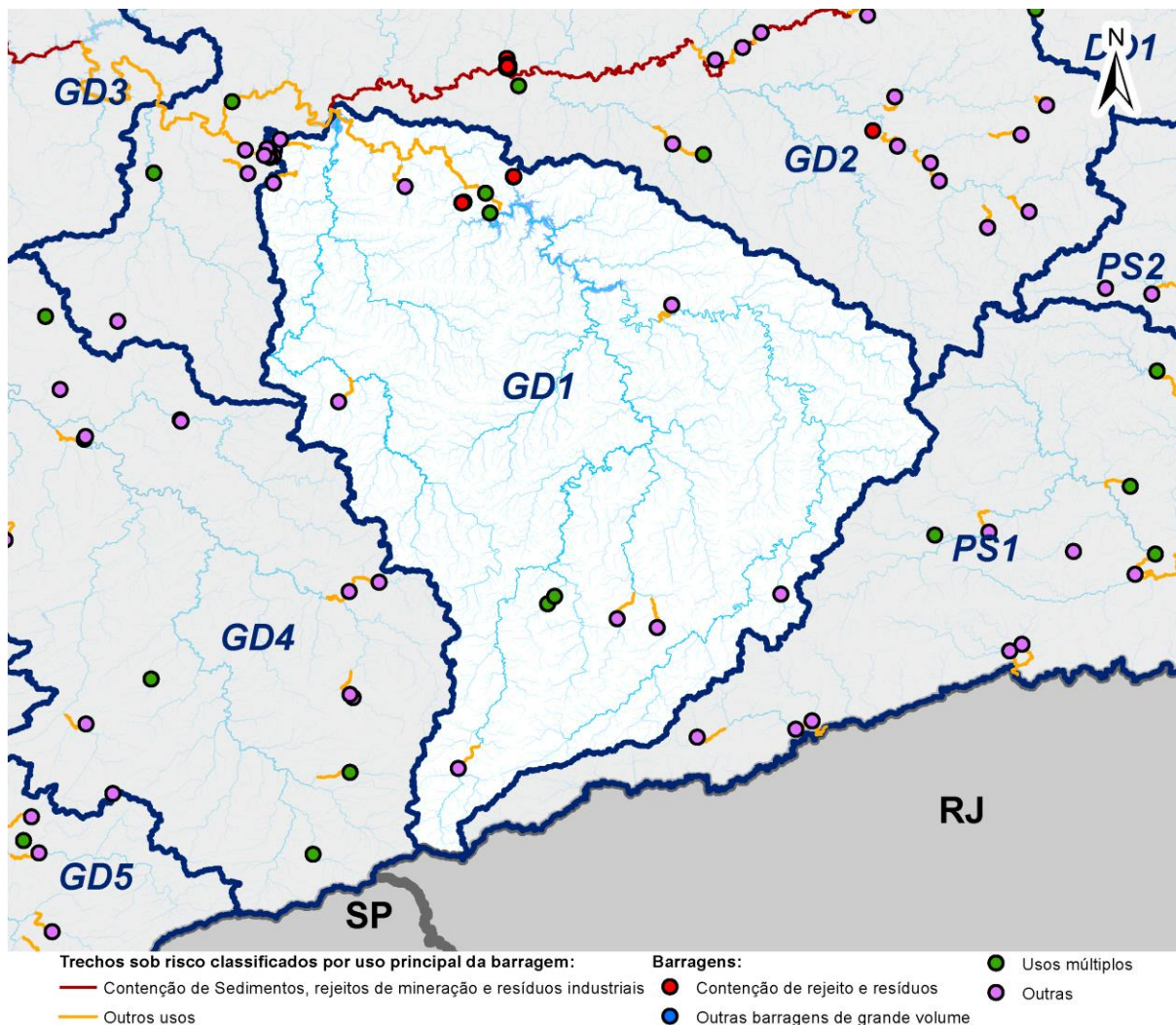
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

5.3.3 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.

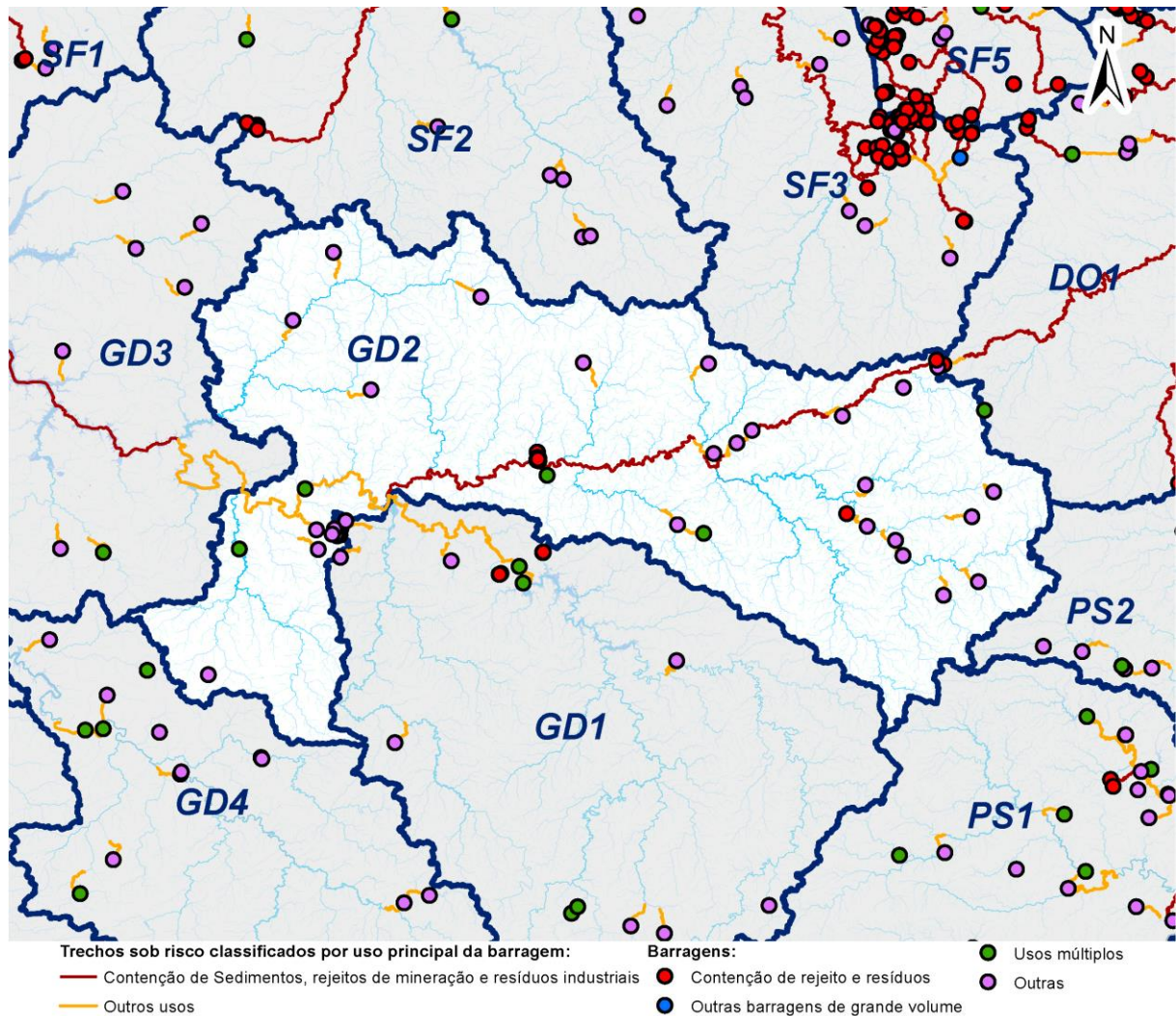
Figura 5.18 - Distribuição das barragens na CH GD1, classificadas em relação à segurança hídrica.



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 5.19 - Distribuição das barragens na CH GD2, classificadas em relação à segurança hídrica.

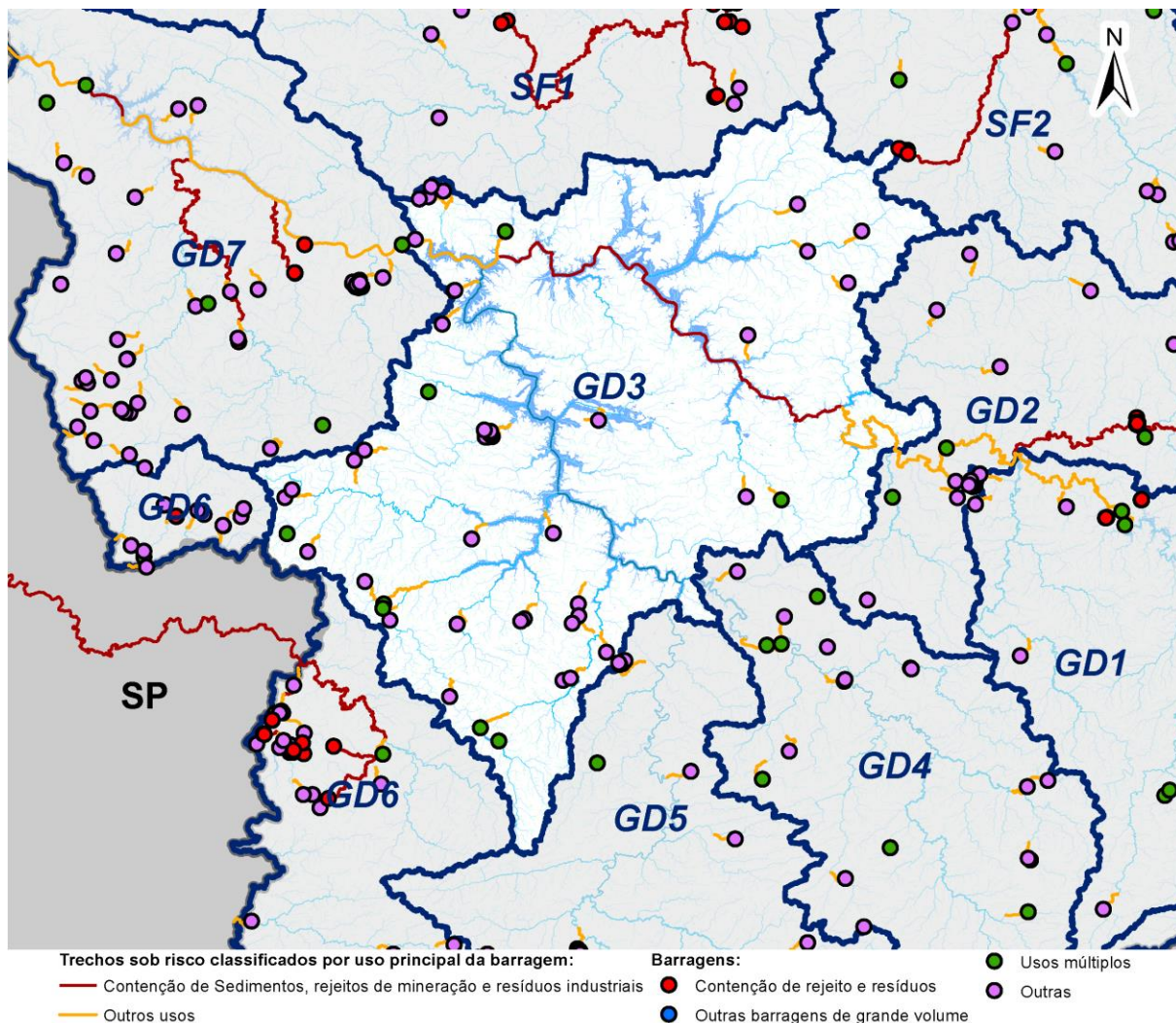


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.20 - Distribuição das barragens na CH GD3, classificadas em relação à segurança hídrica.

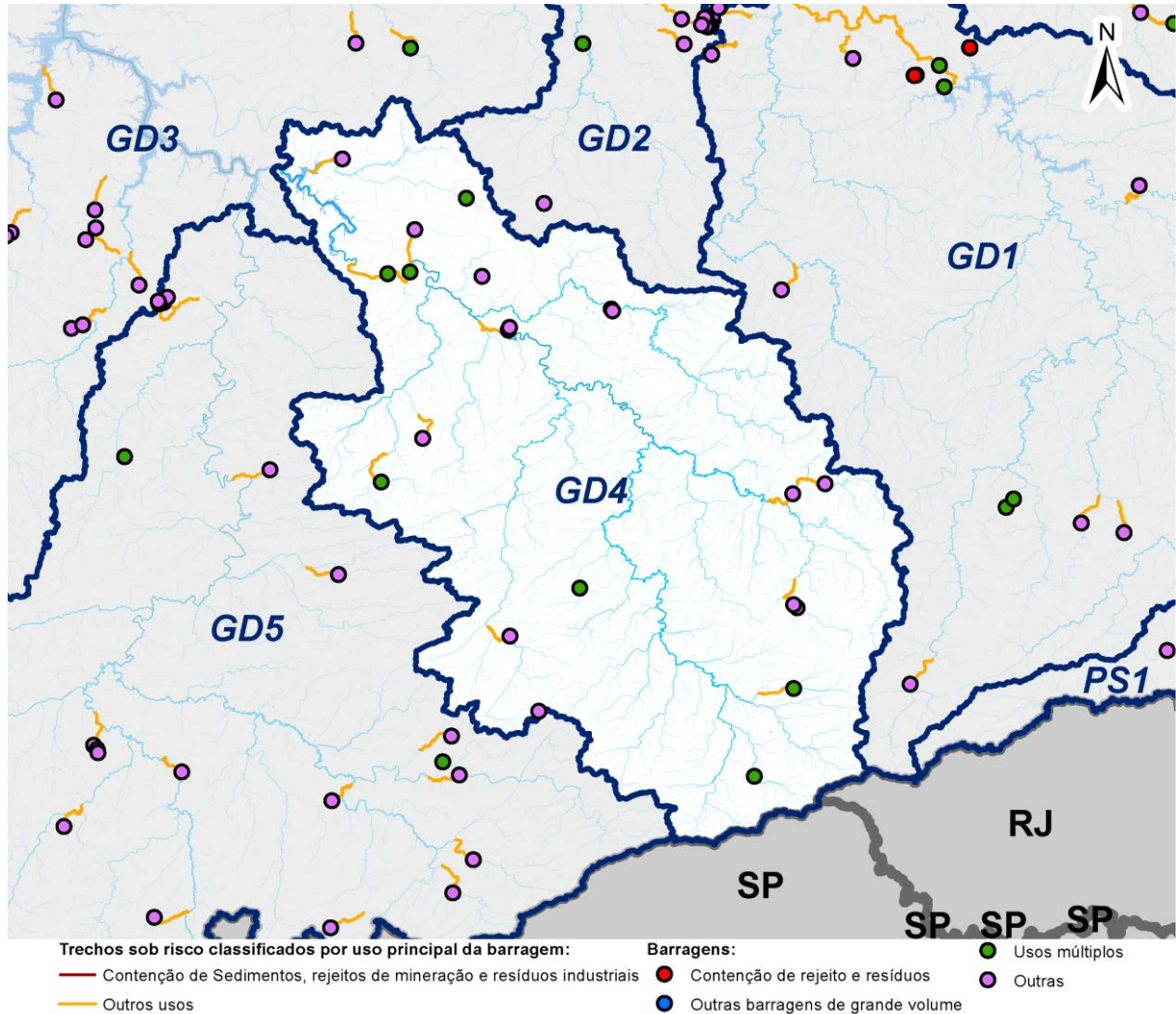


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.21 - Distribuição das barragens na CH GD4, classificadas em relação à segurança hídrica.

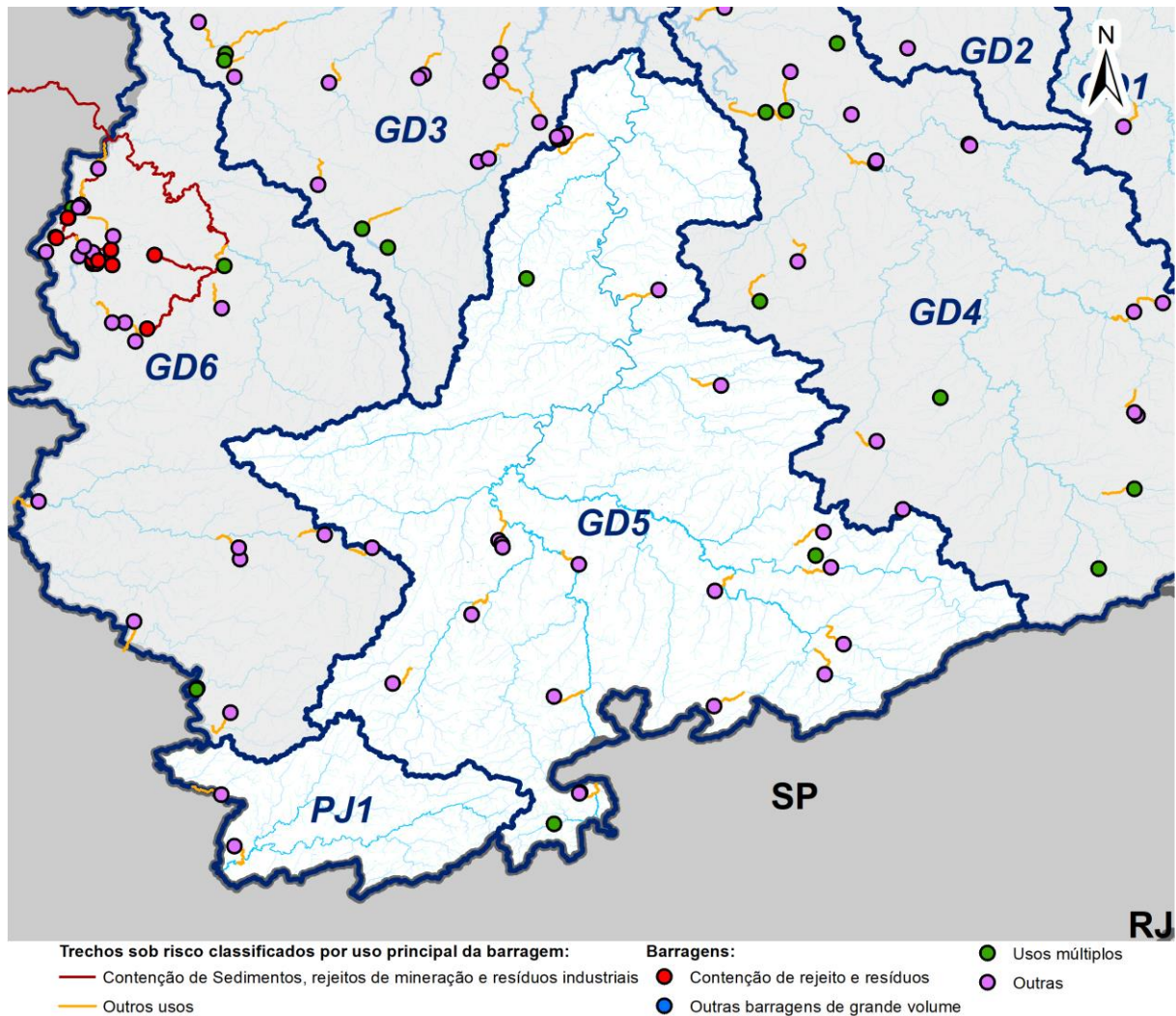


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.22 - Distribuição das barragens nas CHs GD5 e PJ1, classificadas em relação à segurança hídrica.

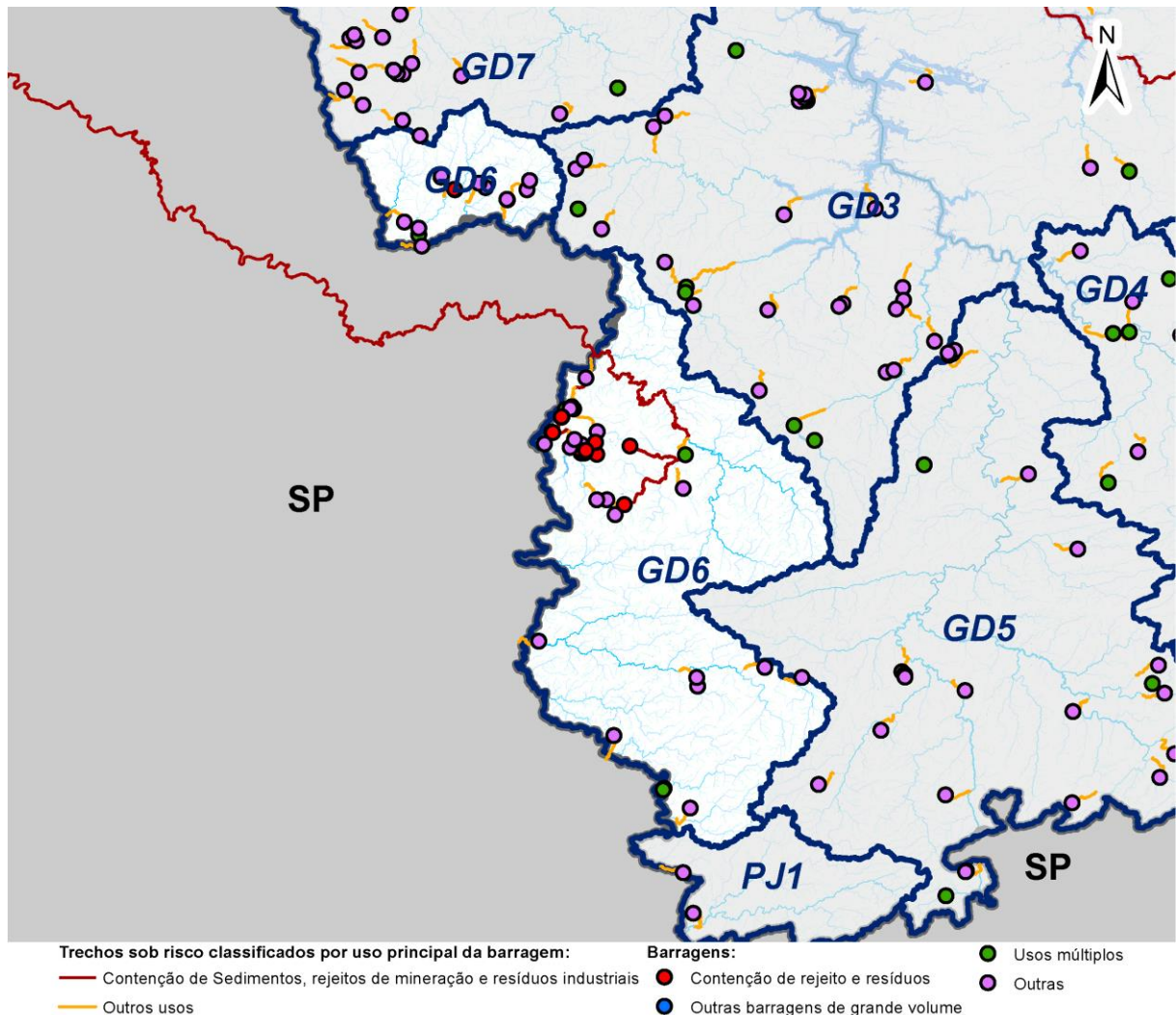


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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.

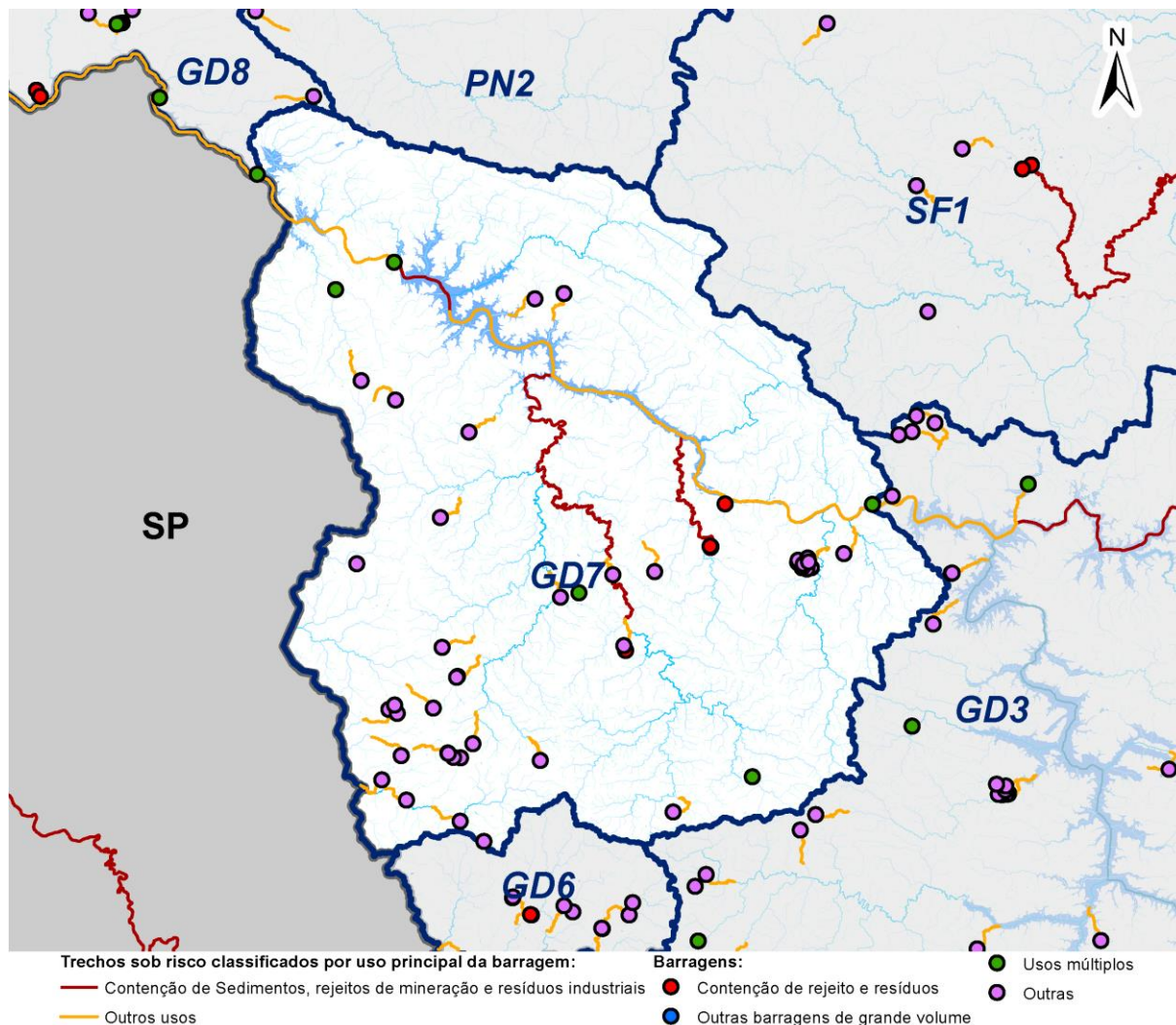
Figura 5.23 - Distribuição das barragens na CH GD6, classificadas em relação à segurança hídrica.



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 5.24 - Distribuição das barragens na CH GD7, classificadas em relação à segurança hídrica.

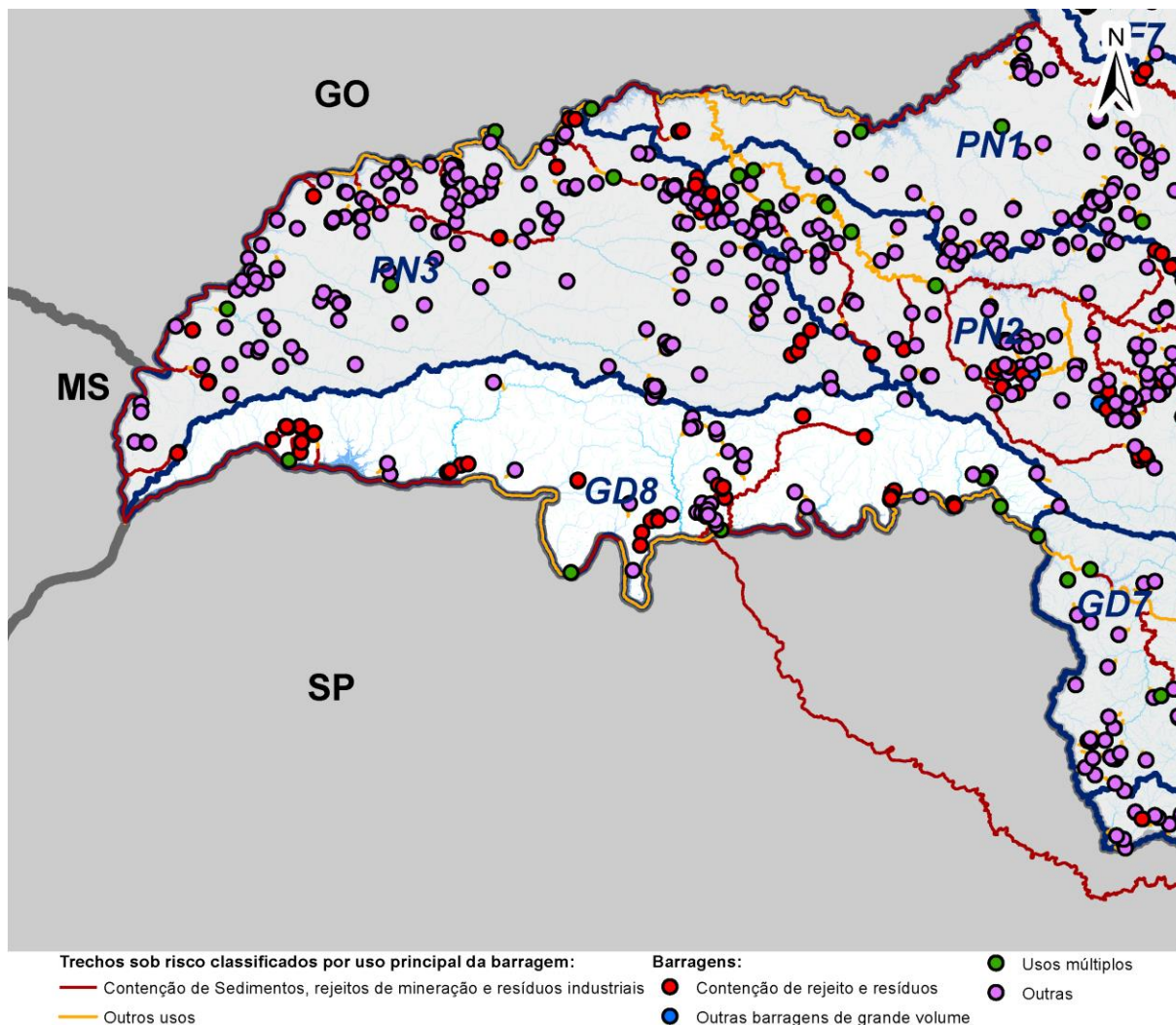


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.25 - 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).

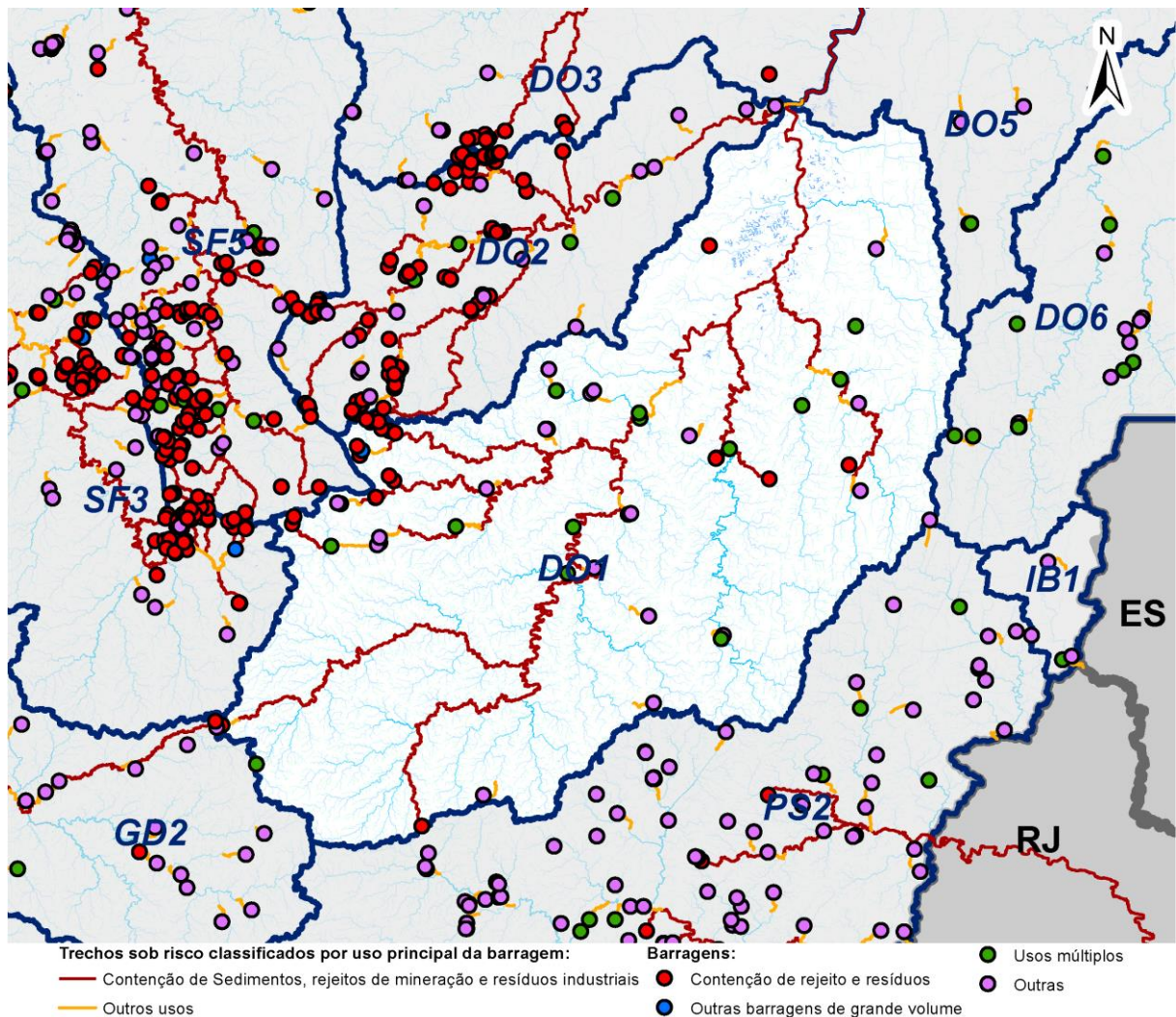
5.3.4 UEG4 - Afluentes do Rio Doce

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 5.26. 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 5.26 - Distribuição das barragens na CH DO1, classificadas em relação à segurança hídrica.



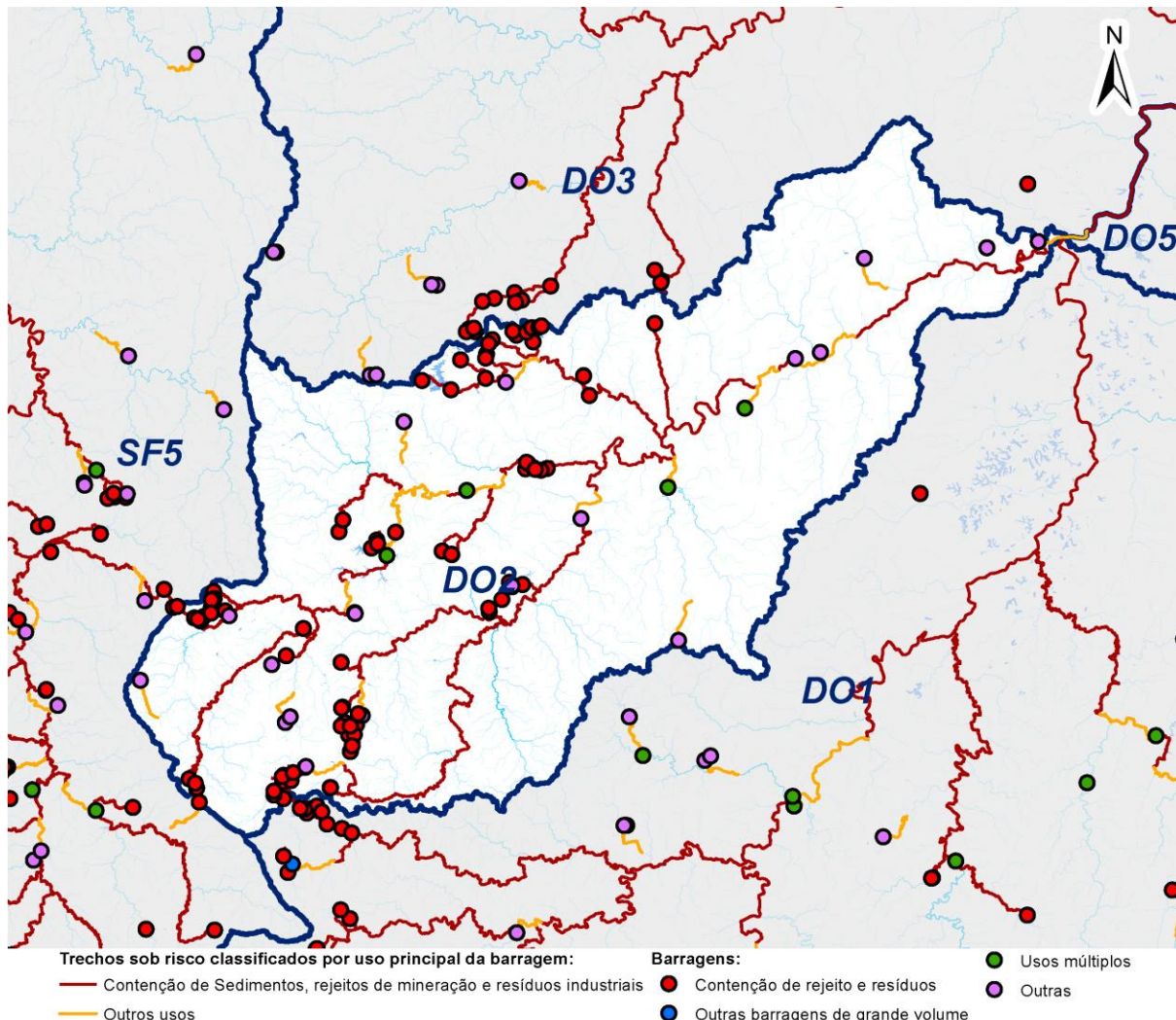
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.27 - Distribuição das barragens na CH DO2, classificadas em relação à segurança hídrica.

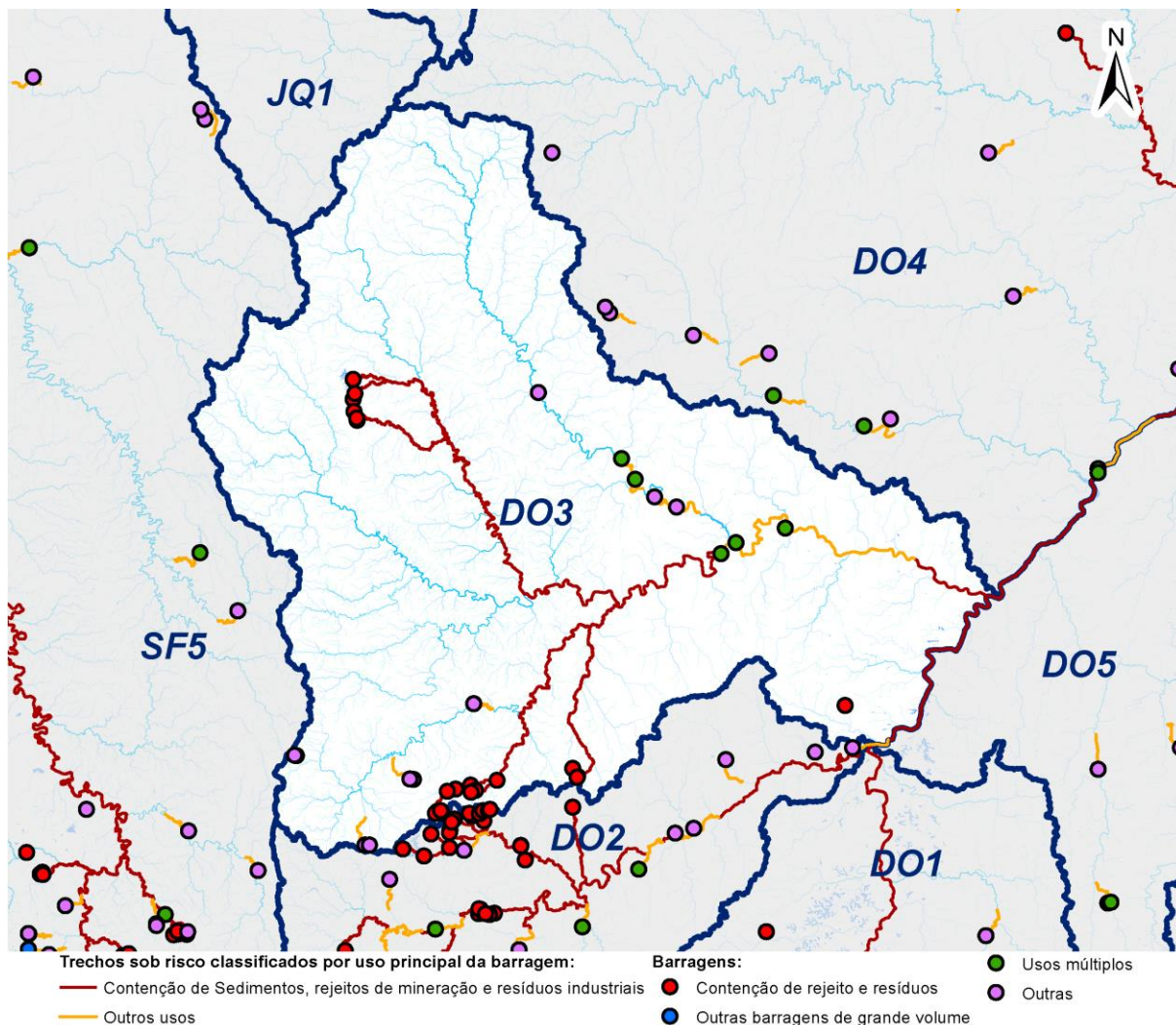


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.28 - Distribuição das barragens na CH DO3, classificadas em relação à segurança hídrica.

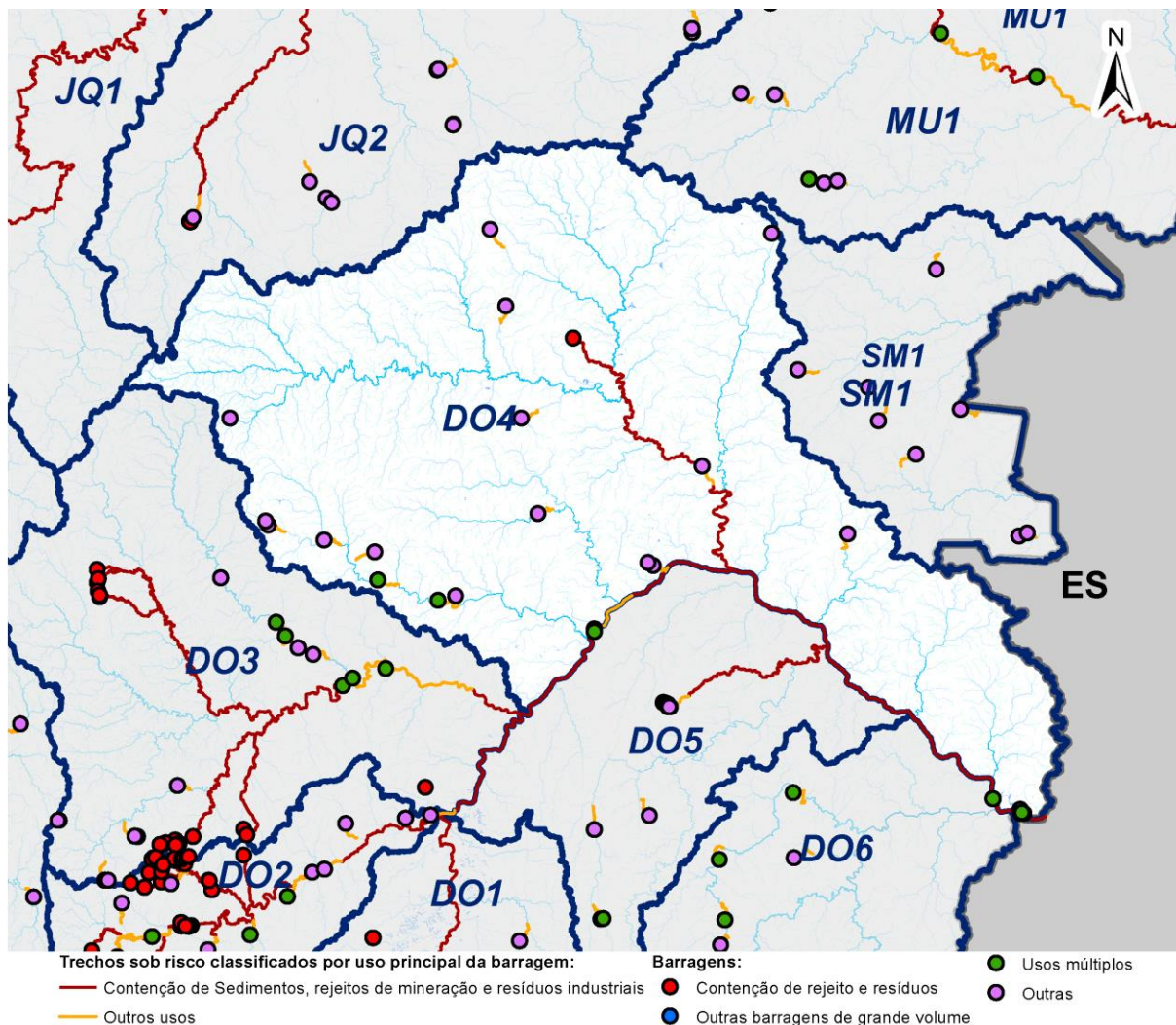


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 contaminadas 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 5.29 - Distribuição das barragens na CH DO4, classificadas em relação à segurança hídrica.

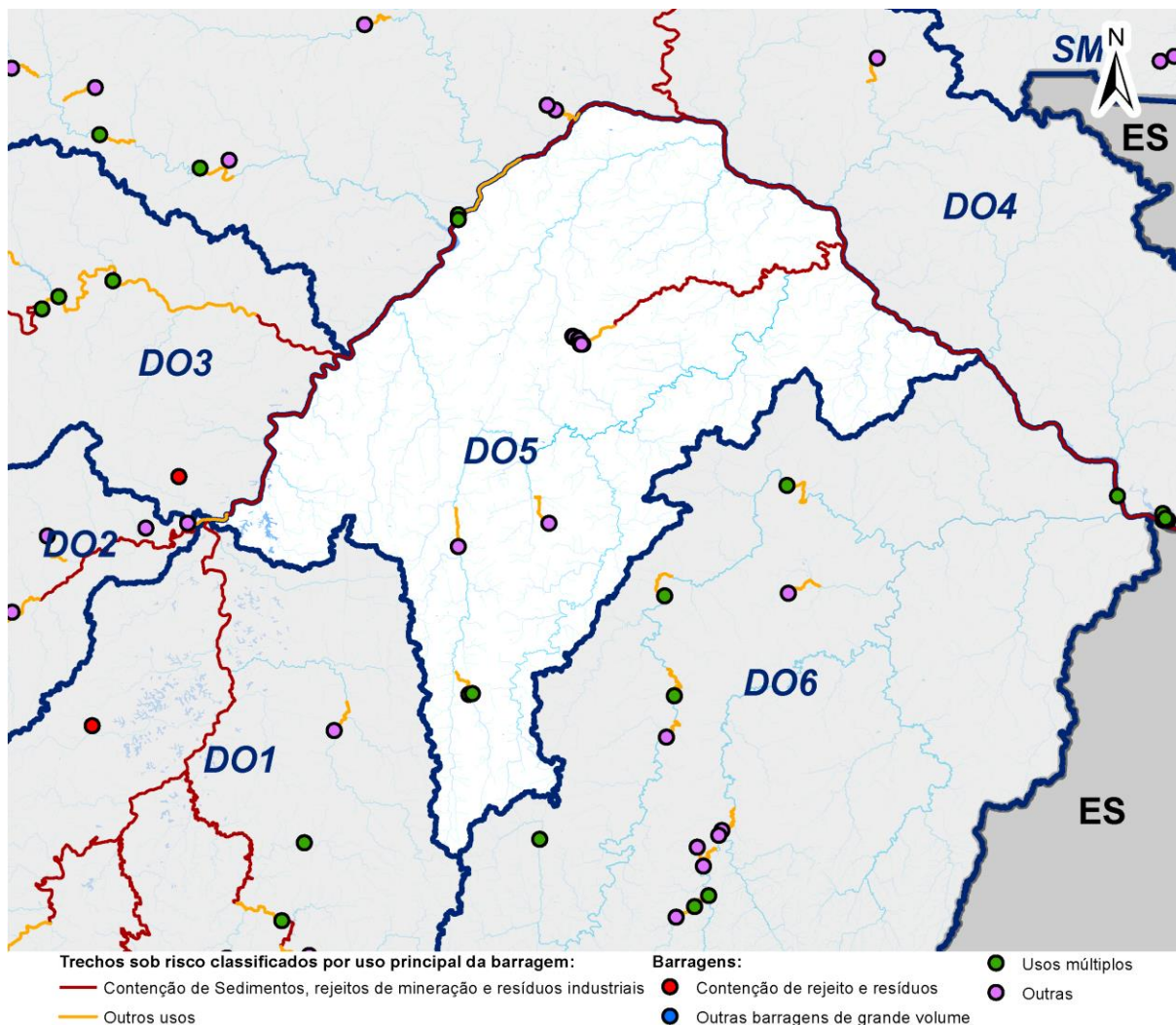


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.30, 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 5.30 - Distribuição das barragens na CH DO5, classificadas em relação à segurança hídrica.

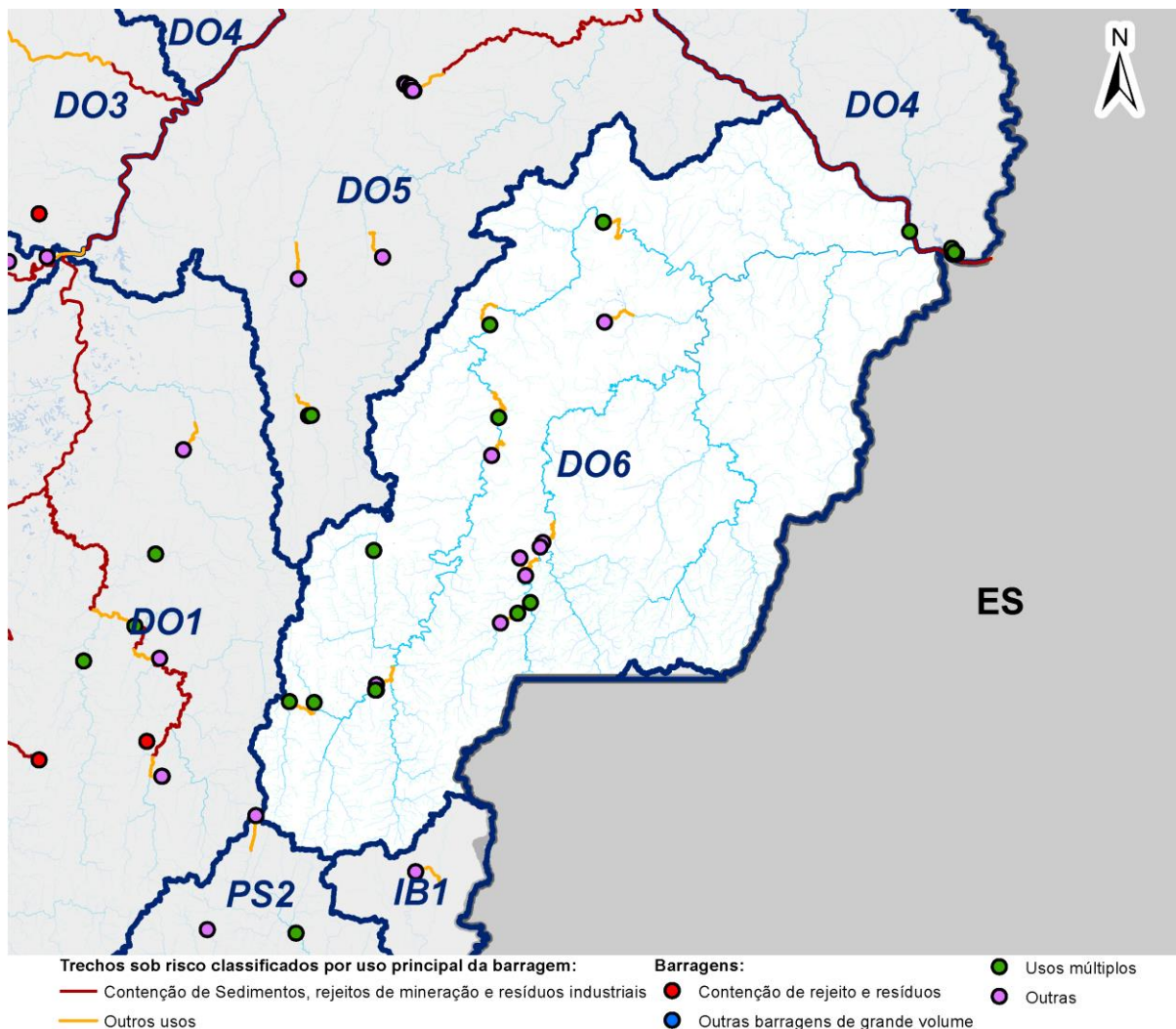


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.31 - 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).

5.3.5 UEG5 - Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo

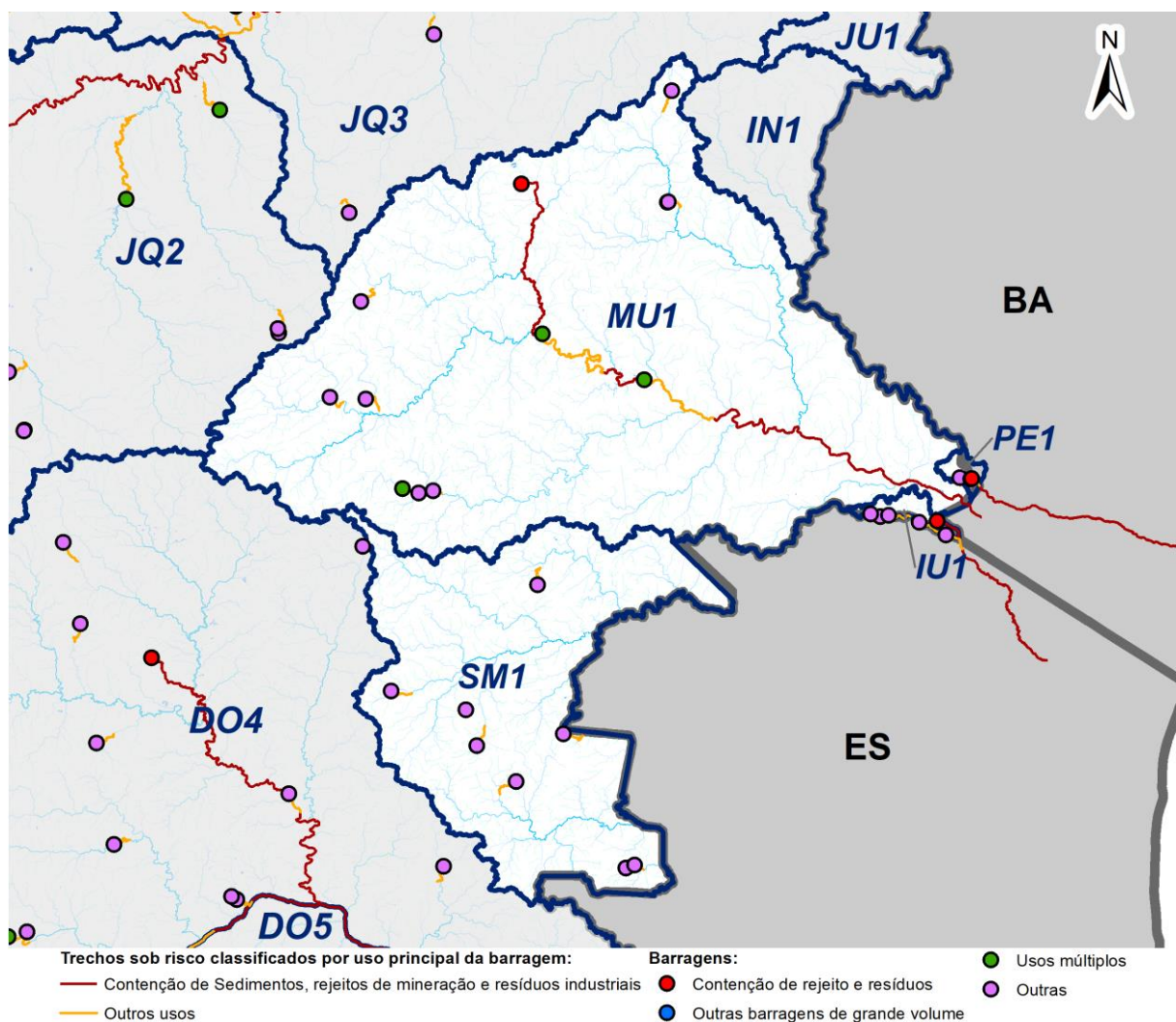
A UEG5 contempla algumas bacias distintas ou que possuem apenas uma pequena parte da sua área de contribuição no estado de Minas Gerais e tem poucas barragens no geral. Considerando que algumas CHs da UEG5 apresentam menos de 10 barragens em seus territórios, essas foram agrupadas para essa avaliação conforme descrito a seguir.

A CH MU1 é a que apresenta mais barragens entre as que estão colocadas na Figura 5.32, 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 5.32 - Distribuição das barragens nas CHs MU1, PE1, IU1 e SM1, classificadas em relação à segurança hídrica.



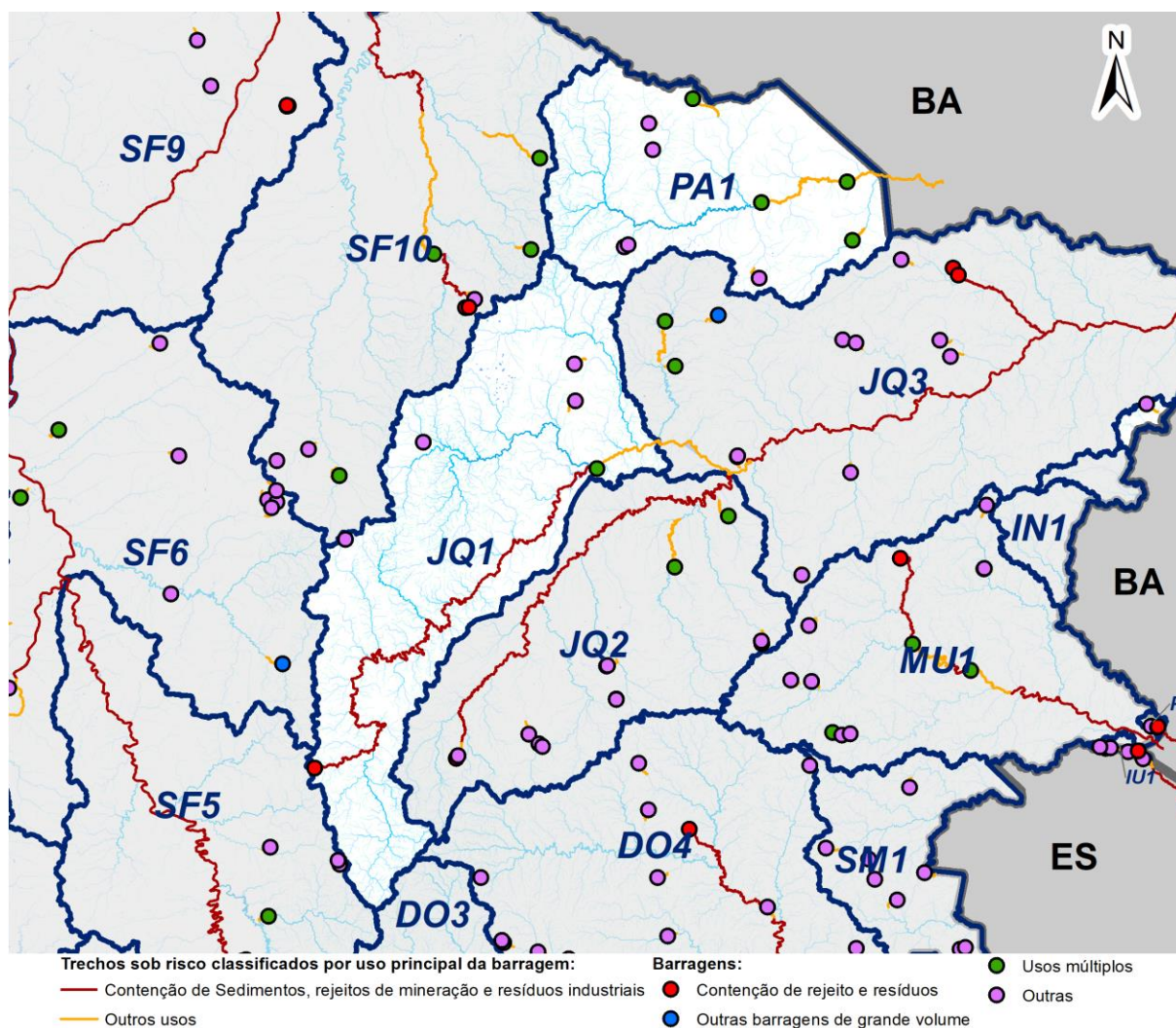
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.33 - Distribuição das barragens nas CHs JQ1 e PA1, classificadas em relação à segurança hídrica.

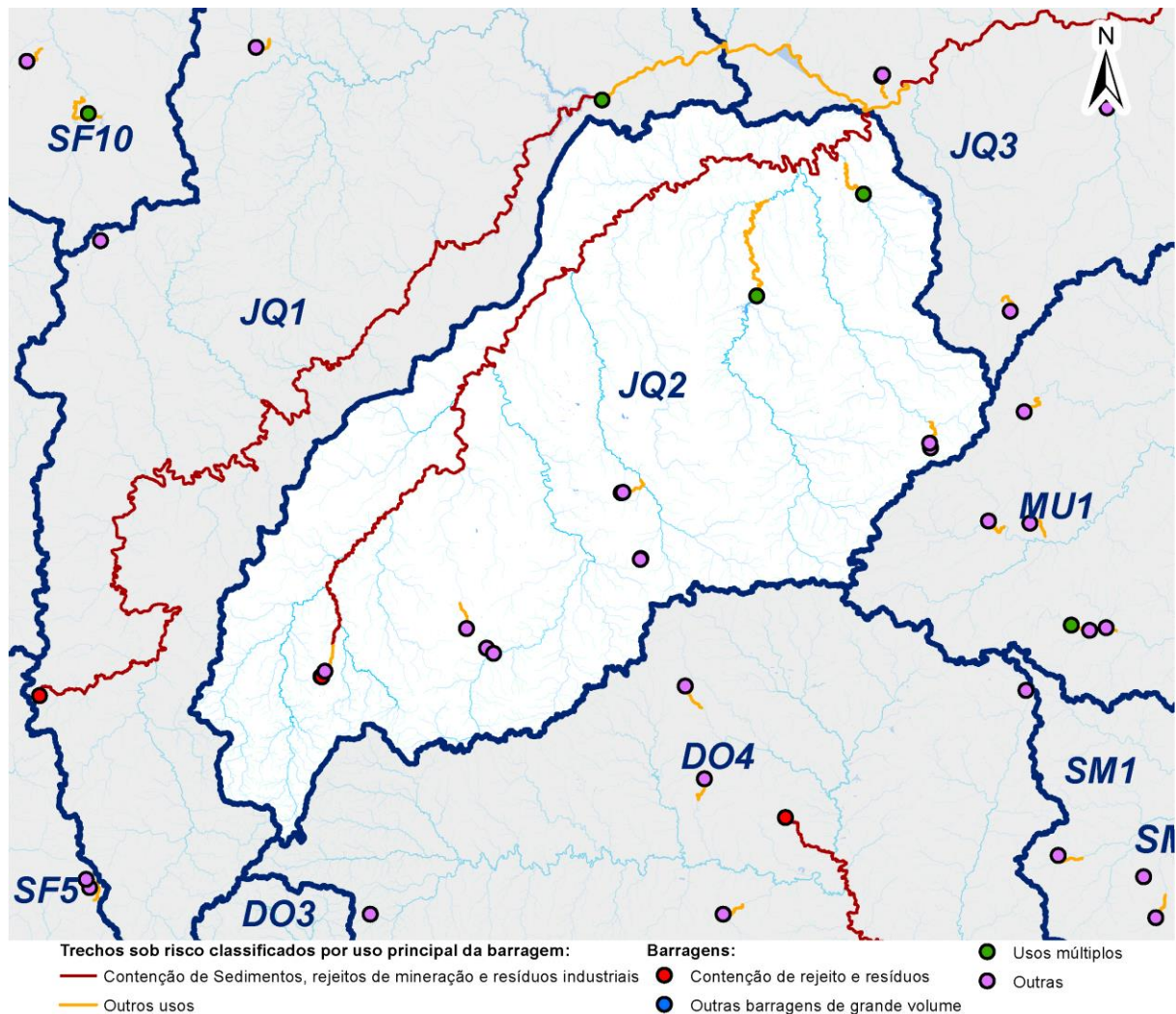


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.34, 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 5.34 - Distribuição das barragens na CH JQ2, classificadas em relação à segurança hídrica.

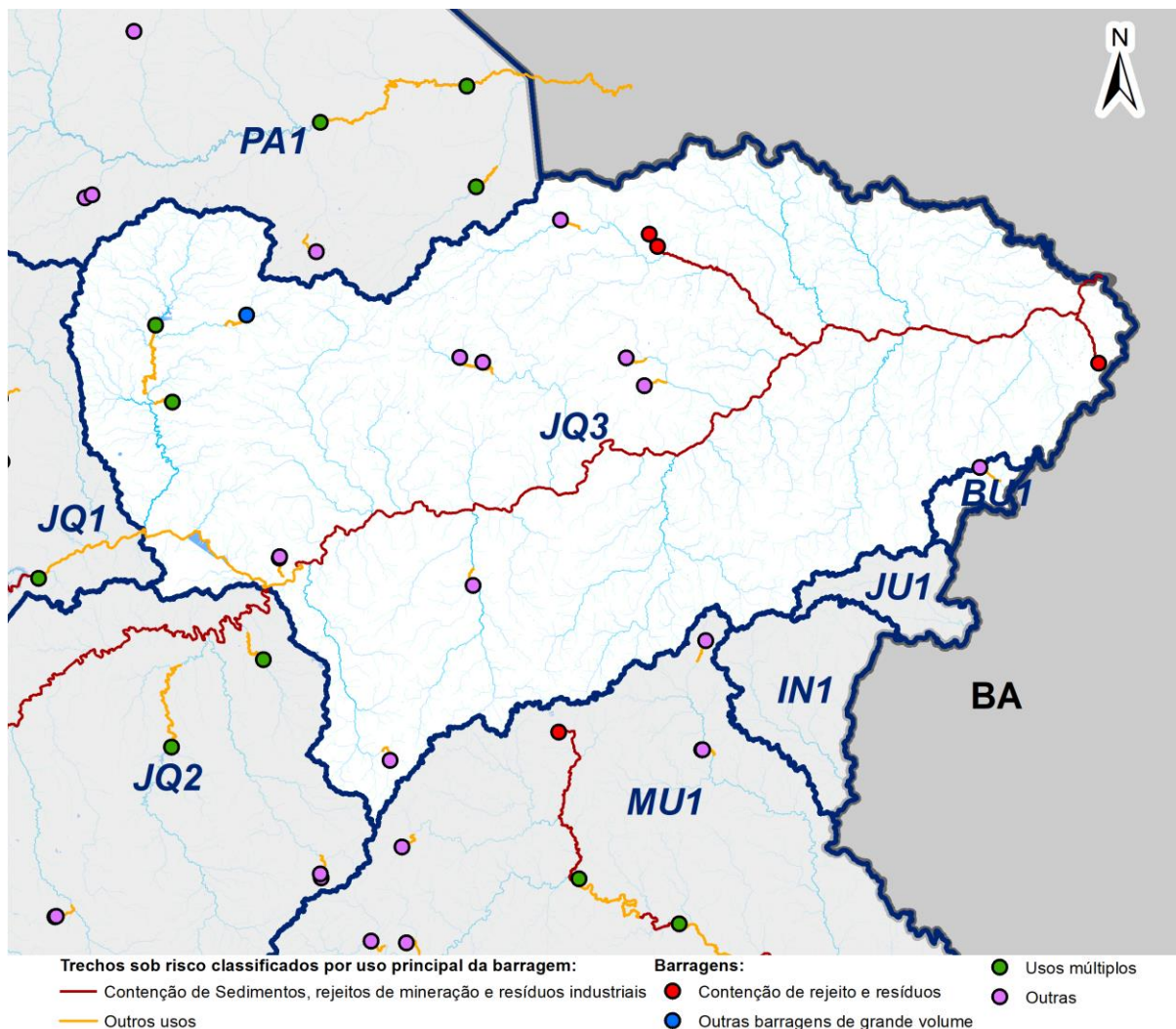


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.35 - 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).

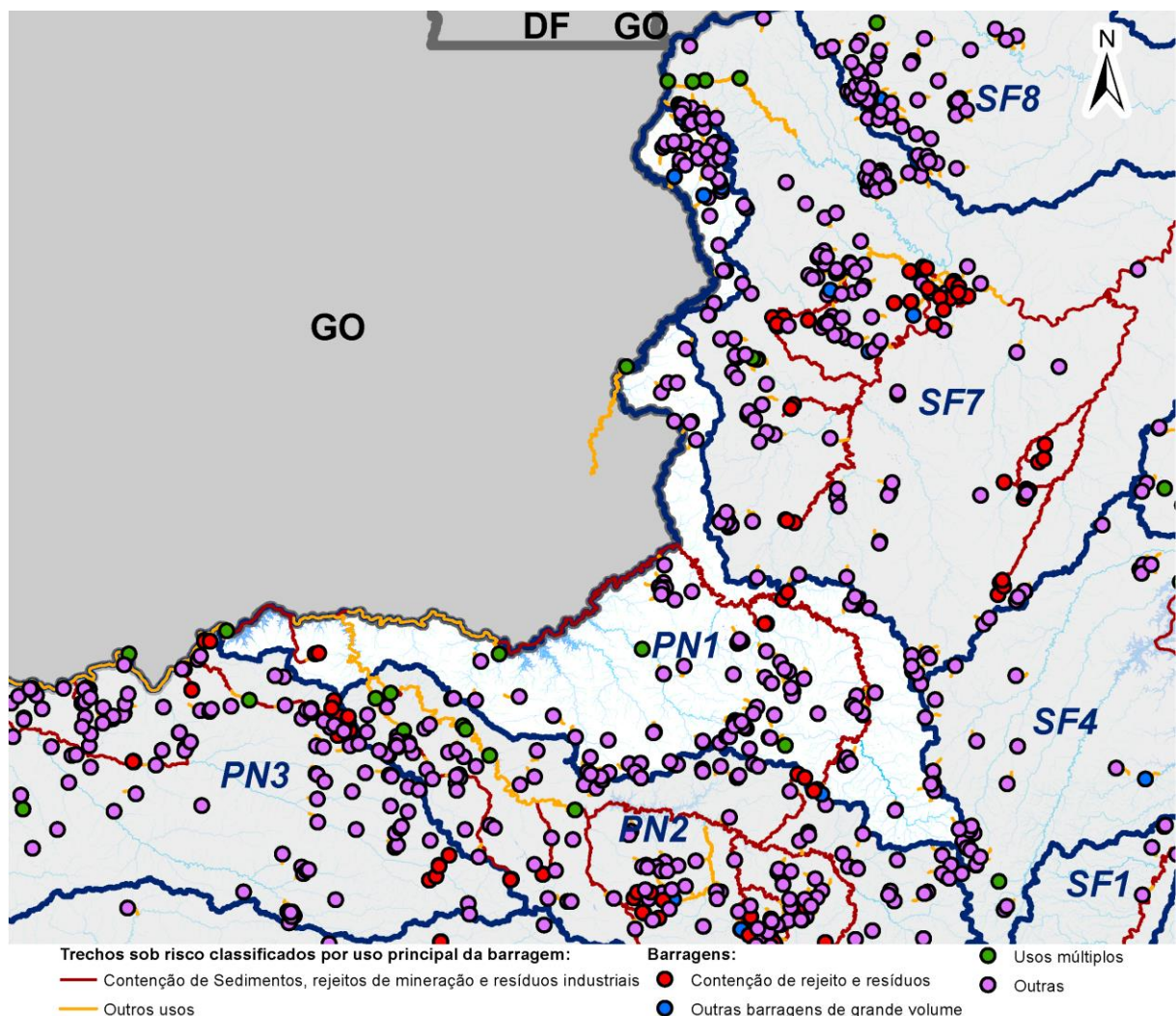
5.3.6 UEG6 - Afluentes do Rio Paranaíba

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 5.36, 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 5.36 - Distribuição das barragens na CH PN1, classificadas em relação à segurança hídrica.



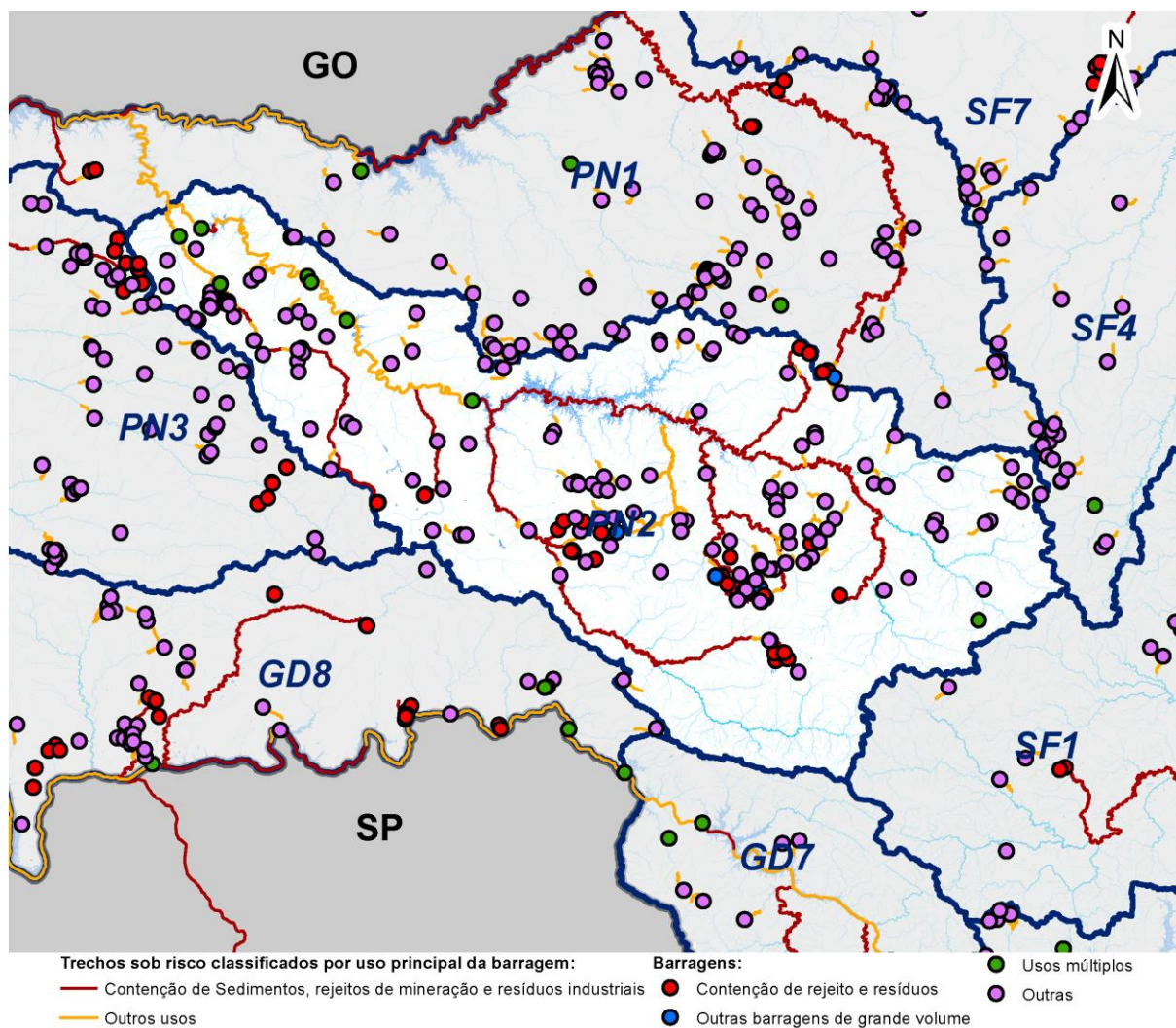
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.37 - Distribuição das barragens na CH PN2, classificadas em relação à segurança hídrica.

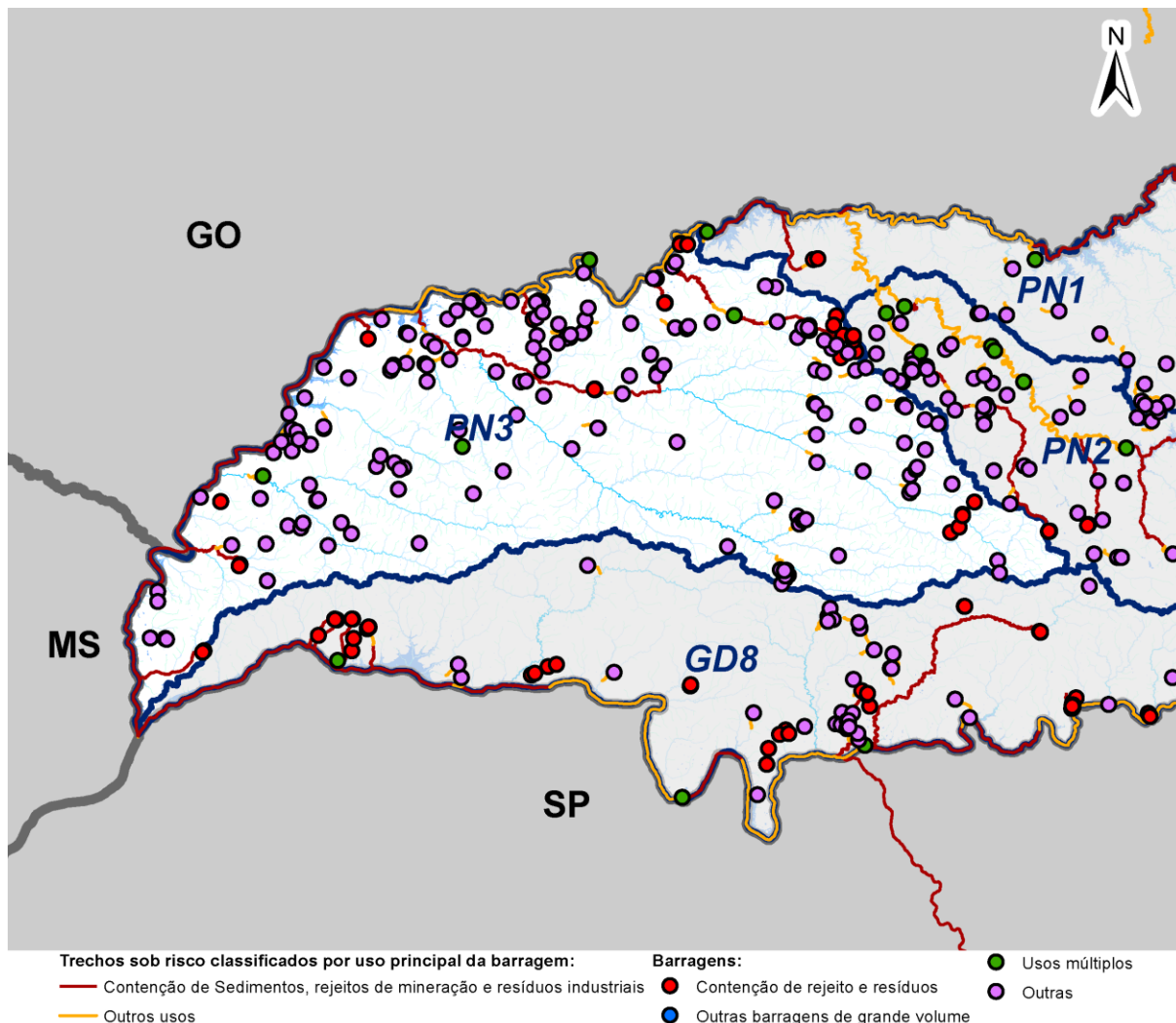


Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.38 - 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).

5.3.7 UEG7 - Afluentes do Rio Paraíba do Sul

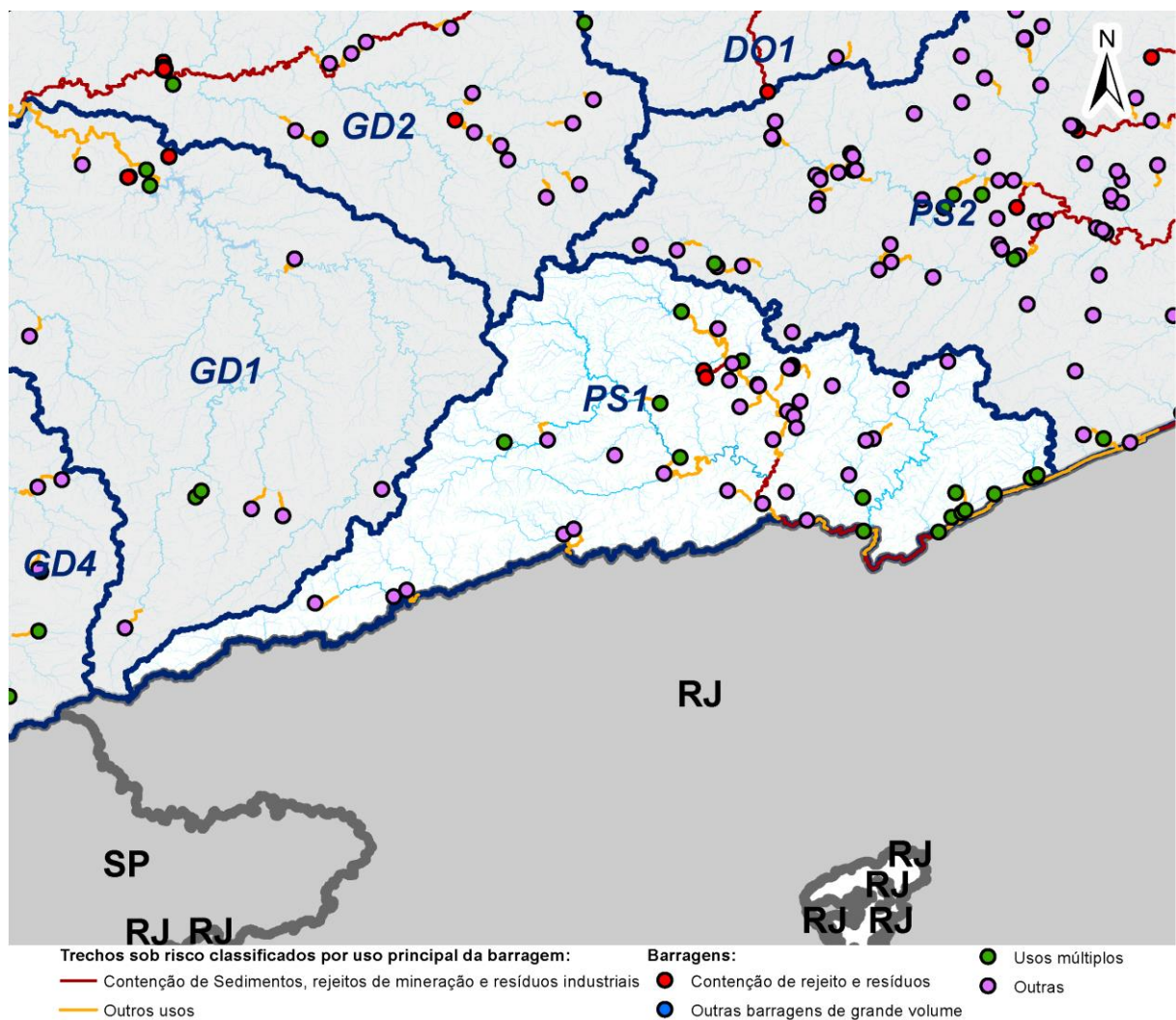
Na UEG7 são observados baixos números de barragens de contenção de rejeitos de mineração e resíduos industriais e diversos reservatórios de usos múltiplos, alguns com volumes significativos de água. Em comparação ao restante do estado, porém, não contempla reservatórios de porte tão grande quanto outras UEGs, que possuem hidrelétricas com capacidades na ordem de 1.000 hm³.

A PS1 é formada pelos afluentes mineiros dos Rios Preto e Paraíbuna, 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 Paraíbuna, 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 5.39 - Distribuição das barragens na CH PS1, classificadas em relação à segurança hídrica.



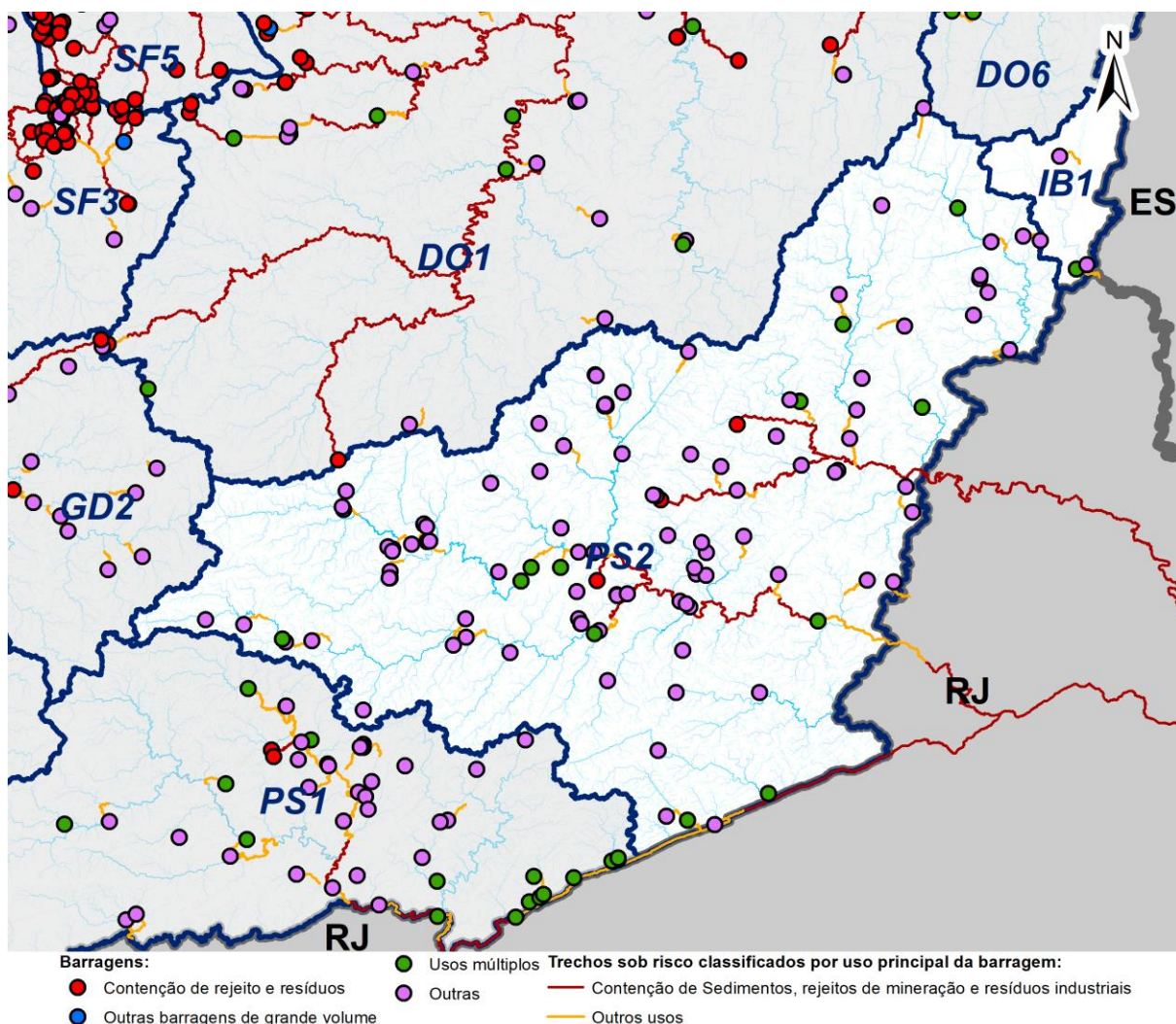
Fonte: adaptado de SNISB (BRASIL, 2022a), ANM (BRASIL, 2023d), ANEEL (BRASIL, 2023e), IDE Sisema (2023) e IGAM (2023).

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 5.40. 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 5.40 - 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).

5.4 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 5-7 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 5-7 – 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

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)
	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
UEG 5	JQ1	1,02	-	488,57	21,64	511,22
	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 5-8. 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 5-8 – 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.

6 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.



7 REFERÊNCIAS

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/v4dHnVQMqG8V4nMwcbXbD3JD/?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. **Vulnerabilidade a Inundações do Brasil**. 2017. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/maps/4b7b20091fb940d492a1ebc85dfa88bb_0/about. 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. **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. **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. **Portal HidroWeb**. Séries históricas. 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 11 abr. 2023.

BERIGO, J. S.; THEBALDI, M. S. **Análise da tendência temporal da precipitação do município de Formiga – MG**. 2017.

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. 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. 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. 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/sumario_revisto_final.pdf. Acesso em: 08 fev. 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. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Águas - Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano.** 2021.

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. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** 2022c.

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. 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. 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 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 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.

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/T8a10n47WuWW9IIFuxojZRFpfgjarTQ4.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. Planilha 1 - CADASTRO DE BARRAGENS - BASE DE DADOS (1). Recebida por correio eletrônico em: 11 jan. 2023.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão de Águas. Cadastro Piscinão (respostas). Recebida por correio eletrônico em: 09 mar. 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.

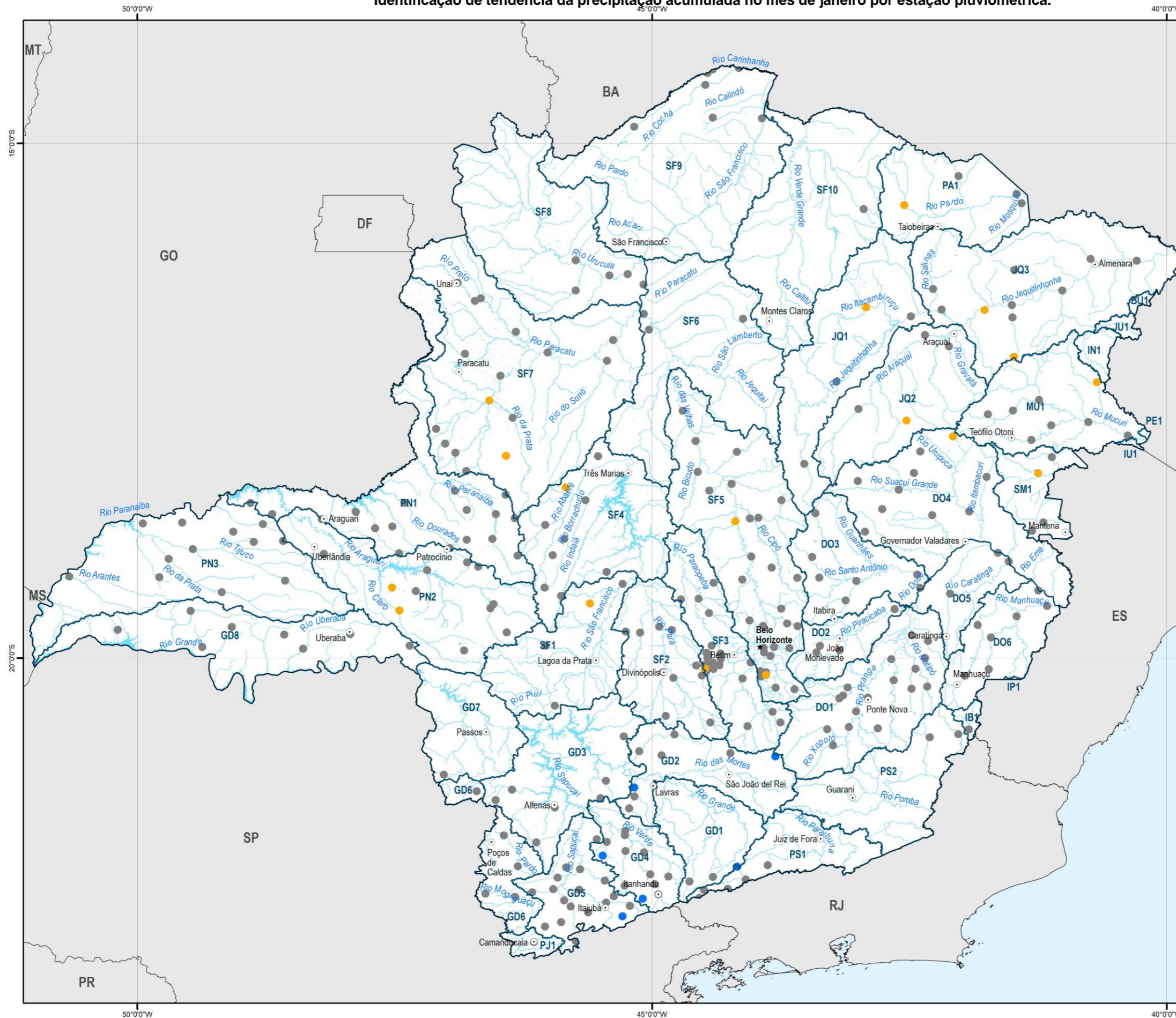
APÊNDICES



APÊNDICE I – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de janeiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



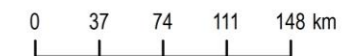
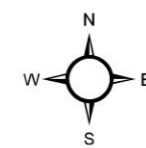
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Janeiro*
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de fevereiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

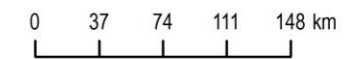
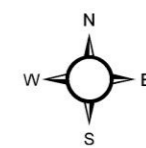
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

Fevereiro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de março por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



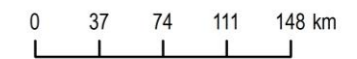
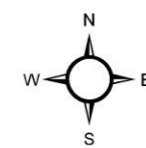
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Março
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de abril por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



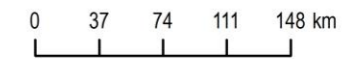
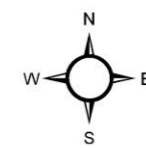
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Abril**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de maio por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



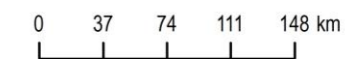
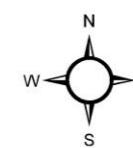
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Maio**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de junho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



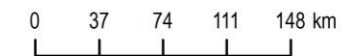
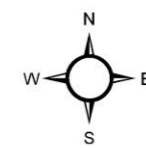
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Junho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de julho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



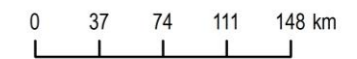
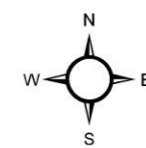
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Julho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de agosto por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



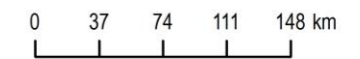
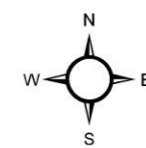
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

- Agosto
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

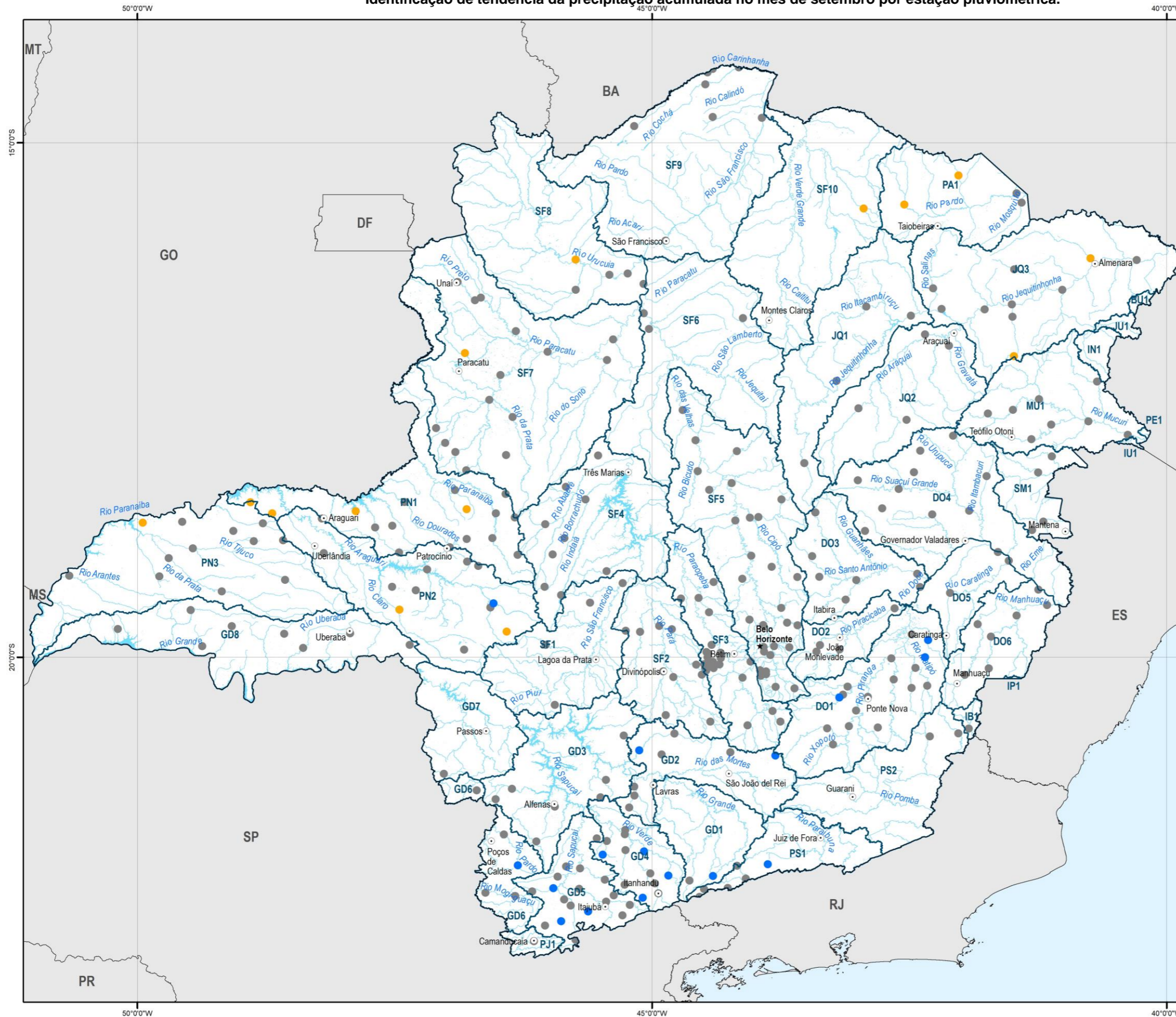
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de setembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

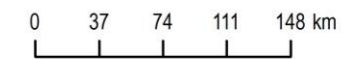
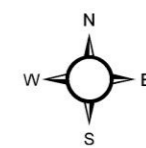
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

Setembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

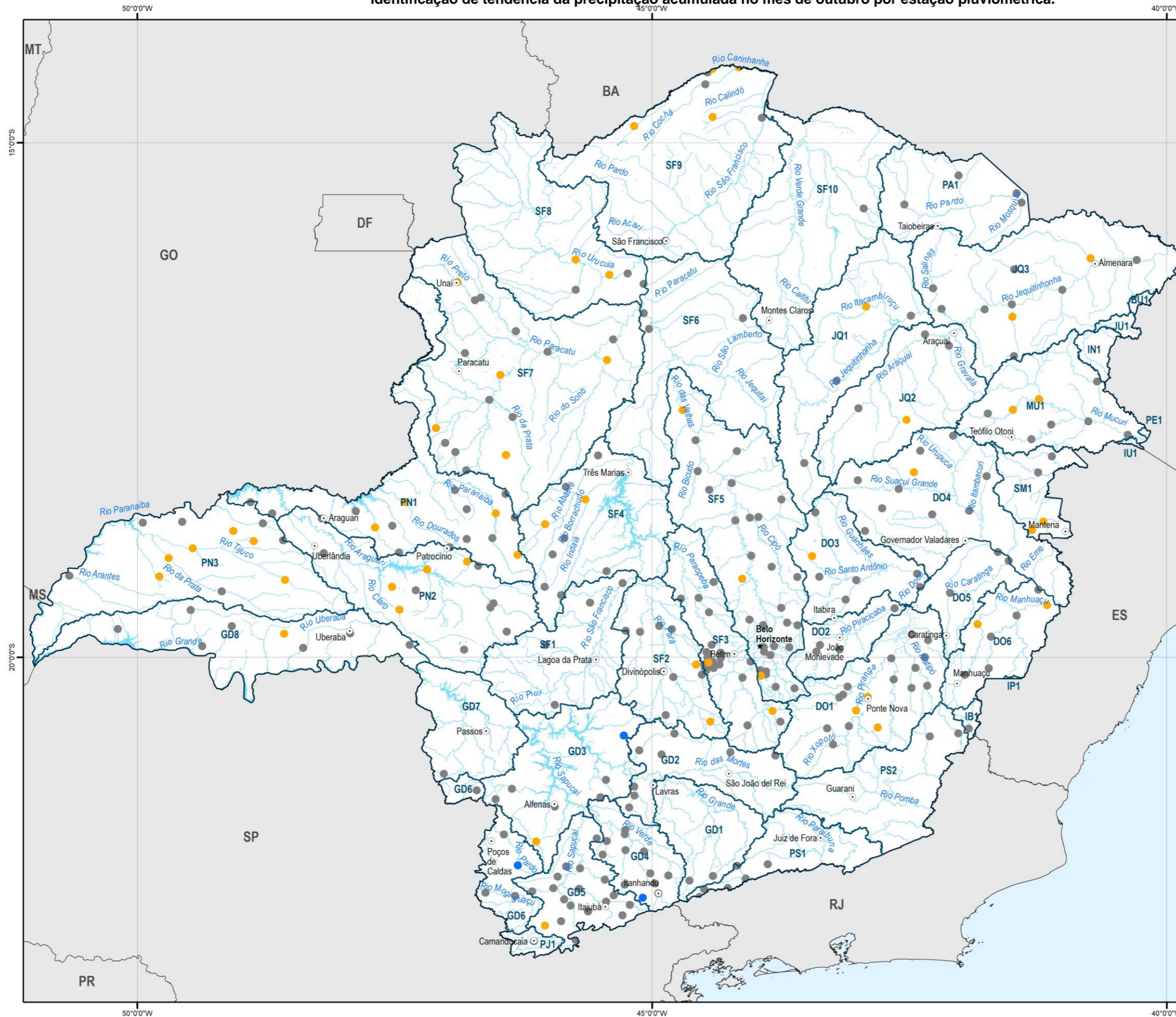
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de outubro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

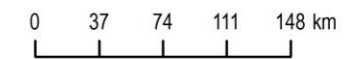
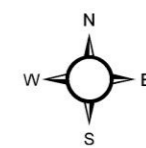
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

Outubro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de novembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

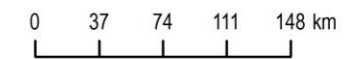
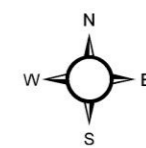
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

Novembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação acumulada no mês de dezembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

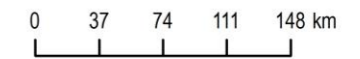
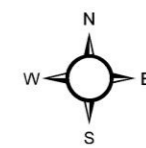
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação acumulada

Dezembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



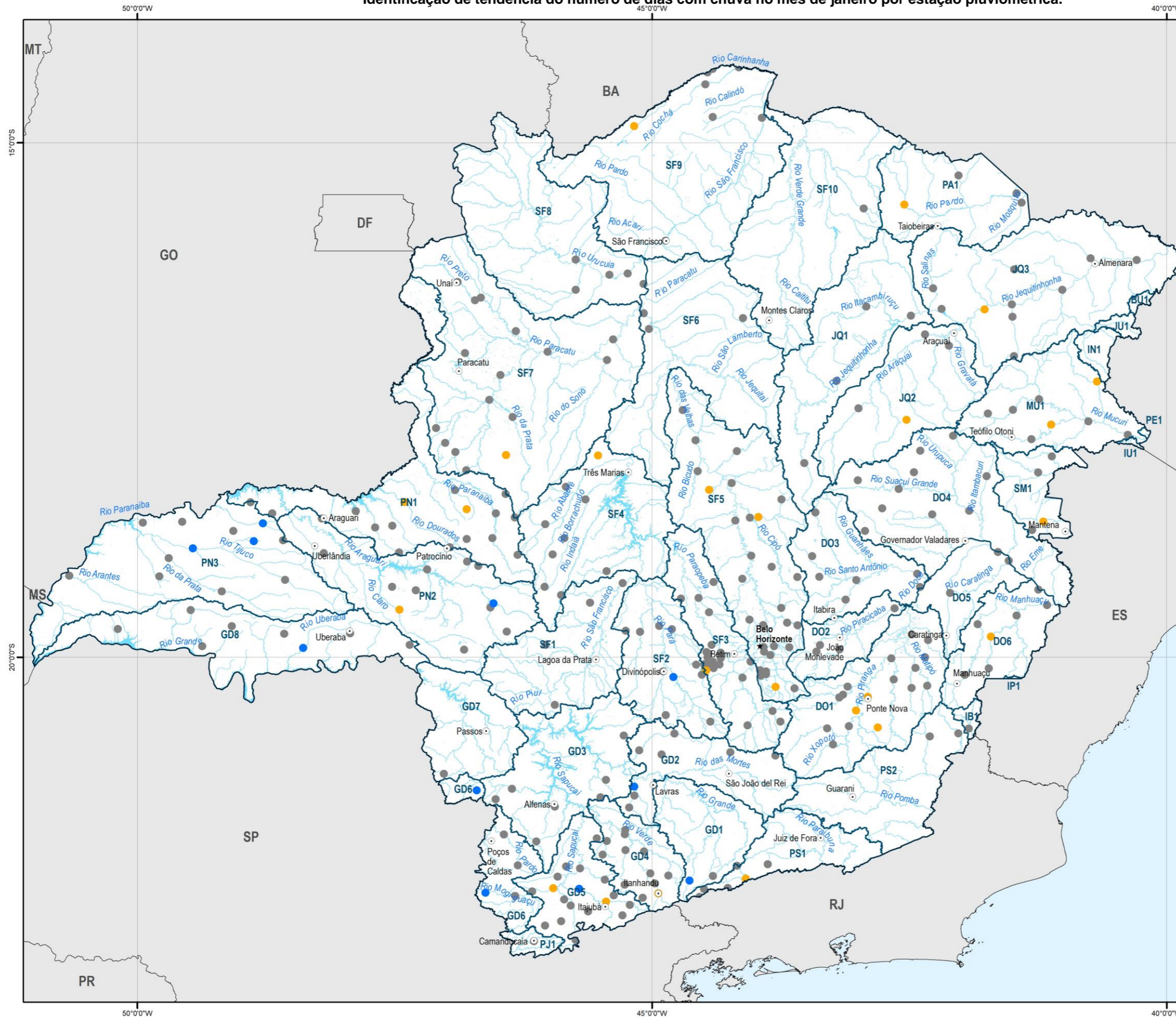
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



APÊNDICE II – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DO NÚMERO DE DIAS COM CHUVA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de janeiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

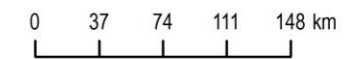
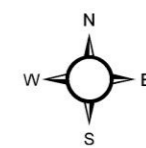
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Janeiro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de fevereiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

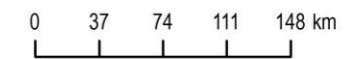
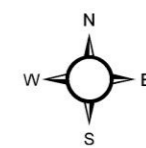
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Fevereiro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de março por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



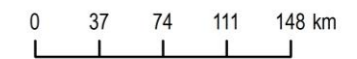
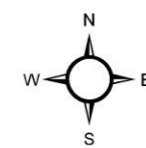
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Março
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

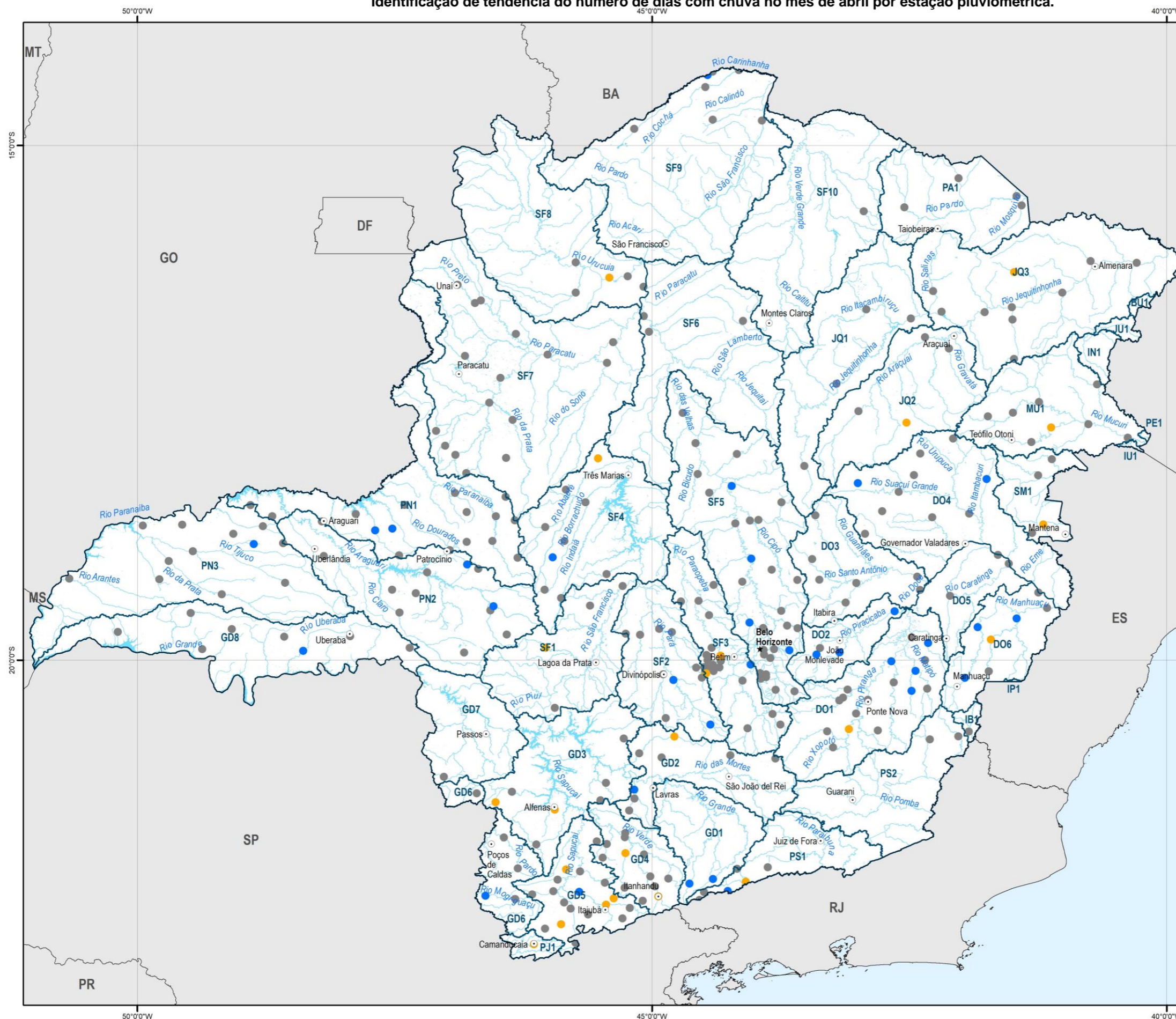
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de abril por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



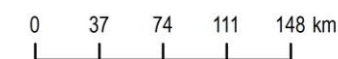
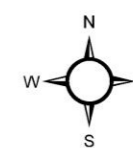
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Abril**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

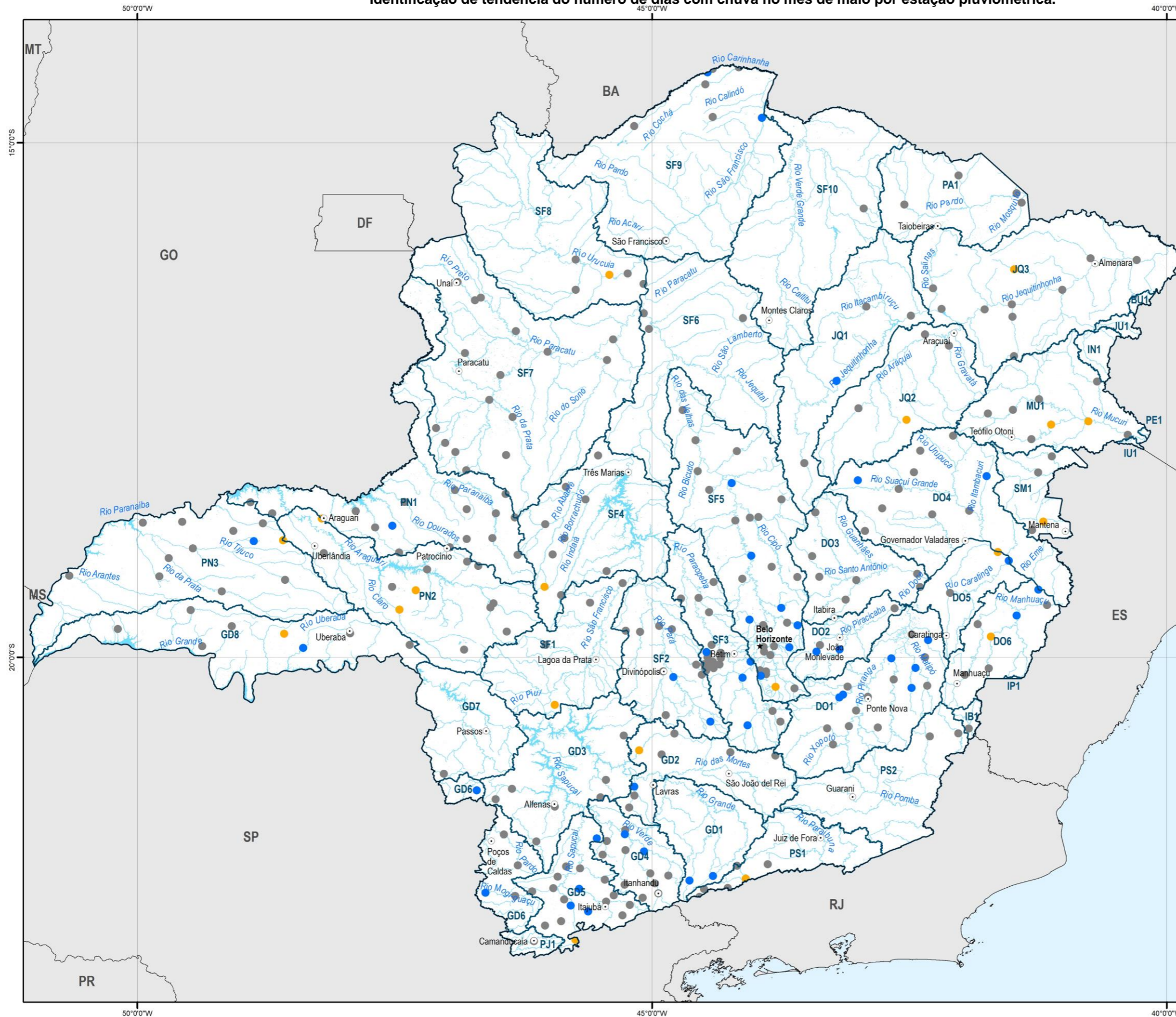
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de maio por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



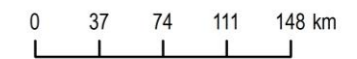
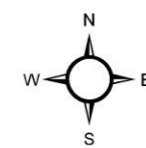
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Maio**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

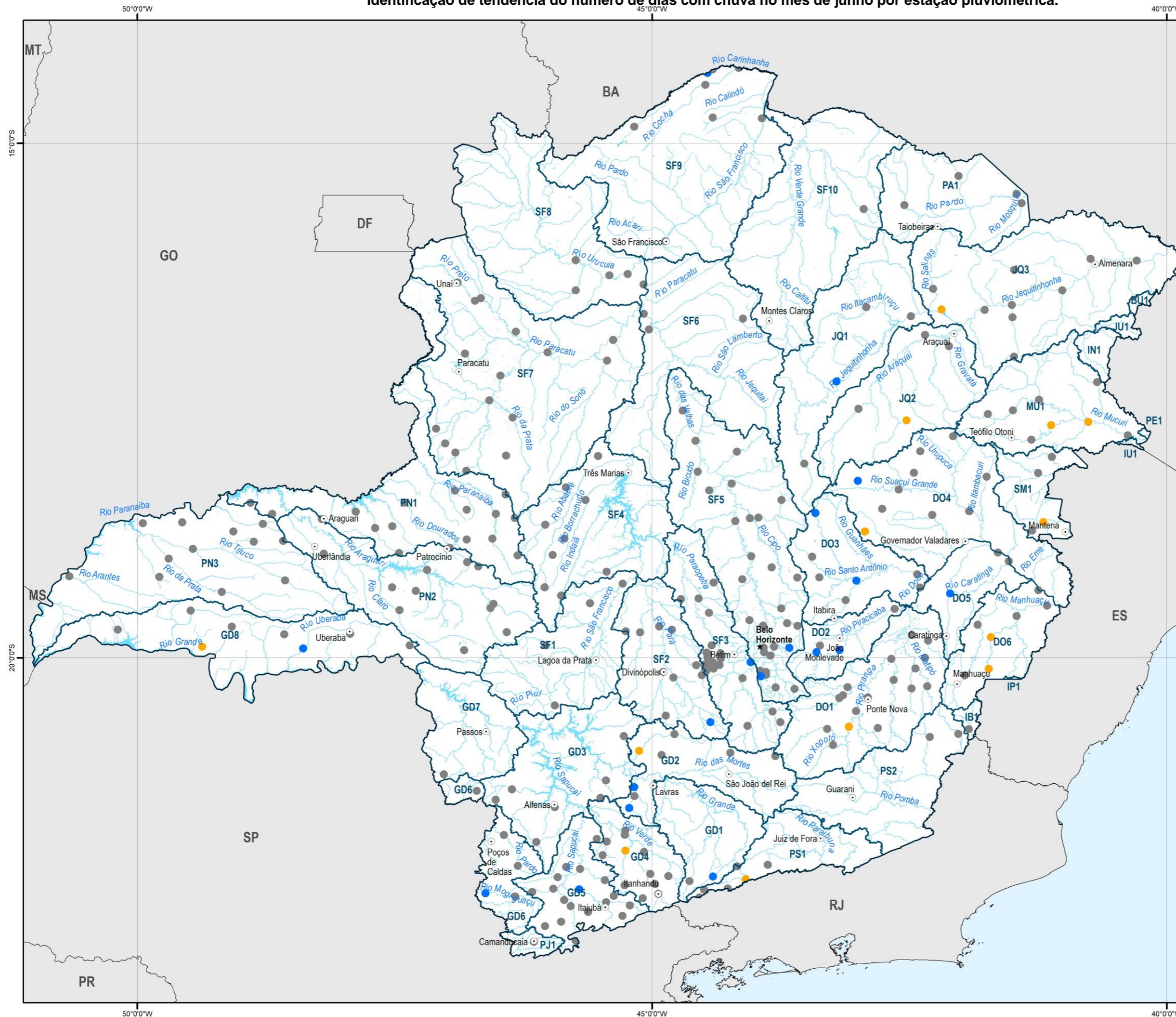
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de junho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



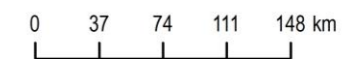
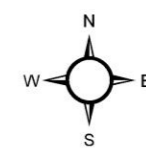
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Junho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

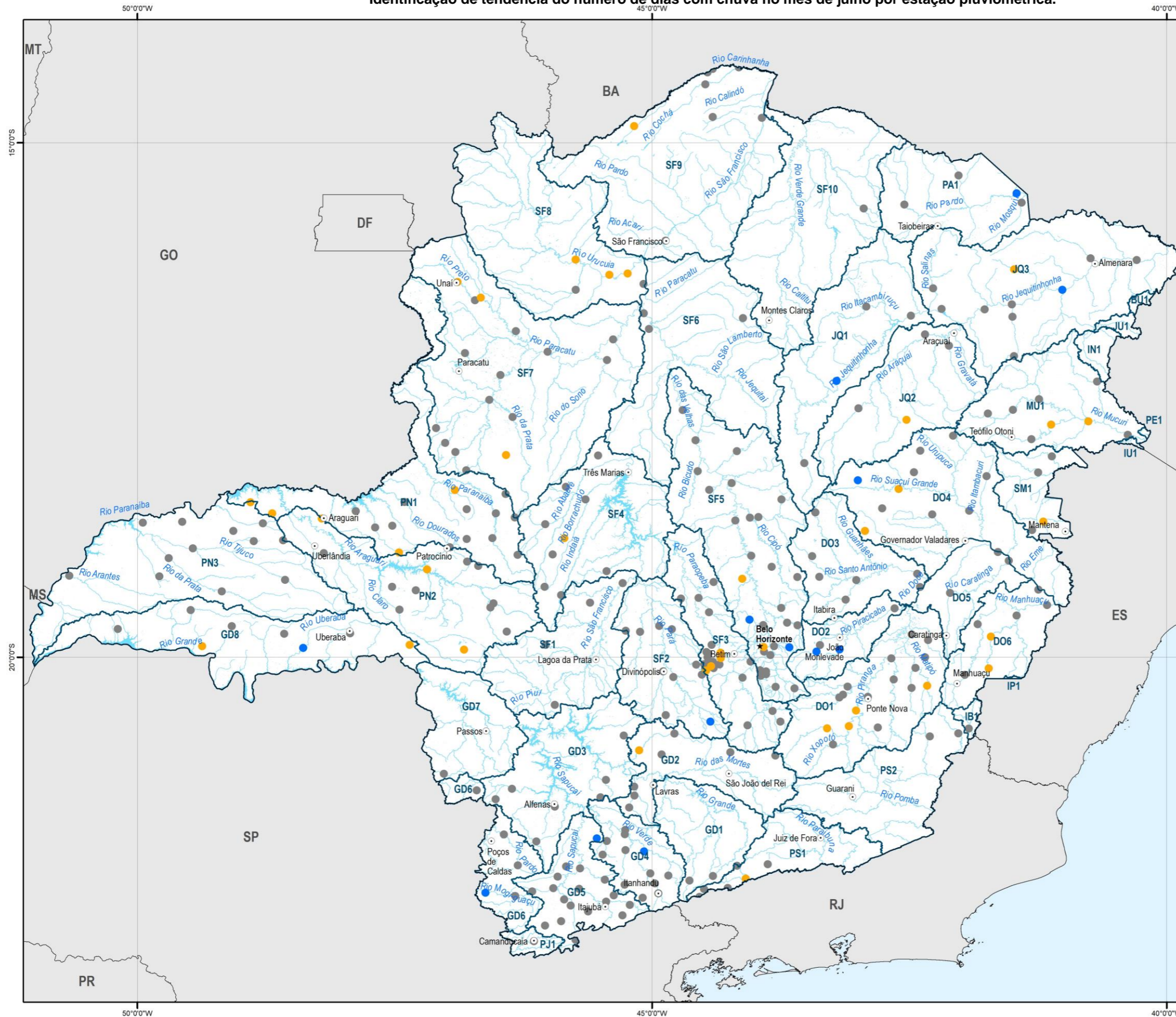
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de julho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



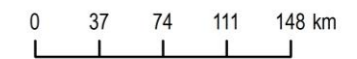
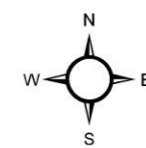
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Julho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de agosto por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



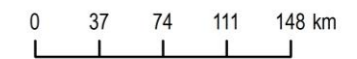
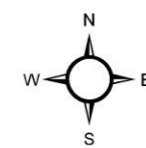
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

- Agosto
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

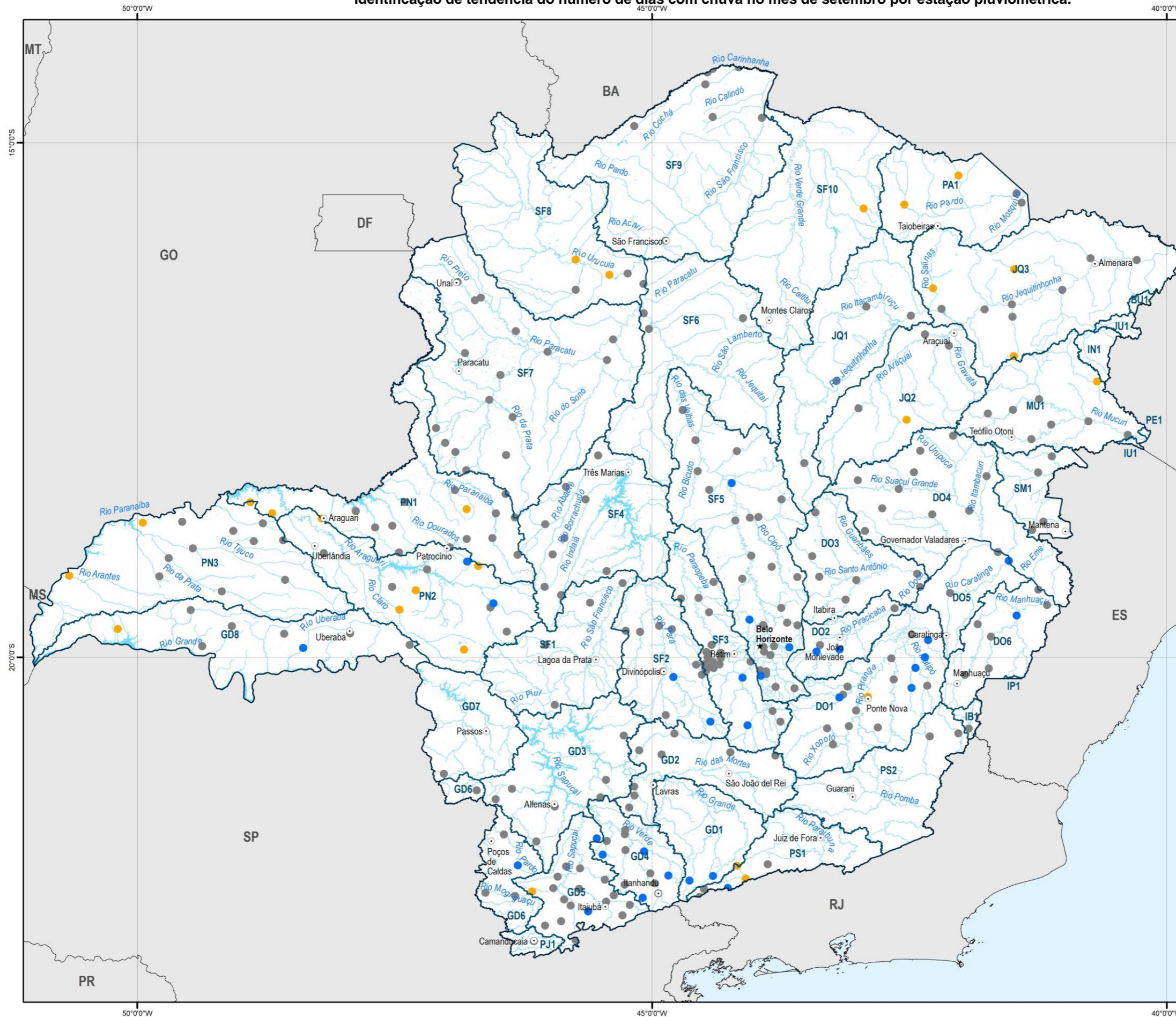
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de setembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

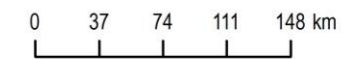
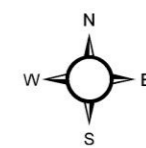
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Setembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

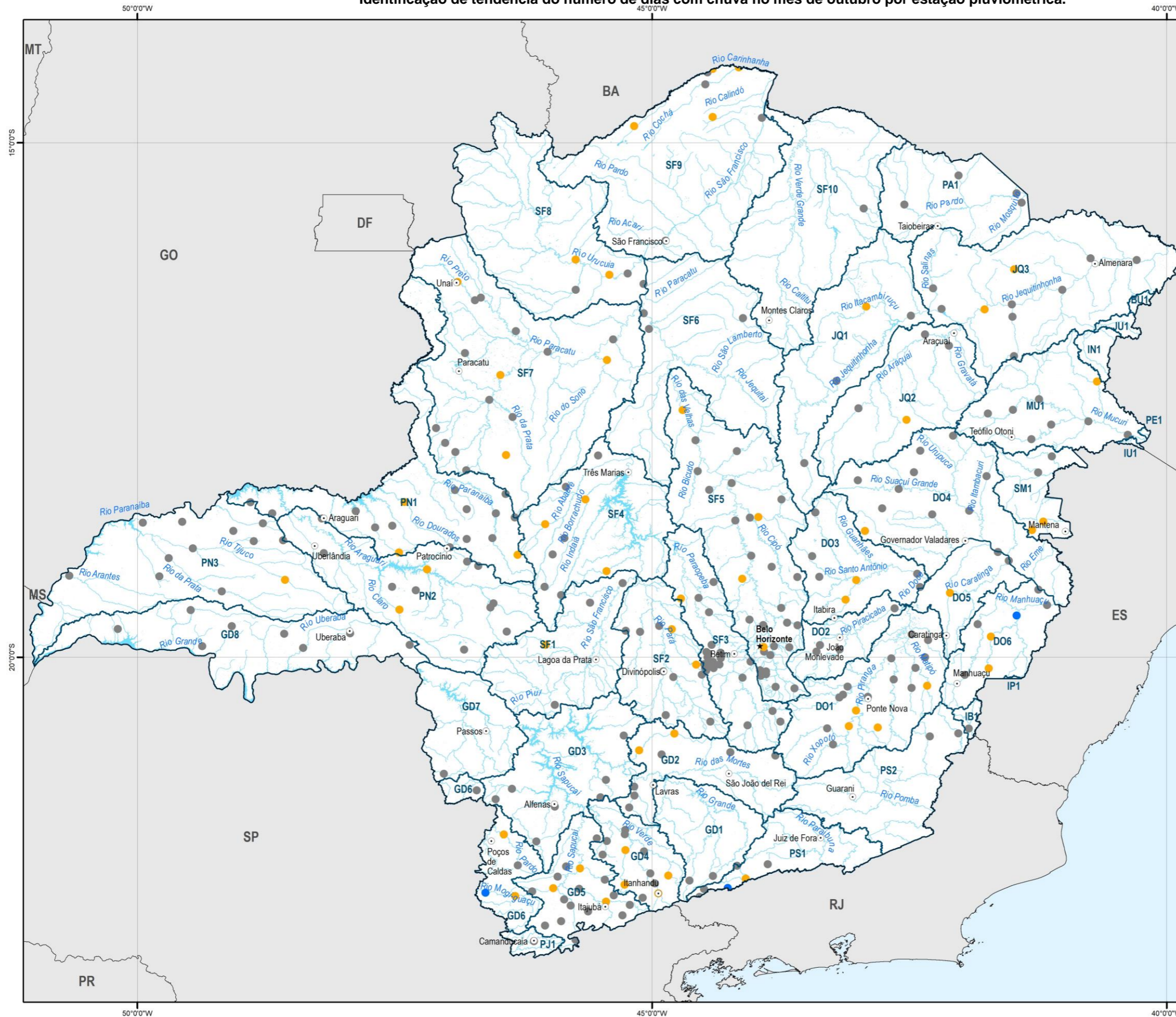
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de outubro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

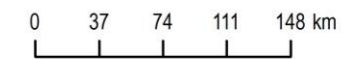
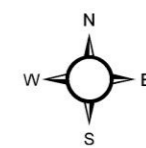
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Outubro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

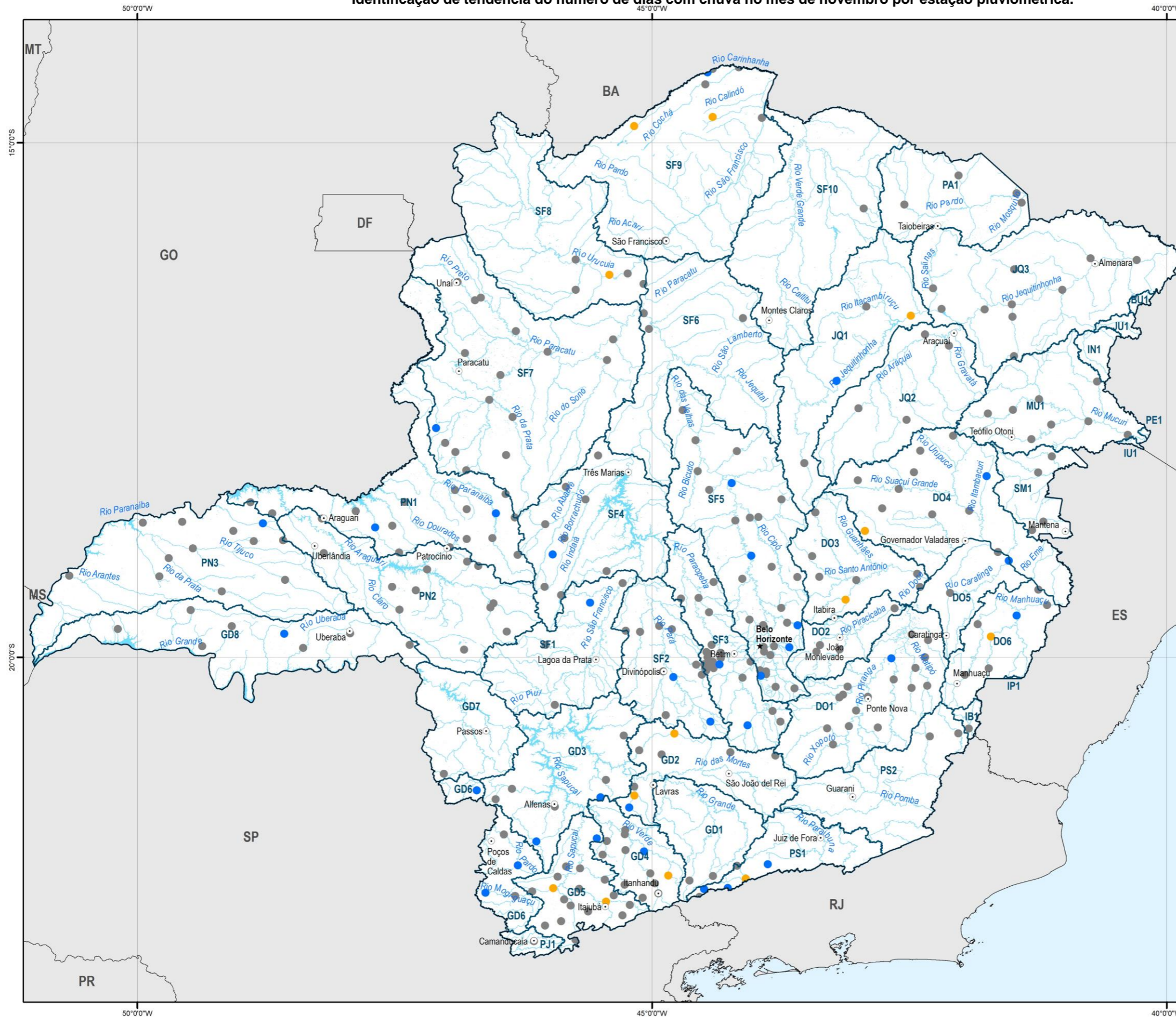
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de novembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

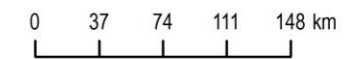
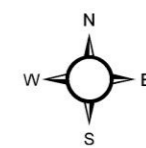
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Novembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

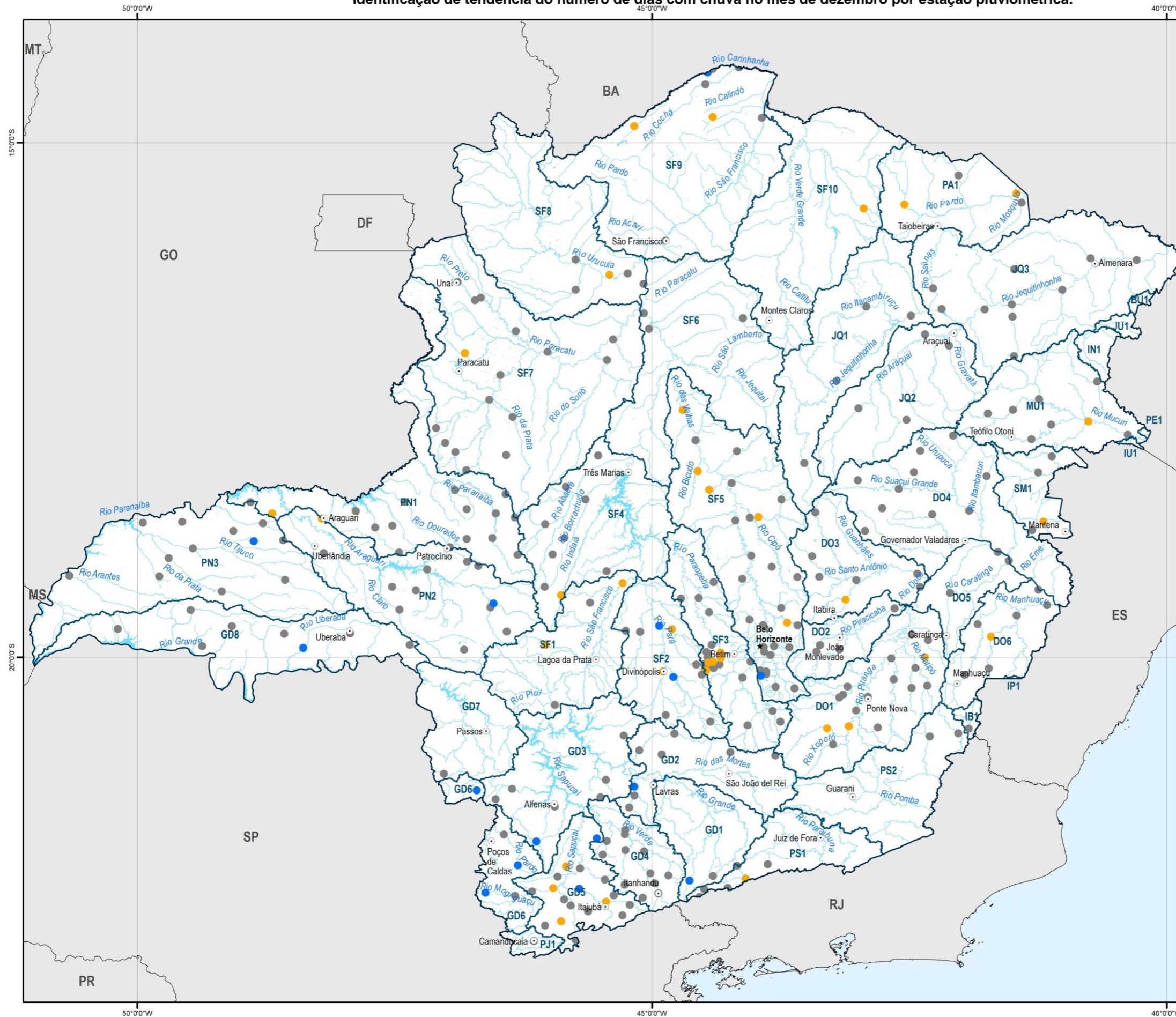
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência do número de dias com chuva no mês de dezembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

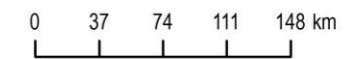
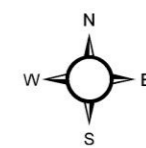
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência do Número de dias com chuva

Dezembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



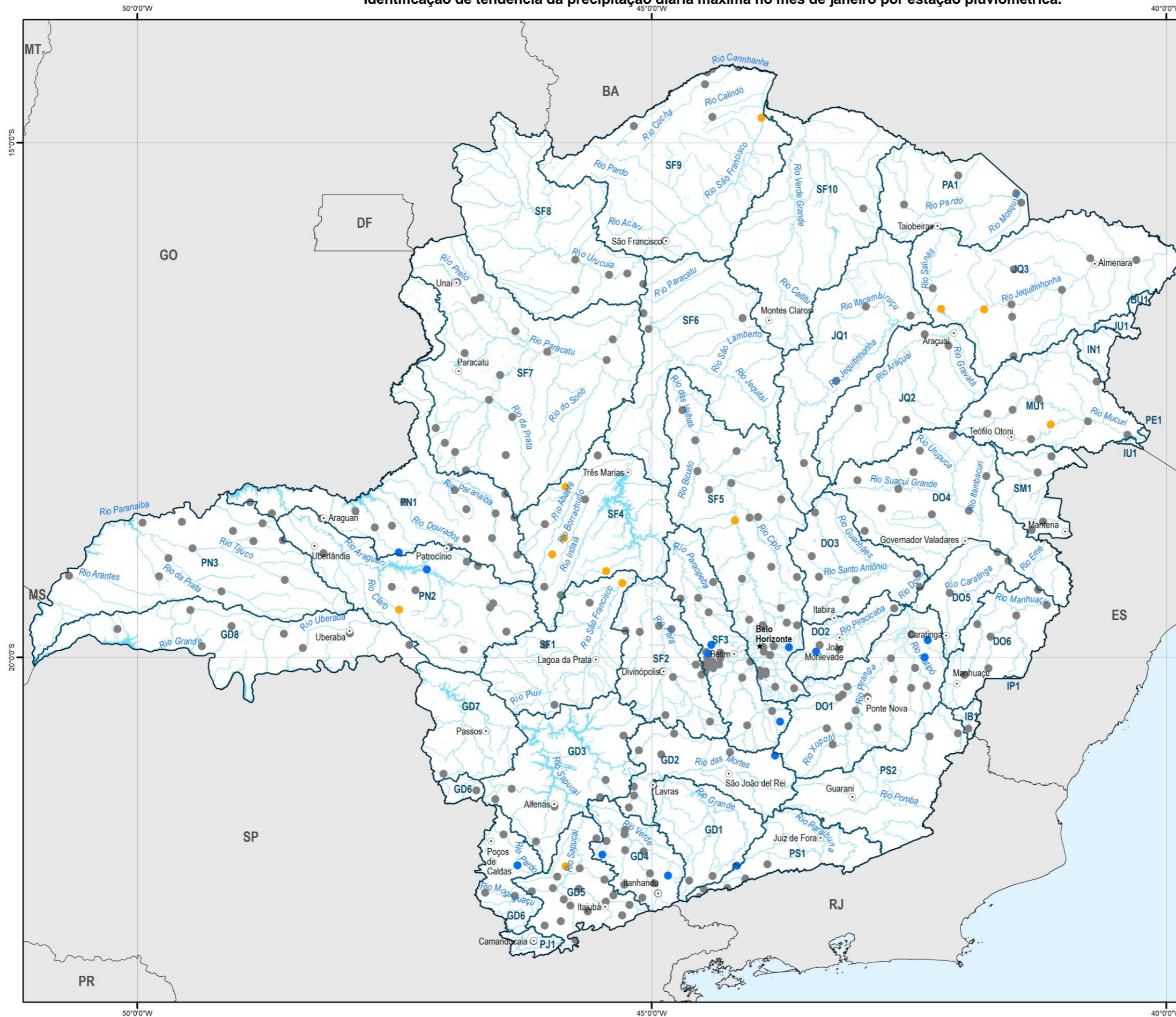
Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



APÊNDICE III – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA MENSAL POR ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de janeiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



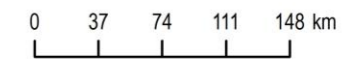
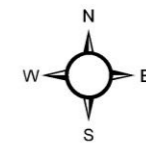
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Janeiro*
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de fevereiro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

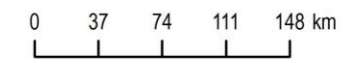
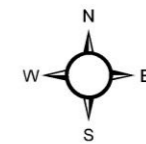
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

Fevereiro

- crescente
- sem tendência
- decréscante

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de março por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



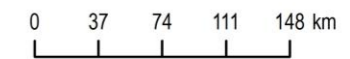
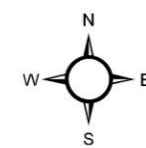
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Março**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de abril por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



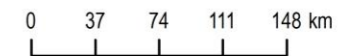
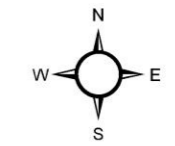
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Abril**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

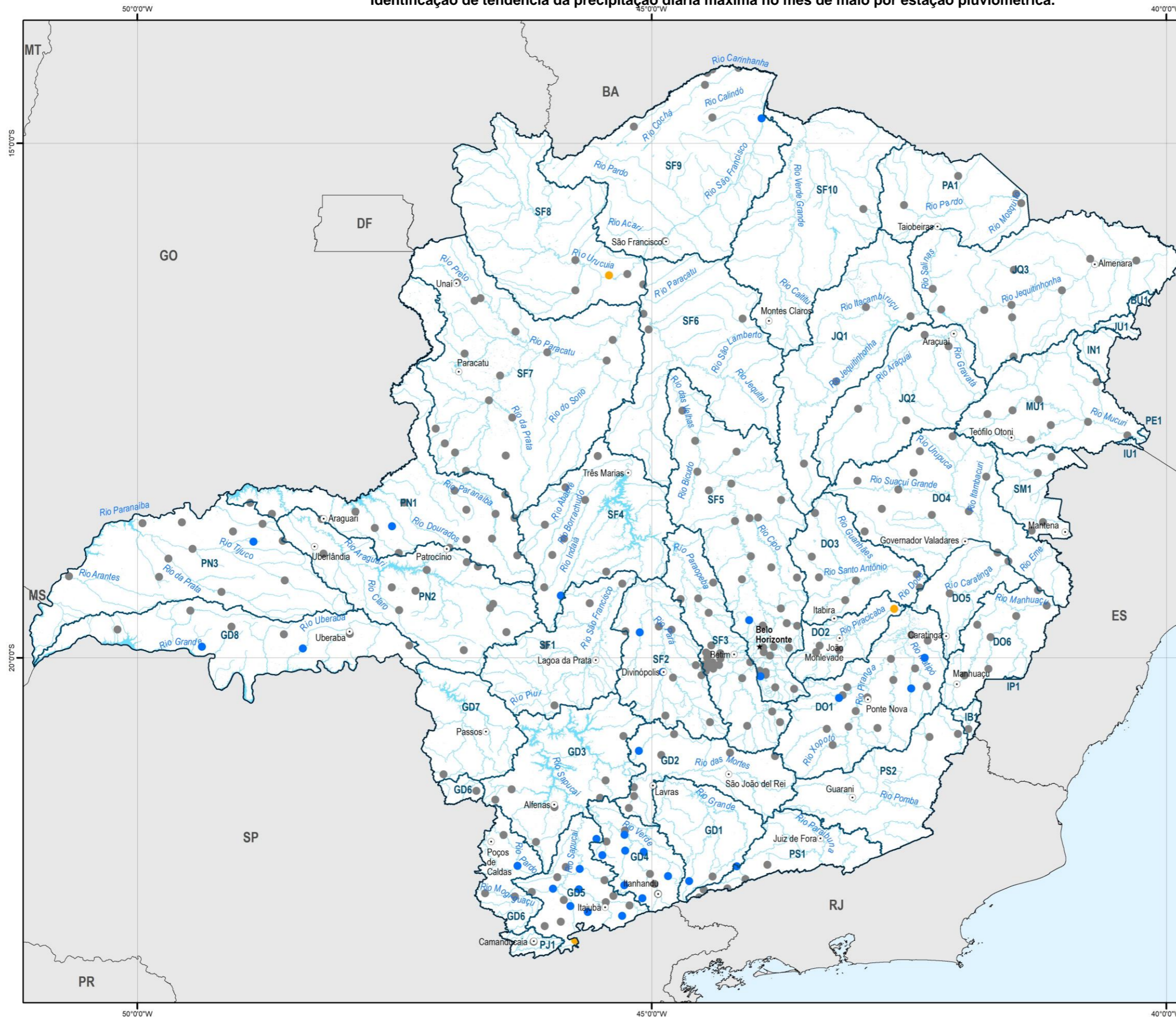
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de maio por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



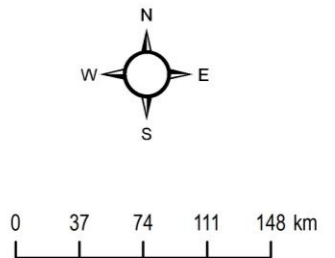
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Maio**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação a diária máxima no mês de junho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



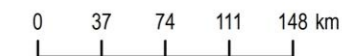
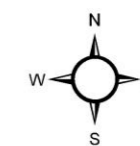
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Junho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de julho por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



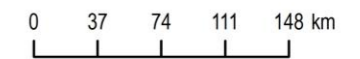
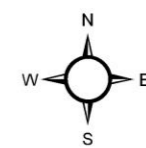
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Julho**
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de agosto por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



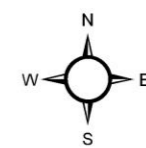
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

- Agosto
- crescente
 - sem tendência
 - decréscante

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de setembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

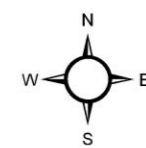
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

Setembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de outubro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

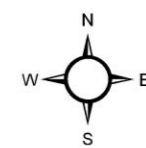
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

Outubro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de novembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

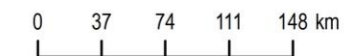
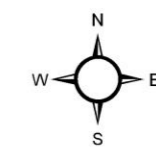
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

Novembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

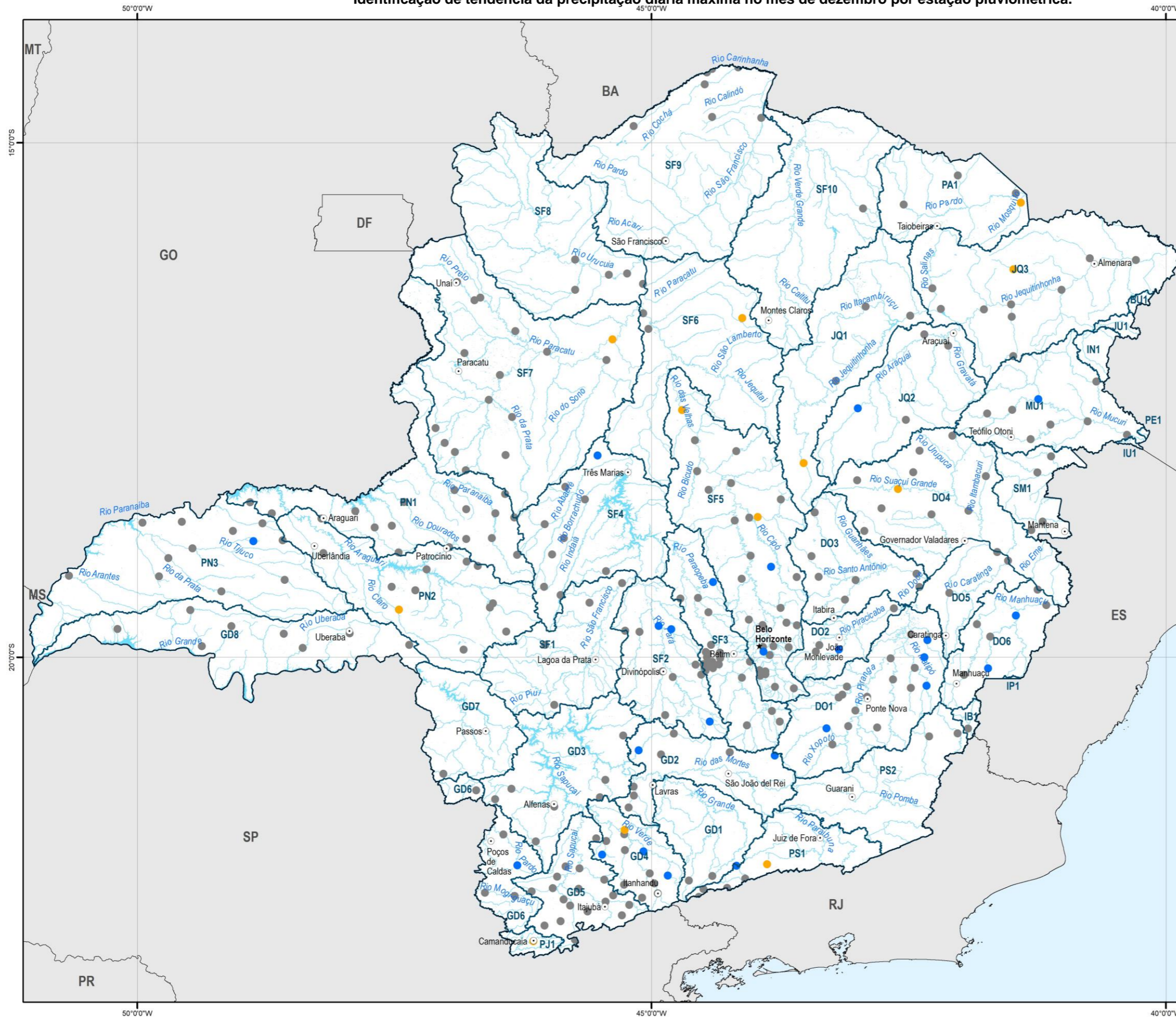
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da precipitação diária máxima no mês de dezembro por estação pluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

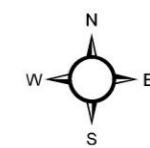
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Precipitação diária máxima

Dezembro

- crescente
- sem tendência
- decréscante

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

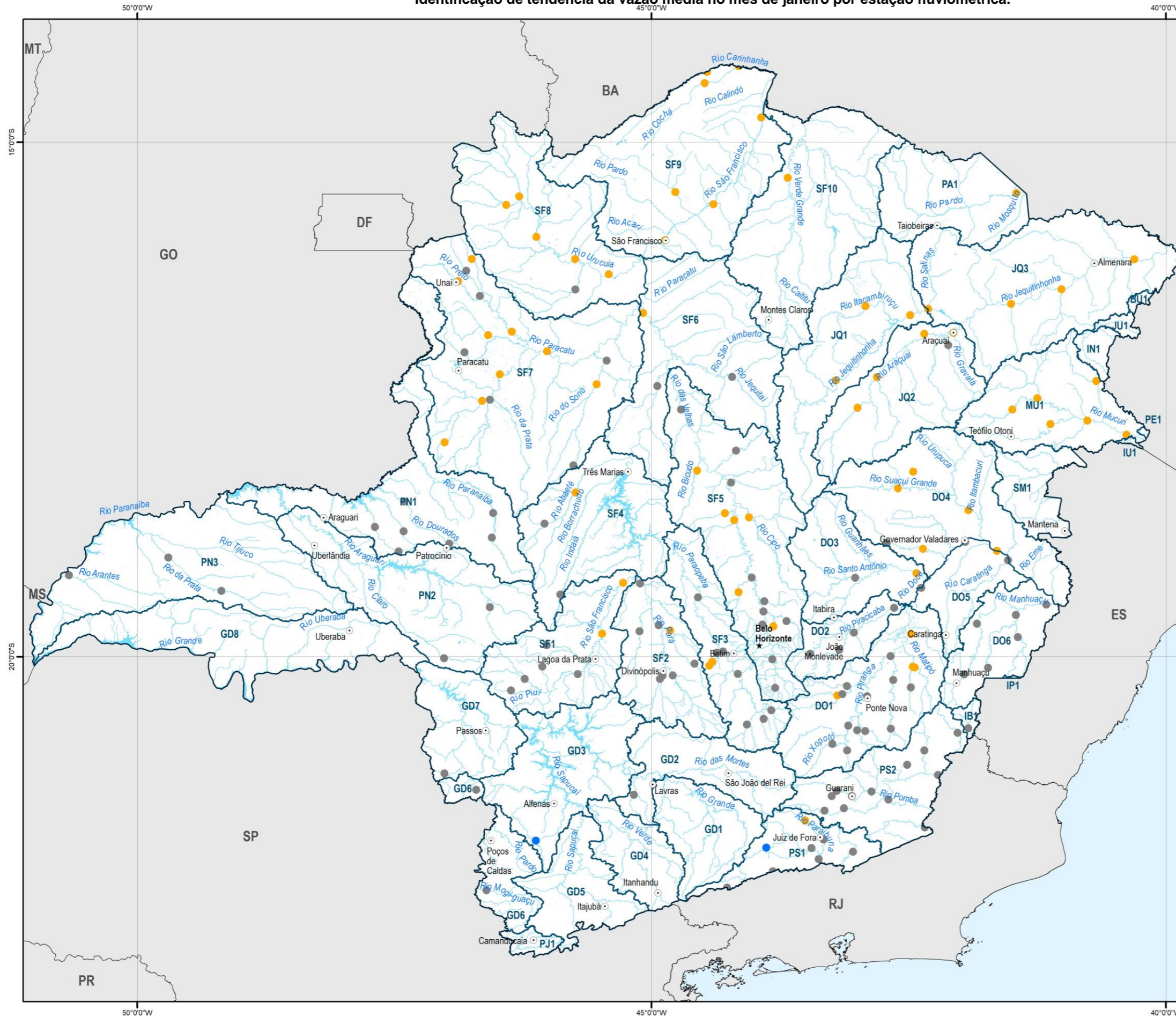


Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



APÊNDICE IV – MAPAS DA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA DA VAZÃO MÉDIA MENSAL POR ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Identificação de tendência da vazão média no mês de janeiro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



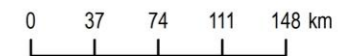
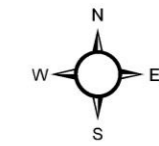
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Janeiro
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

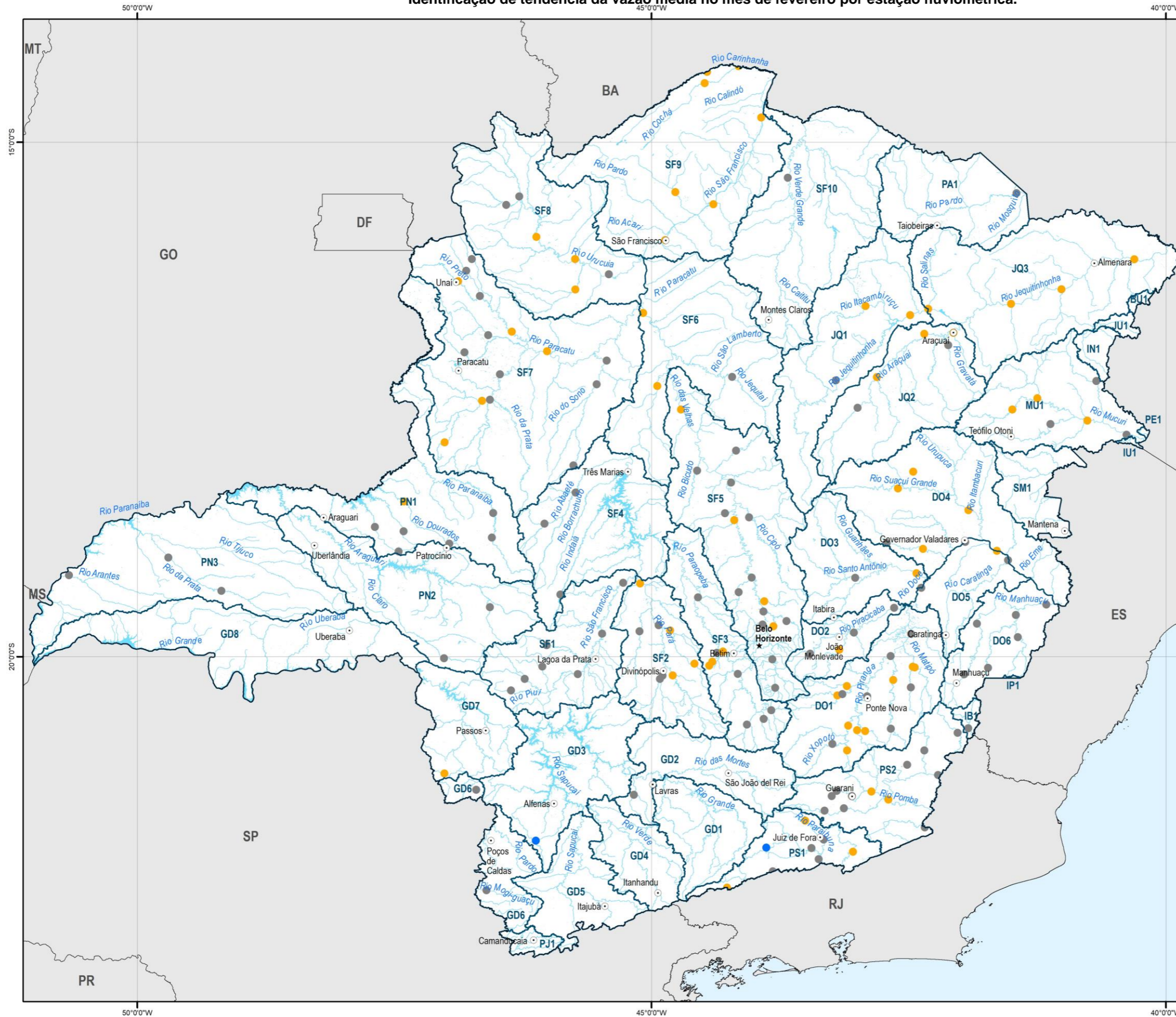
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de fevereiro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



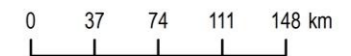
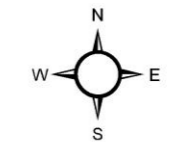
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Fevereiro
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

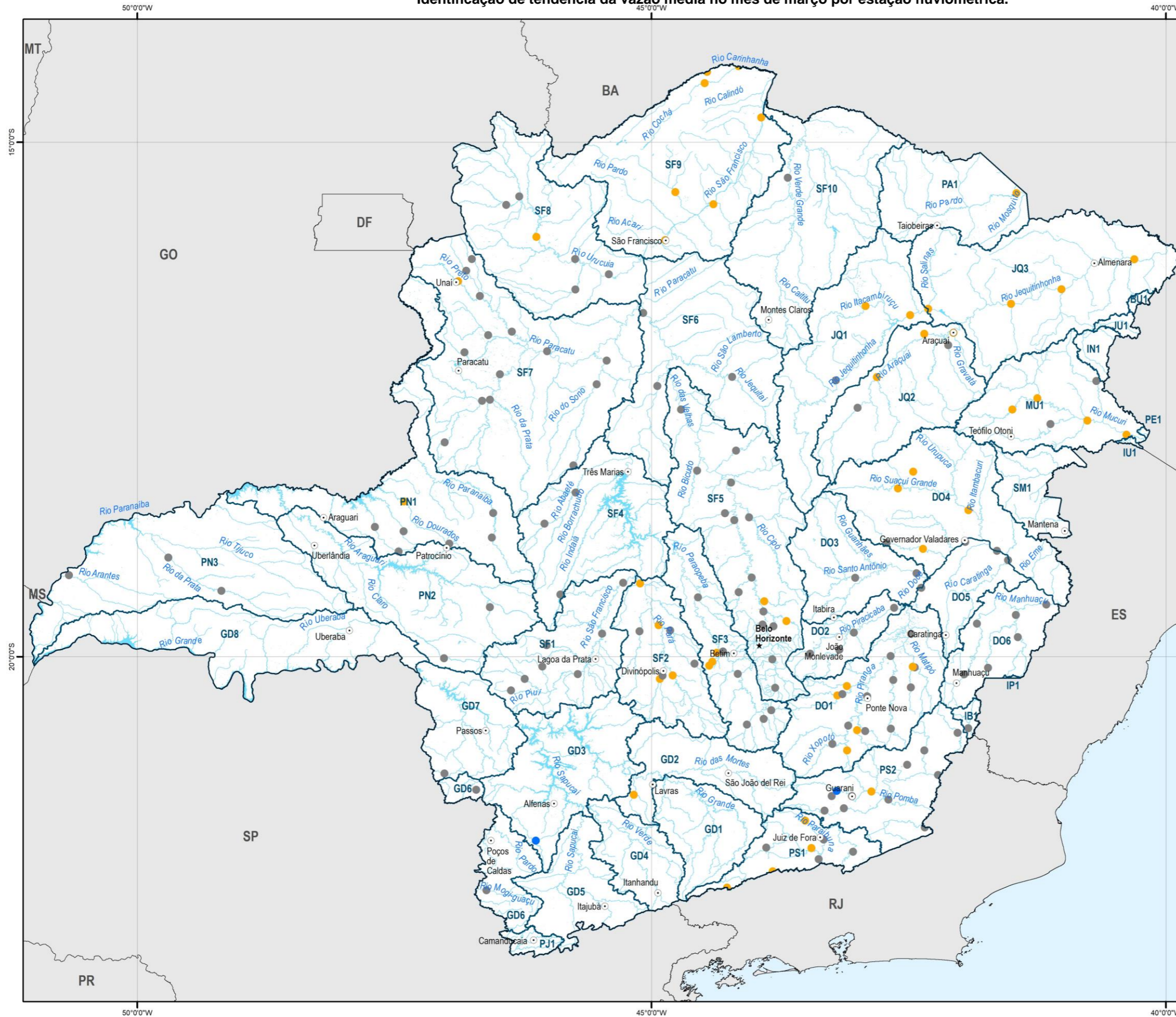
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de março por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



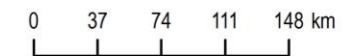
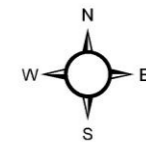
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Março
- crescente
 - sem tendência
 - decréscante

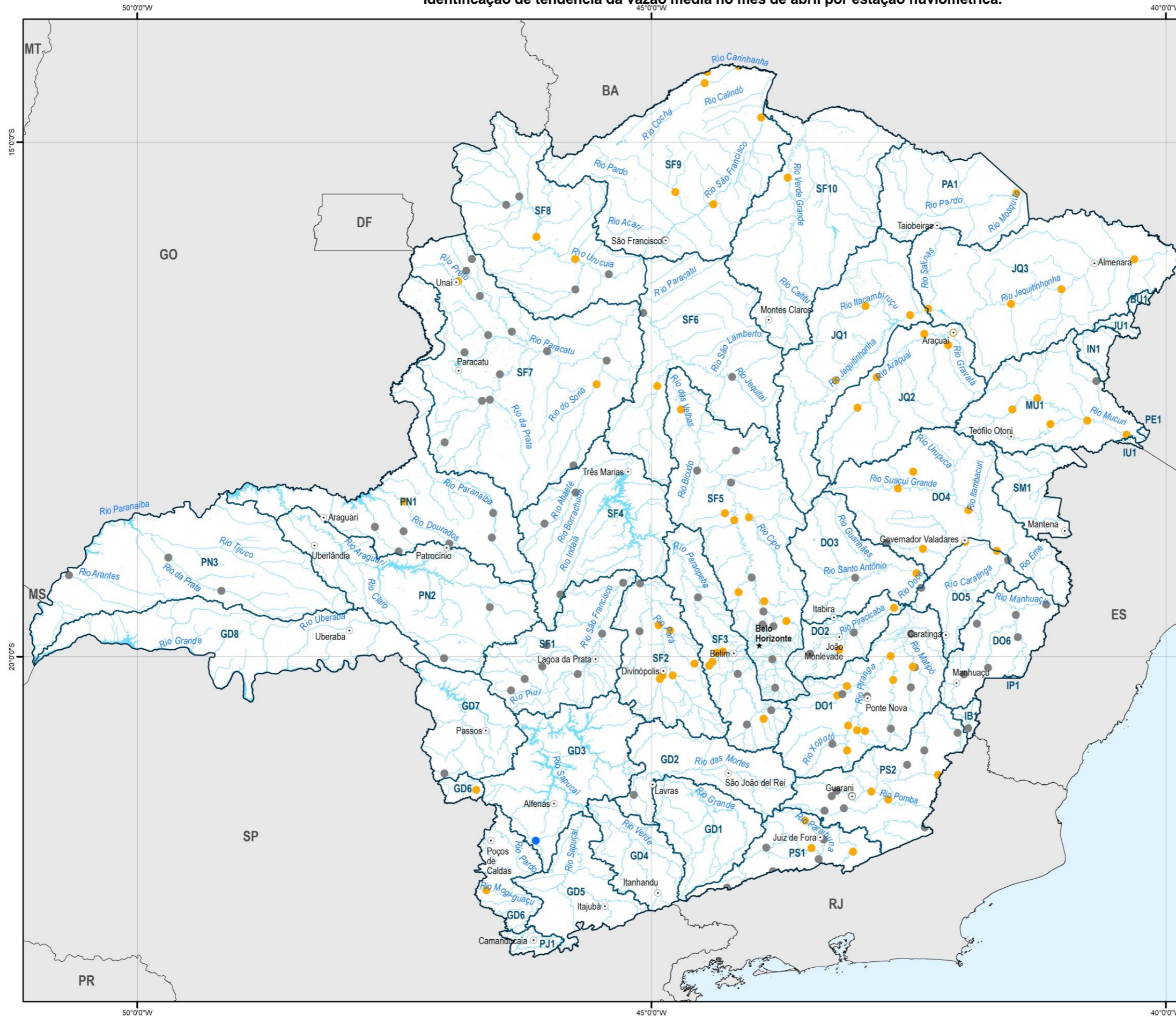
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de abril por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



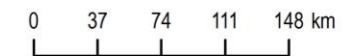
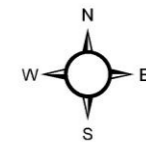
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Abril
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

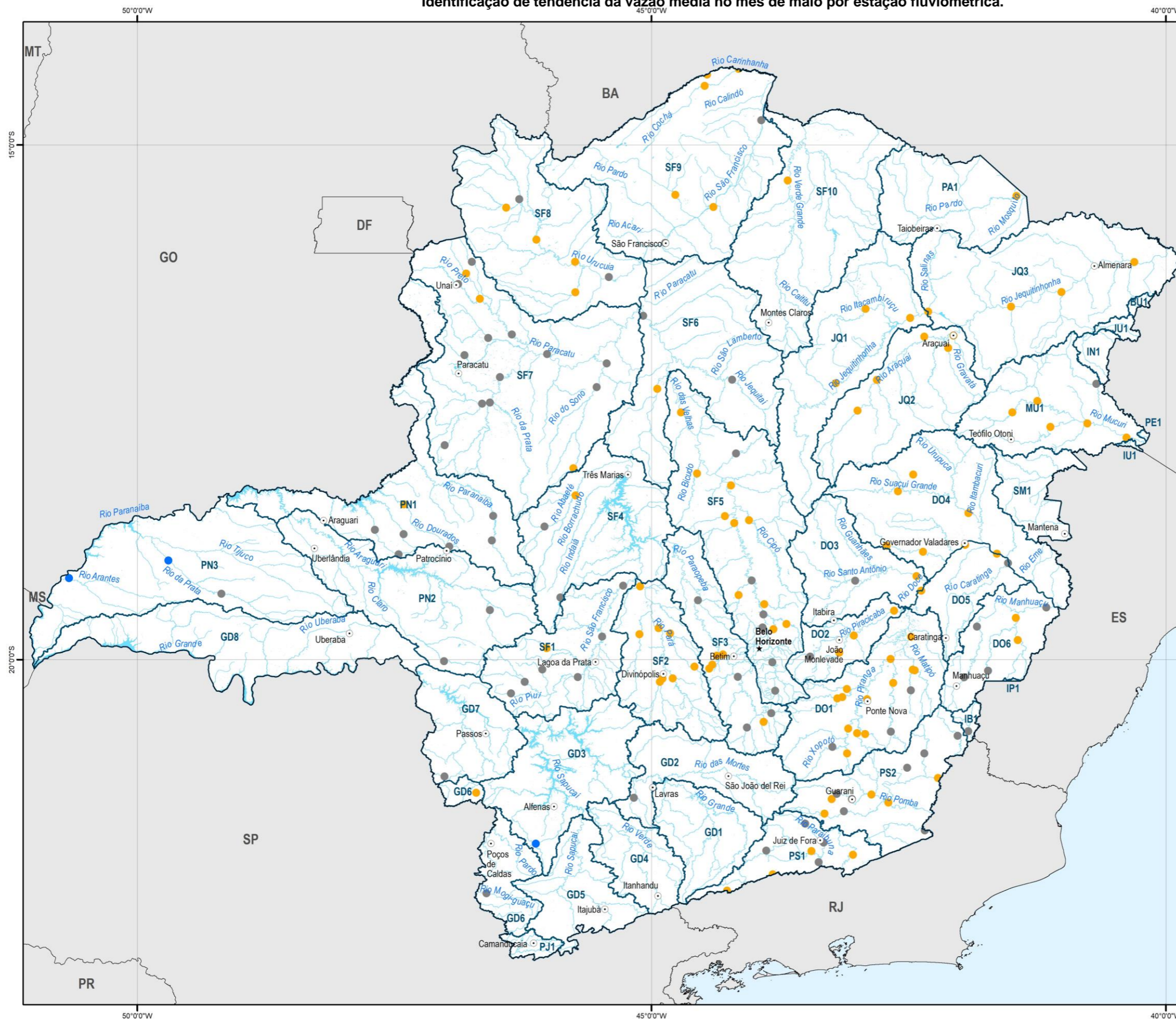
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de maio por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



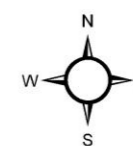
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Maio
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

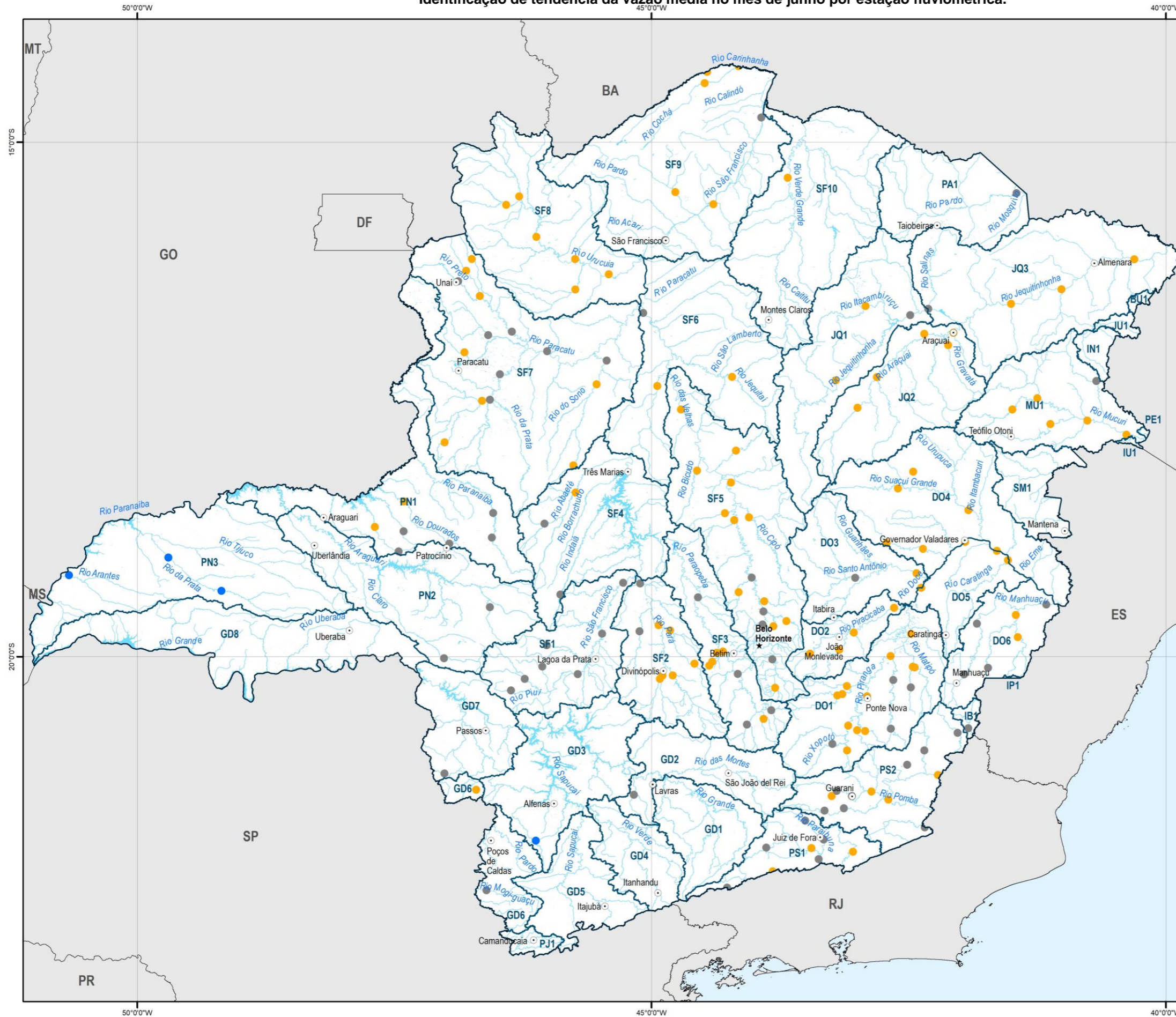
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de junho por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



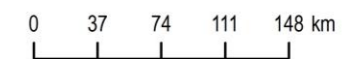
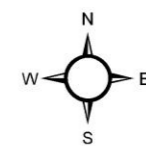
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Junho
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

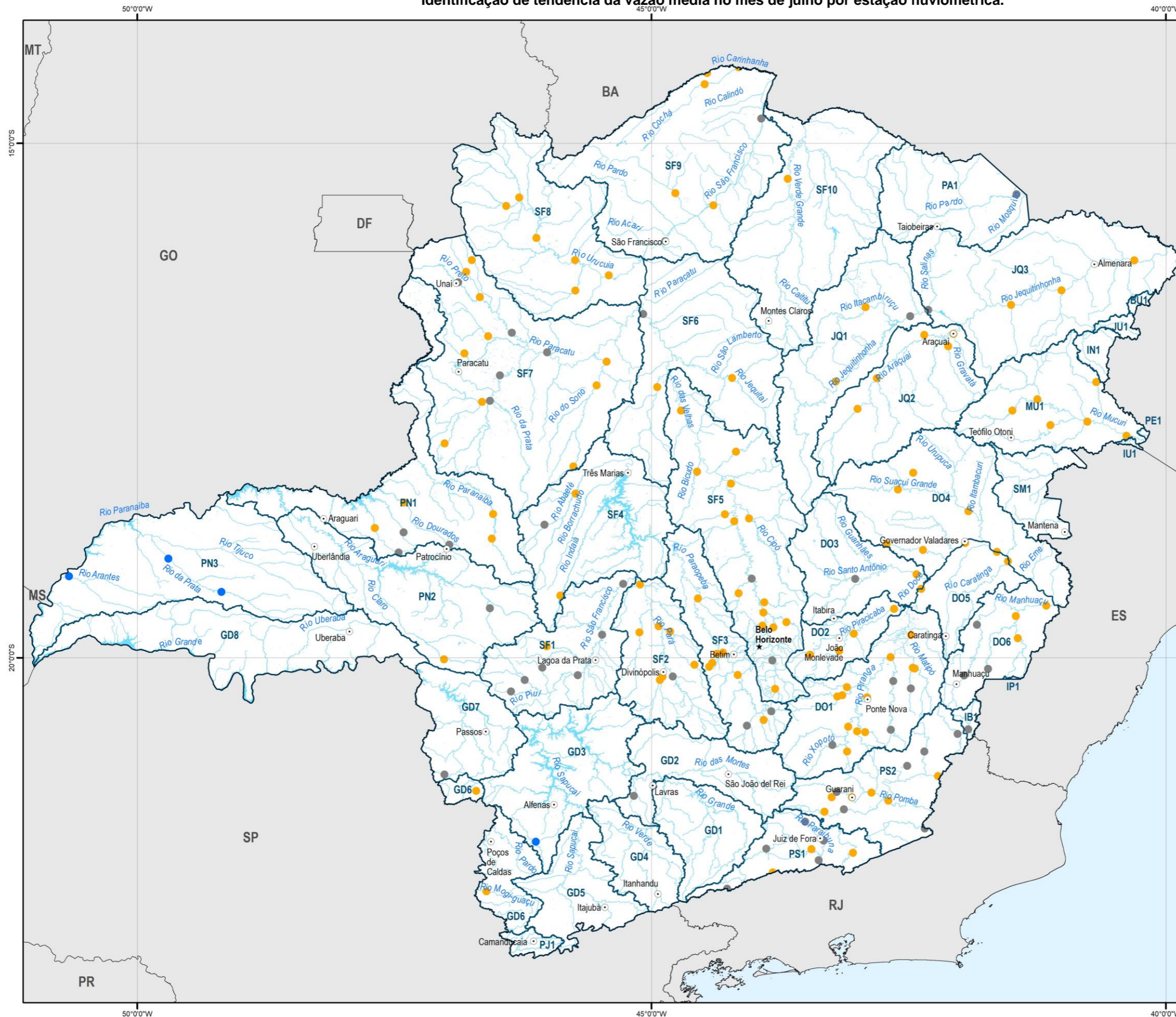
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de julho por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



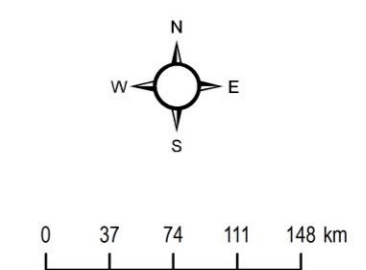
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Julho
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

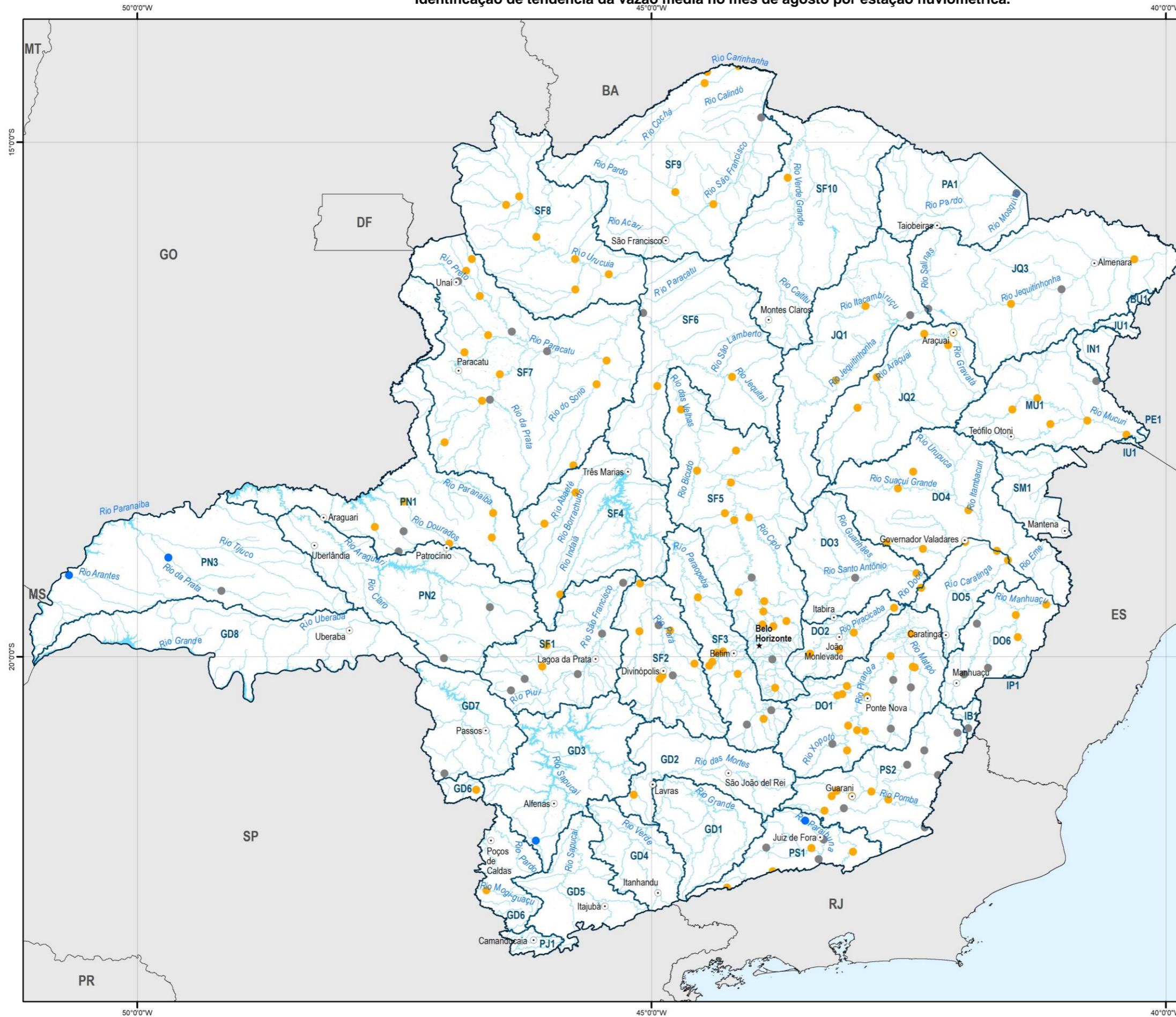
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de agosto por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



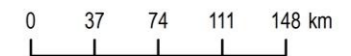
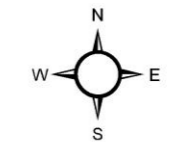
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Agosto
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

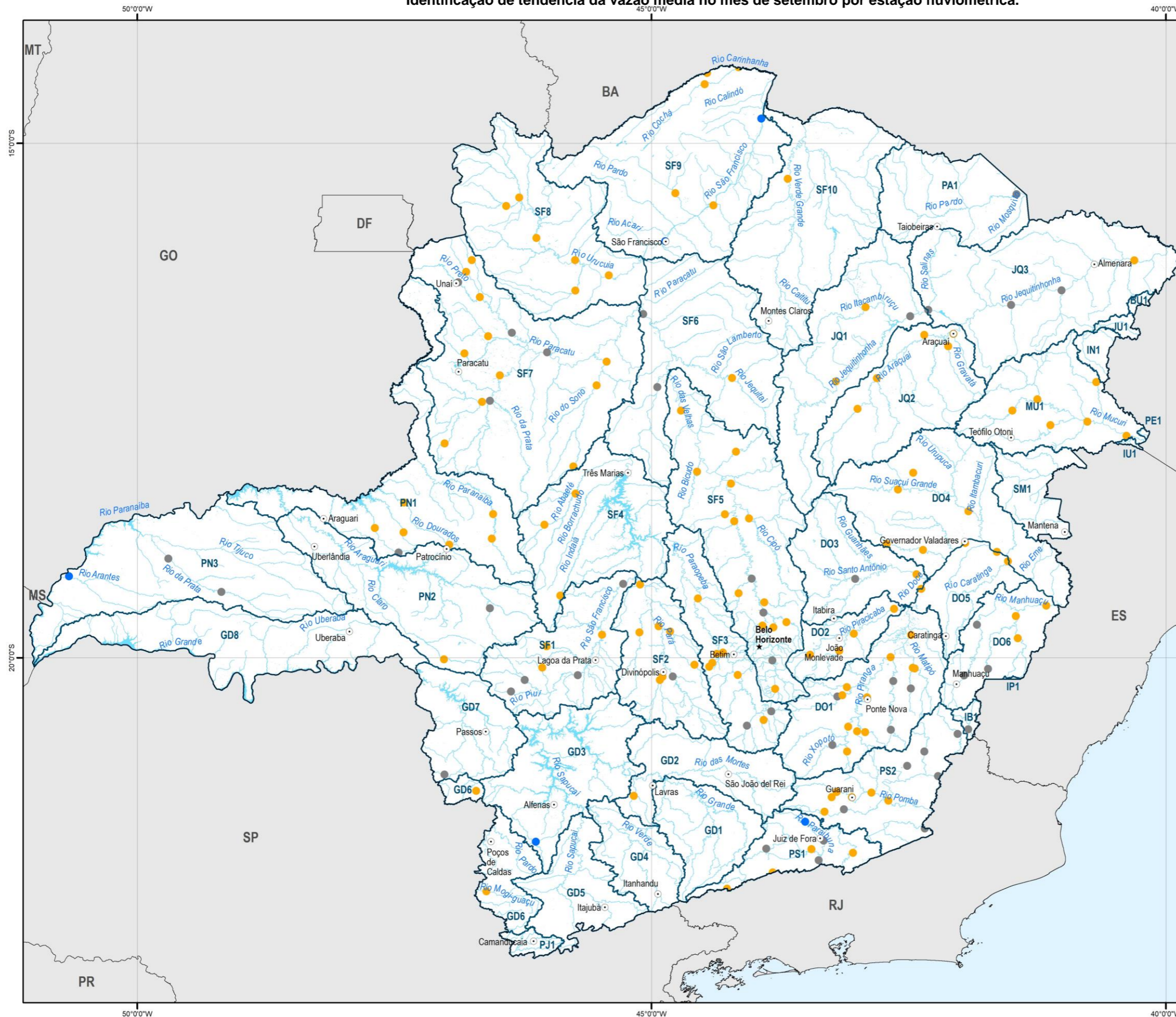
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de setembro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

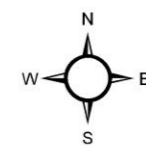
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

Setembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

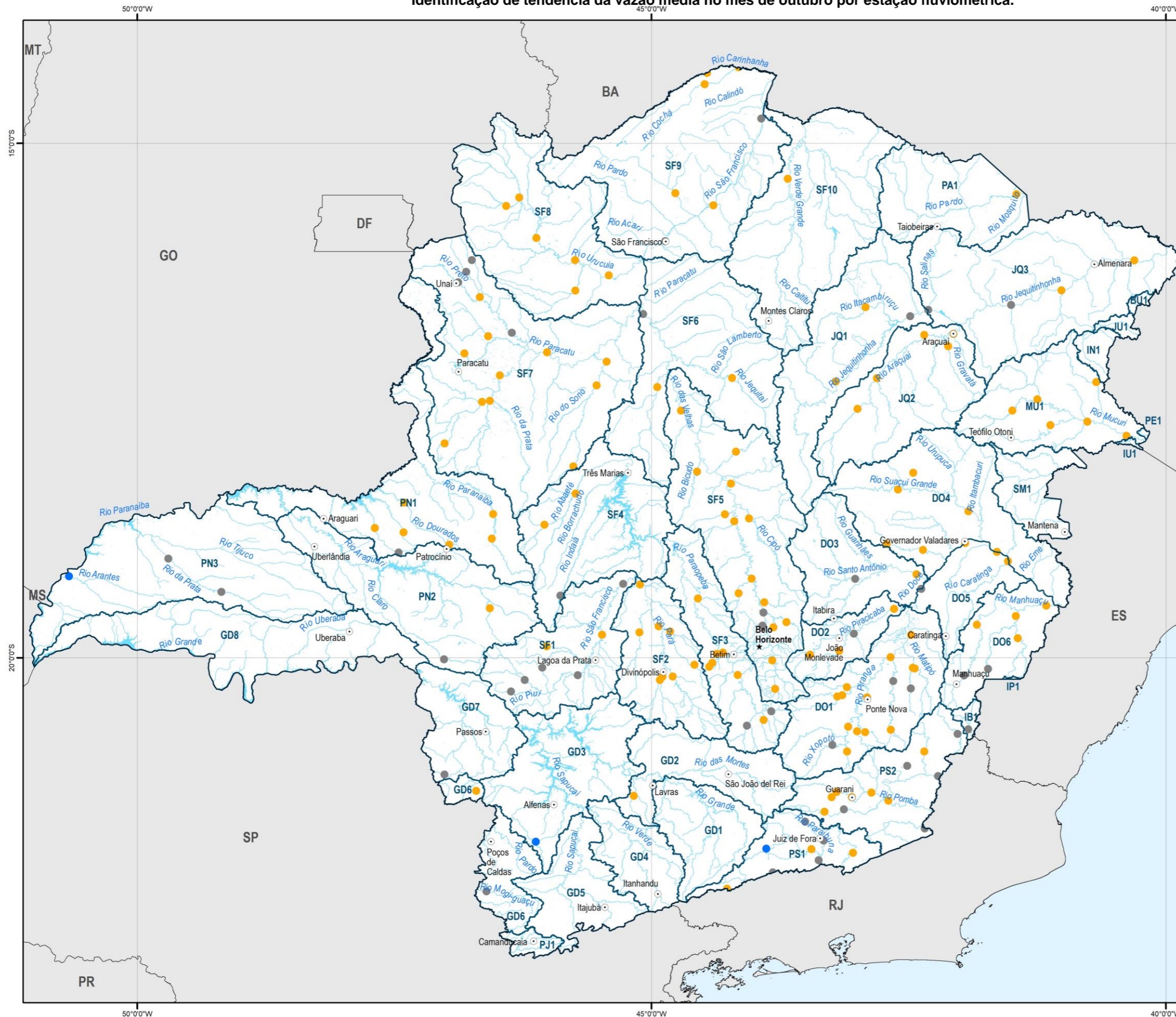
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de outubro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



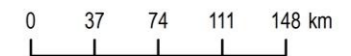
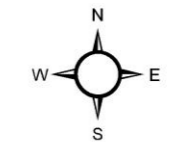
LEGENDA

- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

- Outubro
- crescente
 - sem tendência
 - decrescente

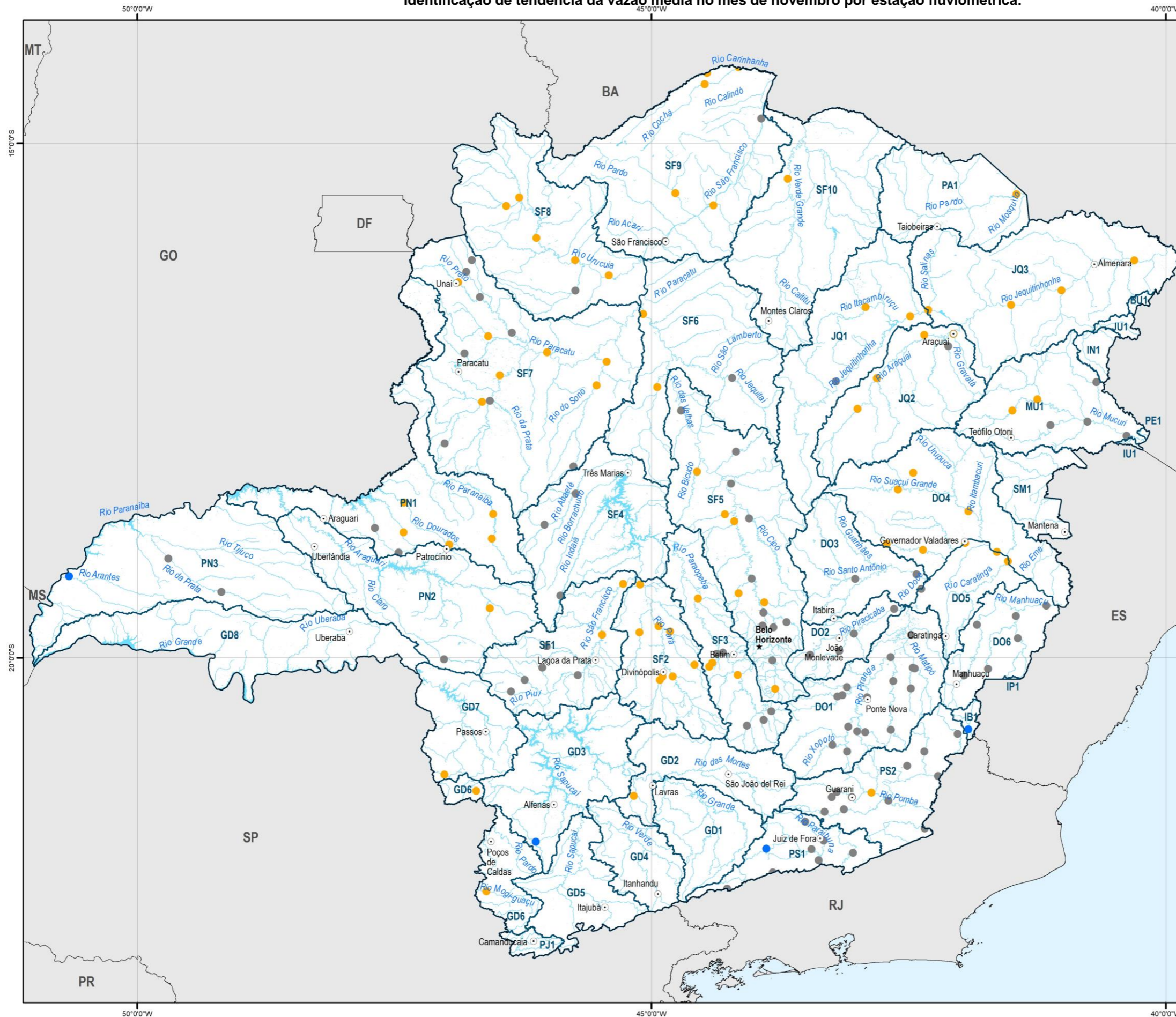
Fonte: IBGE, 2021; IDE-SISEMA, 2022; ANA, 2022



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de novembro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

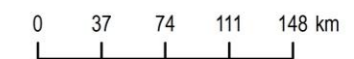
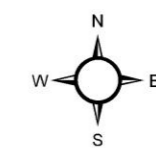
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

Novembro

- crescente
- sem tendência
- decréscante

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



Identificação de tendência da vazão média no mês de dezembro por estação fluviométrica.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



LEGENDA

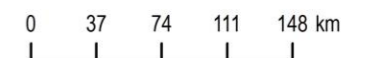
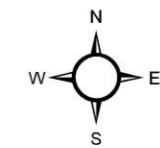
- ★ Capital estadual
- Município sede de Comitê
- Limite estadual
- ▭ Circunscrição hidrográfica
- Curso d'água
- Massa d'água

Tendência da Vazão média

Dezembro

- crescente
- sem tendência
- decrescente

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



Sistema de Projeção: Geográfica
Datum: SIRGAS 2000



APÊNDICE V – RELAÇÃO DAS CAPTAÇÕES EM TRECHOS EM RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS E IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS À MONTANTE



Captações de abastecimento público com barragens à montante.

FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
0	Isolado Antonio Dias 1	Rio Piracicaba	Uso Permanente	Antônio Dias (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO2	UEG4
1	Isolado Jequitinhonha	Rio Jequitinhonha	Uso Emergencial	Jequitinhonha (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
2	Isolado Chapada do Norte 2	Rio Araçuaí	Uso Permanente	Chapada do Norte (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ2	UEG5
3	Isolado Jacinto	Cap - Rio Jequitinhonha	Uso Permanente	Jacinto (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
4	Isolado Berilo	Cap - Rio Araçuaí	Uso Permanente	Berilo (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ2	UEG5
5	Isolado Salto da Divisa	Rio Jequitinhonha	Uso Permanente	Salto da Divisa (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
6	Isolado Turmalina	Rio Araçuaí	Uso Permanente	Turmalina (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ2	UEG5
7	Isolado Itaobim	Cap - Rio jequitinhonha	Uso Permanente	Itaobim (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
8	Isolado Virgem da Lapa	Cap - Rio Araçuaí	Uso Permanente	Virgem da Lapa (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ2	UEG5
9	Isolado Itinga	Cap -Rio Jequitinhonha	Uso Emergencial	Itinga (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
10	Isoaldo Araçuaí	Cap - Rio Araçuaí	Uso Permanente	Araçuaí (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ2	UEG5
11	Isolado Almenara	Cap - Rio Jequitinhonha	Uso Permanente	Almenara (MG)	0	106	SNISB	D-2	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
12	Isolado Naque	Rio Santo Antonio	Uso Permanente	Naque (MG)	0	108	SNISB	Piabas	Contenção de rejeitos de mineração	DO3	UEG4
13	Isolado Matias Cardoso	Captação Rio São Francisco	Uso Permanente	Matias Cardoso (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
14	Isolado Manga	Rio São Francisco	Uso Permanente	Manga (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
15	Isolado Pedras de Maria da Cruz	Rio São Francisco	Uso Permanente	Pedras de Maria da Cruz (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
16	Isolado São Francisco	Rio Francisco	Uso Permanente	São Francisco (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
17	Isolado Pirapora 2	SF - Recalque	Uso Permanente	Pirapora (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
18	Buritizeiro 1	Rio São Francisco	Uso Permanente	Buritizeiro (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
19	Isolado Pirapora 1	SF - Gravidade	Uso Permanente	Pirapora (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
20	Isolado Pirapora 1	SF - Emergencial	Uso Emergencial	Pirapora (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
21	Isolado Jaíba	Captação no Canal de Irrigação	Uso Permanente	Jaíba (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
22	Isolado Januária	Cap - Rio São Francisco	Uso Permanente	Januária (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
23	Isolado Ibiaí	Rio São Francisco	Uso Permanente	Ibiaí (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
24	Isolado Itacarambi	Rio São Francisco	Uso Permanente	Itacarambi (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF9	UEG2
25	Sistema Integrado Rio das Velhas	Cap - Rio das Velhas	Uso Permanente	Belo Horizonte (MG), Contagem (MG), Lagoa Santa (MG), Nova Lima (MG), Raposos (MG), Ribeirão das Neves (MG), Sabará (MG), Santa Luzia (MG), São José da Lapa (MG), Vespasiano (MG)	0	112	SNISB	Cianita 1	Contenção de rejeitos de mineração	SF5	UEG1
26	Isolado Sete Lagoas 1	Rio das Velhas	Uso Permanente	Sete Lagoas (MG)	0	112	SNISB	Cianita 1	Contenção de rejeitos de mineração	SF5	UEG1
27	Isolado Várzea da Palma	Rio das Velhas	Uso Permanente	Várzea da Palma (MG)	0	112	SNISB	Cianita 1	Contenção de rejeitos de mineração	SF5	UEG1
28	Isolado Cachoeira Dourada	Rio Paranaíba	Uso Permanente	Cachoeira Dourada (MG)	0	113	SNISB	Barragem BA-3	Contenção de rejeitos de mineração	PN3	UEG6
29	Isolado Araporã	Captação Barragem de Itumbiara	Uso Permanente	Araporã (MG)	0	113	SNISB	Barragem BA-3	Contenção de rejeitos de mineração	PN1	UEG6
30	Cachoeira Dourada	Lago da Usina Cachoeira Dourada	Uso Permanente	Cachoeira Dourada (GO)	0	113	SNISB	Barragem BA-3	Contenção de rejeitos de mineração	PN3	UEG6
31	Isolado Araporã	Captação Rio Paranaíba	Uso Emergencial	Araporã (MG)	0	113	SNISB	Barragem BA-3	Contenção de rejeitos de mineração	PN3	UEG6
32	Isolado Barão de Cocais	Cap - Rio São João	Uso Permanente	Barão de Cocais (MG)	0	119	SNISB	C - PDE Nordeste	Contenção de rejeitos de mineração	DO2	UEG4



FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
33	Isolado João Monlevade 1	Cap - Rio Santa Bárbara	Uso Permanente	João Monlevade (MG)	0	119	SNISB	C - PDE Nordeste	Contenção de rejeitos de mineração	DO2	UEG4
34	Isolado Itabira - Rio de Peixe	Rio do Peixe	Uso Permanente	Itabira (MG)	0	121	SNISB	Itabiruçu	Contenção de rejeitos de mineração	DO2	UEG4
35	Isolado Fronteira	Represa de Marimbondo	Uso Permanente	Fronteira (MG)	0	17	SNISB	AREA DE RESIDUO DE BAUXITA 2(LAGO 2)	Contenção de resíduos industriais	GD8	UEG3
36	Isolado Dom Joaquim	Rio do Peixe	Uso Permanente	Dom Joaquim (MG)	0	185	SNISB	Barragem de Rejeitos	Contenção de rejeitos de mineração	DO3	UEG4
37	Integrado Janaúba - Nova Porteirinha	Barragem do Bico da Pedra	Uso Permanente	Janaúba (MG), Nova Porteirinha (MG)	0	194	SNISB	Barragem MRDM	Contenção de rejeitos de mineração	SF10	UEG2
38	Isolado Brasilândia de Minas	Rio Paracatu	Uso Permanente	Brasilândia de Minas (MG)	0	203	SNISB	Barragem Aroeira	Contenção de rejeitos de mineração	SF7	UEG2
39	Integrado - Paraopeba	Barragem Rio Manso	Uso Permanente	Belo Horizonte (MG), Betim (MG), Brumadinho (MG), Contagem (MG), Esmeraldas (MG), Ibirité (MG), Igarapé (MG), Lagoa Santa (MG), Mário Campos (MG), Matozinhos (MG), Pedro Leopoldo (MG), Ribeirão das Neves (MG), Santa Luzia (MG), São Joaquim de Bicas	0	204	SNISB	Dique BIII-2	Contenção de rejeitos de mineração	SF3	UEG1
40	Isolado Raul Soares	Cap - emergencial	Uso Emergencial	Raul Soares (MG)	0	208	SNISB	Barragem de Decantação de Água e Polpa - EBII - Mineroduto	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
41	Isolado Raul Soares	Cap - Rio Matipó	Uso Permanente	Raul Soares (MG)	0	208	SNISB	Barragem de Decantação de Água e Polpa - EBII - Mineroduto	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
42	Isolado Matipó	Rio Matipó	Uso Permanente	Matipó (MG)	0	208	SNISB	Barragem de Decantação de Água e Polpa - EBII - Mineroduto	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
43	Isolado Passos 2	Barragem Mascarenhas de Moraes	Uso Permanente	Passos (MG)	0	220	SNISB	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	GD7	UEG3
44	Isolado São João Batista do Glória	Represa de Peixotos	Uso Emergencial	São João Batista do Glória (MG)	0	220	SNISB	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	GD7	UEG3
45	Isolado São João Batista do Glória	Represa de Peixotos	Uso Permanente	São João Batista do Glória (MG)	0	220	SNISB	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	GD7	UEG3
46	Isolado Lavras	Rio Grande	Uso Permanente	Lavras (MG)	0	220	SNISB	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	GD2	UEG3
47	Isolado São José da Barra	Lago de Furnas	Uso Permanente	São José da Barra (MG)	0	220	SNISB	Volta Grande 2	Contenção de rejeitos de mineração	GD3	UEG3
48	Isolado Ponte Nova	Cap - Rio Piranga	Uso Permanente	Ponte Nova (MG)	0	223	SNISB	Barragem de Mercês	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
49	Isolado Mariana - Cristal	Captação Cristal	Uso Permanente	Mariana (MG)	0	231	SNISB	PDE LAGOA SECA	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
50	Isolado Catas Altas	Cap -Córrego Tamanduá	Uso Permanente	Catas Altas (MG)	0	242	SNISB	PARACATU	Contenção de rejeitos de mineração	DO2	UEG4
51	Isolado Patrocínio do Muriaé	Rio Muriaé	Uso Permanente	Patrocínio do Muriaé (MG)	0	246	SNISB	MIRAÍ/MG	Contenção de rejeitos de mineração	PS2	UEG7
52	Isolado Muriaé 2	Cap - Rio Preto	Uso Permanente	Muriaé (MG)	0	246	SNISB	MIRAÍ/MG	Contenção de rejeitos de mineração	PS2	UEG7
53	Isolado Caeté 1	Ribeirão Juca Vieira	Uso Permanente	Caeté (MG)	0	247	SNISB	Barragem RG2W	Contenção de rejeitos de mineração	SF5	UEG1
54	Isolado Coronel Murta	Cap - Rio Jequitinhonha	Uso Permanente	Coronel Murta (MG)	0	348	SNISB	SANGUINETE	Contenção de rejeitos de mineração	JQ3	UEG5
55	Integrado - Paraopeba	Rservatório Serra Azul	Uso Permanente	Belo Horizonte (MG), Betim (MG), Contagem (MG), Esmeraldas (MG), Juatuba (MG), Lagoa Santa (MG), Mateus Leme (MG), Matozinhos (MG), Pedro Leopoldo (MG), Ribeirão das Neves (MG), Santa Luzia	0	356	SNISB	Dique 03 Serra Azul - Dique Vai e Volta 3	Contenção de rejeitos de mineração	SF3	UEG1

FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
				(MG), São José da Lapa (MG), Vespasiano (MG)							
56	Isolado Patos de Minas	Rio Paranaíba	Uso Permanente	Patos de Minas (MG)	0	64	SNISB	BARRAGEM DO SABÃO I	Contenção de rejeitos de mineração	PN1	UEG6
57	Isolado Cruzeiro da Fortaleza	Ribeirão Fortaleza	Uso Permanente	Cruzeiro da Fortaleza (MG)	0	64	SNISB	BARRAGEM DO SABÃO I	Contenção de rejeitos de mineração	PN1	UEG6
58	Integrado - Paraopeba	Represa Vargem das Flores	Uso Permanente	Belo Horizonte (MG), Betim (MG), Contagem (MG), Esmeraldas (MG), Lagoa Santa (MG), Matozinhos (MG), Pedro Leopoldo (MG), Ribeirão das Neves (MG), Santa Luzia (MG), São José da Lapa (MG), Vespasiano (MG)	0	76	SNISB	Barragem 1 - Dique de Contenção	Contenção de rejeitos de mineração	SF3	UEG1
59	Isolado Uberlândia 1 - Renato de Freitas/Sucupira	Cap - Represa Sucupira	Uso Permanente	Uberlândia (MG)	0	1003	ANM	BACIA DE RECIRCULAÇÃO - RI	Contenção de rejeitos de mineração	PN2	UEG6
60	Isolado Itanhomi	Queiroga	Uso Permanente	Itanhomi (MG)	0	1219	IGAM	BARRAGEM BII	Contenção de sedimentos	DO5	UEG4
61	Isolado Cataguases	Cap - Rio Pomba	Uso Permanente	Cataguases (MG)	0	1664	FEAM	BARRAGEM DE REJEITOS	Contenção de rejeitos de mineração	PS2	UEG7
62	Isolado Dona Eusébia	Rio Pomba	Uso Permanente	Dona Eusébia (MG)	0	1665	FEAM	Barragem Usina Paraíso	Contenção de resíduos industriais	PS2	UEG7
63	Isolado Rio Casca	Rio Casca	Uso Permanente	Rio Casca (MG)	0	1675	FEAM	MARANHÃO I	Contenção de resíduos industriais	DO1	UEG4
64	Isolado Iturama	Ribeirão Tronqueiras	Uso Permanente	Iturama (MG)	0	1727	FEAM	LAGOA ANAERÓBIA (Nº 1)	Contenção de resíduos industriais	GD8	UEG3
65	Isolado Centralina	Rio Piedade	Uso Permanente	Centralina (MG)	0	1751	FEAM	Barragem Pouso Alegre	Contenção de resíduos industriais	PN3	UEG6
66	Isolado Araxá	Córrego Fundo	Uso Permanente	Araxá (MG)	0	1798	FEAM	BARRAGEM 6	Contenção de resíduos industriais	PN2	UEG6
67	Isolado Piranga	Cap - Rio Piranga	Uso Permanente	Piranga (MG)	0	440	SNISB	BARRAGEM B1	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
68	Isolado Poços de Caldas 2	Ribeirão das Vargens	Uso Permanente	Poços de Caldas (MG)	0	449	SNISB	ÁREA DE RESÍDUO DE BAUXITA 7 (ARB 7)	Contenção de resíduos industriais	GD6	UEG3
69	Isolado Divinópolis 2	Itapecerica	Uso Permanente	Divinópolis (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
70	Isolado Conceição do Pará	Cap - Rio Pará	Uso Permanente	Conceição do Pará (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
71	Isolado Pará de Minas 1	Cap - Rio Pará	Uso Futuro	Pará de Minas (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
72	Isolado São Gonçalo do Pará	Cap - Rio Pará	Uso Emergencial	São Gonçalo do Pará (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
73	Isolado Nova Serrana	Rio Pará	Uso Permanente	Nova Serrana (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
74	Isolado Pitangui	Cap - Rio Pará	Uso Permanente	Pitangui (MG)	0	473	SNISB	B2	Contenção de rejeitos de mineração	SF2	UEG1
75	Isolado Fortaleza de Minas	Rio São João	Uso Permanente	Fortaleza de Minas (MG)	0	490	SNISB	BARRAGEM REJEITOS	Contenção de rejeitos de mineração	GD7	UEG3
76	Isolado Itaú de Minas	Rio São João	Uso Permanente	Itaú de Minas (MG)	0	490	SNISB	BARRAGEM REJEITOS	Contenção de rejeitos de mineração	GD7	UEG3
77	Isolado Congonhas - ETA Matriz	Cap - Gambá	Uso Permanente	Congonhas (MG)	0	493	SNISB	Baixo João Pereira	Contenção de rejeitos de mineração	SF3	UEG1
78	Isolado Santo Antônio do Grama	Ribeirão Santo Antônio	Uso Permanente	Santo Antônio do Grama (MG)	0	921	SNISB	EB-2	Contenção de rejeitos de mineração	DO1	UEG4
79	Isolado Ibiá	Captação Quebranzol	Uso Permanente	Ibiá (MG)	0	998	SNISB	BARRAGEM 6	Contenção de resíduos industriais	PN2	UEG6
80	Integrado Nanuque - Serra dos Aimorés	Rio Mucuri	Uso Permanente	Nanuque (MG), Serra dos Aimorés (MG)	0	1980	FEAM	D 1	Contenção de rejeitos de mineração	MU1	UEG5
81	Carlos Chagas	Rio Mucuri	Uso Permanente	Carlos Chagas (MG)	0	1980	FEAM	D 1	Contenção de rejeitos de mineração	MU1	UEG5
82	Integrado Frei Inocêncio-Mathias Lobato	Rio Suaçui Grande	Uso Permanente	Frei Inocêncio (MG), Mathias Lobato (MG)	0	1981	FEAM	CRUZEIRO	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
83	Isolado Unaí 1	Cap - Rio Preto	Uso Permanente	Unaí (MG)	0	625	SNISB	UHE Queimado - Dique 2	Hidrelétrica	SF7	UEG2
84	Isolado Capitólio	Represa de Furnas	Uso Permanente	Capitólio (MG)	0	749	SNISB	UHE Furnas - Dique de Piumhi	Hidrelétrica	GD3	UEG3
85	Isolado Berizal 1	Cap - Rio Pardo	Uso Permanente	Berizal (MG)	0	595	SNISB	Berizal	Regularização de vazão	PA1	UEG5
86	Isolado Carmo do Cajuru	Rio Pará	Uso Permanente	Carmo do Cajuru (MG)	0	140	SNISB	UHE Cajuru - Cajuru	Hidrelétrica	SF2	UEG1
87	Isolado Divinópolis 1	Pará	Uso Permanente	Divinópolis (MG)	0	140	SNISB	UHE Cajuru - Cajuru	Hidrelétrica	SF2	UEG1



FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
88	Isolado Juiz de Fora - Espírito Santo	Cap - Chapéu D'Uva	Uso Permanente	Juiz de Fora (MG)	0	1411	IGAM	Barragem de Chapéu D'uvas	Abastecimento humano	PS1	UEG7
89	Isolado Francisco Badaró	Rio Setúbal	Uso Permanente	Francisco Badaró (MG)	0	86	SNISB	Setúbal	Abastecimento humano	JQ2	UEG5
90	Isolado Jenipapo de Minas	Rio Setúbal	Uso Permanente	Jenipapo de Minas (MG)	0	86	SNISB	Setúbal	Abastecimento humano	JQ2	UEG5
91	Integrado Catuti - Mato Verde	Cap - Barragem Viamão	Uso Permanente	Catuti (MG), Mato Verde (MG)	0	483	SNISB	BARRAGEM DE VIAMÃO	Abastecimento humano	SF10	UEG2
92	Isolado Salinas	Cap - Rio Salinas	Uso Permanente	Salinas (MG)	0	237	SNISB	Salinas	Abastecimento humano	JQ3	UEG5
93	Isolado Montes Claros 3 - ETA Verde Grande	Barragem Juramento	Uso Permanente	Montes Claros (MG)	0	475	SNISB	BARRAGEM DE JURAMENTO	Abastecimento humano	SF10	UEG2
94	Isolado Itaúna	Barragem Doutor Augusto Gonçalves	Uso Emergencial	Itaúna (MG)	0	524	SNISB	CGH Coronel Jové Soares Nogueira (benfica) - Barragem do Benfica	Hidrelétrica	SF2	UEG1
95	Isolado Itaúna	Barragem Doutor Augusto Gonçalves	Uso Permanente	Itaúna (MG)	0	524	SNISB	CGH Coronel Jové Soares Nogueira (benfica) - Barragem do Benfica	Hidrelétrica	SF2	UEG1
96	Isolado Águas Vermelhas	Cap - Rio Mosquito	Uso Permanente	Águas Vermelhas (MG)	0	820	SNISB	Samambaia	Abastecimento humano	PA1	UEG5
97	Isolado Juiz de Fora - Dr. João Penido	Cap - Dr. João Penido I	Uso Permanente	Juiz de Fora (MG)	0	783	SNISB	Barragem Doutor João Penido	Abastecimento humano	PS1	UEG7
98	Isolado Juiz de Fora - Dr. João Penido	Cap - Dr. João Penido II	Uso Permanente	Juiz de Fora (MG)	0	783	SNISB	Barragem Doutor João Penido	Abastecimento humano	PS1	UEG7
99	Isolado Araxá	Córrego Feio	Uso Permanente	Araxá (MG)	0	993	SNISB	Barragem 5	Industrial	PN2	UEG6
100	Teófilo Otoni	Rio São José	Uso Permanente	Teófilo Otoni (MG)	0	66	SNISB	BARRAGEM DE TODOS OS SANTOS	Abastecimento humano	MU1	UEG5
101	Teófilo Otoni	Rio Todos os Santos	Uso Permanente	Teófilo Otoni (MG)	0	66	SNISB	BARRAGEM DE TODOS OS SANTOS	Abastecimento humano	MU1	UEG5
102	Isolado Porteirinha	Barragem do Talhado	Uso Permanente	Porteirinha (MG)	0	337	SNISB	Mosquito	Abastecimento humano	SF10	UEG2
103	Isolado Serranópolis de Minas	Rio Mosquito	Uso Permanente	Serranópolis de Minas (MG)	0	337	SNISB	Mosquito	Abastecimento humano	SF10	UEG2
104	Isolado Uberlândia 2 - Bom Jardim	Captação na represa Barragem Córrego do Soberbo	Uso Permanente	Uberlândia (MG)	0	1256	IGAM	REPRESA BOM JARDIM	Abastecimento humano	PN2	UEG6
105	Isolado Pedra Azul	Barragem de nível Rio São Francisco	Uso Permanente	Pedra Azul (MG)	0	948	SNISB	BARRAGEM SOBERBO	Abastecimento humano	JQ3	UEG5
106	Isolado Pedra Azul	Barragem de nível Rio São Francisco	Uso Permanente	Pedra Azul (MG)	0	948	SNISB	BARRAGEM SOBERBO	Abastecimento humano	JQ3	UEG5
107	Isolado Poços de Caldas 1	Ribeirão Ponte Alta	Uso Permanente	Poços de Caldas (MG)	0	1225	IGAM	SATURNINO DE BRITO	Defesa contra inundações	GD6	UEG3
108	Isolado Rio Pomba	Rio Pomba	Uso Permanente	Rio Pomba (MG)	0	908	SNISB	CGH Ituerê - Barragem da CGH Ituerê	Hidrelétrica	PS2	UEG7
109	Isolado Guanhões 1	Ribeirão Graipu	Uso Permanente	Guanhões (MG)	0	1345	IGAM	Barragem Santa Cruz	Regularização de vazão	DO4	UEG4
110	Isolado Ibiraci	Ribeirão do Ouro	Uso Permanente	Ibiraci (MG)	0	906	SNISB	Isolado Ibiraci	Abastecimento humano	GD7	UEG3
111	Isolado Caratinga	Ribeirão da Laje	Uso Permanente	Caratinga (MG)	0	1065	ANEEL	CGH Ribeirão do Lage	Hidrelétrica	DO5	UEG4
112	Isolado Inconfidentes	Ribeirão Pitangas	Uso Permanente	Inconfidentes (MG)	0	1476	IGAM	Barragem 04	Dessedentação animal	GD6	UEG3
113	Isolado Campanha	Ribeirão Santo Antônio	Uso Permanente	Campanha (MG)	0	1260	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO SANTO ANTÔNIO	Abastecimento humano	GD4	UEG3
114	Isolado Sapucaí-Mirim	Pires	Uso Permanente	Sapucaí-Mirim (MG)	0	1348	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIO CLARO	Abastecimento humano	GD5	UEG3
115	Isolado Florestal	Cap - Ribeirão Camarão	Uso Permanente	Florestal (MG)	0	985	SNISB	Barragem B5	Paisagismo	SF3	UEG1
116	Isolado Poços de Caldas 3	Ribeirão do Cipó	Uso Permanente	Poços de Caldas (MG)	0	1486	IGAM	BARRAMENTO	Paisagismo	GD6	UEG3
117	Isolado Guaxupé	Rio Guaxupé	Uso Permanente	Guaxupé (MG)	0	652	SNISB	Isolado Guaxupé	Abastecimento humano	GD6	UEG3
118	Isolado São Pedro da União	Córrego Água Espalhada	Uso Permanente	São Pedro da União (MG)	0	1631	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO ÁGUA ESPALHADA	Abastecimento humano	GD7	UEG3



FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
119	Isolado Laranjal 1	Córrego dos Patrícios	Uso Permanente	Laranjal (MG)	0	1641	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO DOS PATRÍCIOS	Abastecimento humano	PS2	UEG7
120	Isolado Itapagipe	Ribeirão Cachoeira de Cima	Uso Permanente	Itapagipe (MG)	0	1603	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO CACHOEIRA DE CIMA	Abastecimento humano	GD8	UEG3
121	Isolado Caldas	Cap - Ribeirão dos Bugres	Uso Permanente	Caldas (MG)	0	1619	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO DOS BUGRES	Abastecimento humano	GD6	UEG3
122	Isolado Araxá	Córrego Areia	Uso Permanente	Araxá (MG)	0	1597	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO FEIO	Abastecimento humano	PN2	UEG6
123	Isolado Itabira - Pureza	Captação Pureza	Uso Permanente	Itabira (MG)	0	218	SNISB	BARRAMENTO SÍTIO CONSTRUTORA VALE VERDE	Industrial	DO2	UEG4
124	Isolado Monte Santo de Minas	Córrego Pinheirinho	Uso Emergencial	Monte Santo de Minas (MG)	0	1628	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO PINHEIRINHO	Abastecimento humano	GD7	UEG3
125	Isolado Nova Era 2	Cap - Rio do Prata	Uso Permanente	Nova Era (MG)	0	1023	ANEEL	CGH Barra	Hidrelétrica	DO2	UEG4
126	Isolado Lavras	Córrego Santa Cruz	Uso Permanente	Lavras (MG)	0	1355	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SANTA CRUZ	Abastecimento humano	GD1	UEG3
127	Isolado Delfinópolis	Ribeirão do Claro	Uso Permanente	Delfinópolis (MG)	0	1622	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO CLARO	Abastecimento humano	GD7	UEG3
128	Isolado São Sebastião do Paraíso	Córrego Liso	Uso Permanente	São Sebastião do Paraíso (MG)	0	1632	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO LISO	Abastecimento humano	GD7	UEG3
129	Isolado Rio Novo	Calixto	Uso Permanente	Rio Novo (MG)	0	1349	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO CALIXTO	Abastecimento humano	PS2	UEG7
130	Isolado Ubá 1 - ETA Peixoto Filho	Córrego Ubá Pequeno	Uso Permanente	Ubá (MG)	0	1339	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO UBÁ PEQUENO	Abastecimento humano	PS2	UEG7
131	Isolado Varginha 2 - Santana	Cap - Ribeirão Santana	Uso Permanente	Varginha (MG)	0	1338	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO SANTANA	Abastecimento humano	GD4	UEG3
132	Isolado Teixeiras	Cap - Ribeirão Teixeiras	Uso Permanente	Teixeiras (MG)	0	1340	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO TEIXEIRAS	Abastecimento humano	DO1	UEG4
133	Isolado Tabuleiro	Rio Formoso	Uso Permanente	Tabuleiro (MG)	0	282	SNISB	BARRAGEM LATERAL 2	Paisagismo	PS2	UEG7
134	Isolado Santa Rosa da Serra	Córrego Monjolinho	Uso Permanente	Santa Rosa da Serra (MG)	0	1599	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO DA GRAMA	Abastecimento humano	SF4	UEG1
135	Isolado Guaranésia	Ribeirão Santa Bárbara	Uso Permanente	Guaranésia (MG)	0	1623	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO SANTA BÁRBARA	Abastecimento humano	GD6	UEG3
136	Isolado Muzambinho	Rio Muzambinho	Uso Permanente	Muzambinho (MG)	0	1629	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO MUZAMBINHO	Abastecimento humano	GD3	UEG3
137	Isolado São Sebastião do Paraíso	Córrego Pilões	Uso Permanente	São Sebastião do Paraíso (MG)	0	1633	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO PILÕES	Abastecimento humano	GD7	UEG3
138	Isolado Munhoz	Cap - Córrego Pedra Vermelha	Uso Permanente	Munhoz (MG)	0	1341	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO PEDRA VERMELHA	Abastecimento humano	GD6	UEG3
139	Isolado Madre de Deus de Minas 1	Ribeirão Santo Antônio	Uso Permanente	Madre de Deus de Minas (MG)	0	1354	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO	Abastecimento humano	GD1	UEG3
140	Isolado Ibiraci	Córrego Massaranduba	Uso Permanente	Ibiraci (MG)	0	1358	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO DO OURO	Abastecimento humano	GD7	UEG3
141	Isolado Vieiras 1	Serrinha	Uso Permanente	Vieiras (MG)	0	1337	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SERRINHA	Abastecimento humano	PS2	UEG7
142	Isolado Maria da Fé	Ribeirão Cambuí	Uso Permanente	Maria da Fé (MG)	0	1353	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO CAMBUÍ	Abastecimento humano	GD5	UEG3
143	Isolado Belmiro Braga	Cap - Ribeirão Lambari	Uso Permanente	Belmiro Braga (MG)	0	1263	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO LAMBARI	Abastecimento humano	PS1	UEG7
144	Isolado Campestre	Rio do Peixe	Uso Permanente	Campestre (MG)	0	909	SNISB	CGH Pedacinho do Céu - CGH PEDACINHO DO CÉU	Hidrelétrica	GD3	UEG3
145	Isolado Conselheiro Lafaiete 1	Cap - Ribeirão Bananeiras	Uso Permanente	Conselheiro Lafaiete (MG)	0	1394	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO BANANEIRA	Abastecimento humano	SF3	UEG1
146	Isolado Pequeri 1	Bela Itália	Uso Permanente	Pequeri (MG)	0	1351	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO BELA ITÁLIA	Abastecimento humano	PS1	UEG7
147	Isolado Perdizes	Rio São Francisco do Borja	Uso Permanente	Perdizes (MG)	0	1325	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL SÃO FRANCISCO BORJA	Abastecimento humano	PN2	UEG6

FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
148	Isolado Tiros	Córrego dos Tiros	Uso Permanente	Tiros (MG)	0	1602	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO DOS TIROS	Abastecimento humano	SF4	UEG1
149	Isolado Iraí de Minas 1	Ribeirão Bagagem	Uso Permanente	Iraí de Minas (MG)	0	1303	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIO BAGAGEM	Abastecimento humano	PN1	UEG6
150	Isolado Dom Bosco	Cap - Córrego Gado Bravo	Uso Permanente	Dom Bosco (MG)	0	315	SNISB	BARRAGEM /01	Recreação	SF7	UEG2
151	Isolado Nova Resende	Rio Claro	Uso Permanente	Nova Resende (MG)	0	1630	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIO CLARO	Abastecimento humano	GD3	UEG3
152	Isolado Heliodora	Ribeirão Santa Izabel	Uso Permanente	Heliodora (MG)	0	1258	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO SANTA ISABEL	Abastecimento humano	GD5	UEG3
153	Isolado Arcos	Córrego Vargem dos Britos	Uso Permanente	Arcos (MG)	0	1323	IGAM	Barragem de Nível Córrego das Almas	Abastecimento humano	SF1	UEG1
154	Isolado Arcos	Córrego das Almas	Uso Permanente	Arcos (MG)	0	1323	IGAM	Barragem de Nível Córrego das Almas	Abastecimento humano	SF1	UEG1
155	Isolado Santa Vitória	Córrego Invernada	Uso Permanente	Santa Vitória (MG)	0	1605	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO INVERNADA	Abastecimento humano	PN3	UEG6
156	Isolado Virginópolis	Córrego Santa Cruz	Uso Permanente	Virginópolis (MG)	0	1308	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SANTA CRUZ (TUTUCA)	Abastecimento humano	DO4	UEG4
157	Isolado Passa Tempo	Cap - Córrego Passa Tempo	Uso Permanente	Passa Tempo (MG)	0	1319	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO PASSA TEMPO	Abastecimento humano	SF2	UEG1
158	Isolado Santana de Cataguases 1	Ribeirão Fumaça	Uso Permanente	Santana de Cataguases (MG)	0	1344	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO FUMAÇA	Abastecimento humano	PS2	UEG7
159	Isolado São José do Divino	Córrego dos Crispins	Uso Permanente	São José do Divino (MG)	0	1380	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO DOS CRISPINS	Abastecimento humano	SM1	UEG5
160	Isolado Frutal	Ribeirão Frutal	Uso Permanente	Frutal (MG)	0	1327	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO FRUTAL	Abastecimento humano	GD8	UEG3
161	Isolado Itamarandiba	São João	Uso Permanente	Itamarandiba (MG)	0	1314	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SÃO JOÃO	Abastecimento humano	JQ2	UEG5
162	Isolado Areado 1	Santo Antônio	Uso Permanente	Areado (MG)	0	1262	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO	Abastecimento humano	GD3	UEG3
163	Isolado Crucilândia	Córrego Água Limpa	Uso Permanente	Crucilândia (MG)	0	1322	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO ÁGUAS CLARAS	Abastecimento humano	SF3	UEG1
164	Isolado São Brás do Suaçuí	Cap -Córrego da Fazenda	Uso Permanente	São Brás do Suaçuí (MG)	0	1392	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO DA FAZENDA	Abastecimento humano	SF3	UEG1
165	Isolado Piranguinho	Cap -Ribeirão dos Porcos	Uso Permanente	Piranguinho (MG)	0	1274	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO DOS PORCOS	Abastecimento humano	GD5	UEG3
166	Isolado Fronteira dos Vales	Cap - Córrego Novo	Uso Permanente	Fronteira dos Vales (MG)	0	1383	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO NOVO	Abastecimento humano	MU1	UEG5
167	Isolado Cachoeira de Minas	Cap - Rio Sapucaí-Mirim	Uso Permanente	Cachoeira de Minas (MG)	0	1616	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO BARREIRO	Abastecimento humano	GD5	UEG3
168	Integrado Catarina	Cap - Auxiliar 2	Uso Permanente	Belo Horizonte (MG), Ibirité (MG)	0	1335	IGAM	Barragem de Nível Auxiliar Catarina II	Abastecimento humano	SF3	UEG1
169	Isolado Carai 1	Cap - Córrego São José	Uso Permanente	Carai (MG)	0	1384	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO CÓRREGO SÃO JOSÉ	Abastecimento humano	JQ3	UEG5
170	Isolado Sabará 1	Cap - Córrego dos Pintos	Uso Permanente	Sabará (MG)	0	1330	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO DA PRAIA	Abastecimento humano	SF5	UEG1
171	Isolado Sabará 1	Cap - Rib Vermelho	Uso Permanente	Sabará (MG)	0	1330	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO DA PRAIA	Abastecimento humano	SF5	UEG1
172	Isolado São Tiago	Ribeirão Sujo	Uso Permanente	São Tiago (MG)	0	1615	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO SUJO	Abastecimento humano	GD2	UEG3
173	Isolado São José do Mantimento	Córrego do Mantimento	Uso Permanente	São José do Mantimento (MG)	0	1300	IGAM	BARRAGEM DE ACUMULAÇÃO CÓRREGO MANTIMENTO	Abastecimento humano	DO6	UEG4
174	Isolado São Francisco de Paula	Ribeirão Quebra Anzol	Uso Permanente	São Francisco de Paula (MG)	0	1614	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO QUEBRA ANZOL	Abastecimento humano	GD2	UEG3
175	Isolado Candeias	Ribeirão Congo Choco	Uso Permanente	Candeias (MG)	0	1612	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL DO RIBEIRÃO DO CONGO CHOCO	Abastecimento humano	GD3	UEG3



FID	nm_captaca	nm_fantasi	status_man	nm_municip	id_unico	ID_BARR_1	Fonte	NM_BAR	USO_PRINC	CH	UEG
176	Isolado Barbacena 1	Córrego Caetés	Uso Permanente	Barbacena (MG)	0	1264	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO CAETÉ	Abastecimento humano	GD2	UEG3
177	Isolado Brasília de Minas 1	Rio Paracatu	Uso Permanente	Brasília de Minas (MG)	0	1388	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIO PARACATU	Abastecimento humano	SF6	UEG2
178	Isolado Nova União	Córrego dos Lopes	Uso Permanente	Nova União (MG)	0	1652	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO DOS LOPES	Abastecimento humano	SF5	UEG1
179	Isolado Dom Silvério	Cap - Córrego Jacarandá	Uso Permanente	Dom Silvério (MG)	0	1318	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO JACARANDÁ 1	Abastecimento humano	DO1	UEG4
180	Isolado Virgolândia	Córrego Taquaral	Uso Permanente	Virgolândia (MG)	0	1307	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO TAQUARAL	Abastecimento humano	DO4	UEG4
181	Isolado Caparaó	Cap - Córrego Fama	Uso Permanente	Caparaó (MG)	0	1301	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL RIBEIRÃO FAMA	Abastecimento humano	IB1	UEG7
182	Isolado Cabo Verde 1	Córrego Assunção	Uso Permanente	Cabo Verde (MG)	0	1261	IGAM	BARRAGEM DE NÍVEL CÓRREGO ASSUNÇÃO	Abastecimento humano	GD3	UEG3
183	Isolado Alpercata	Rio Doce	Uso Permanente	Alpercata (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
184	Isolado Alpercata	Rio Doce	Uso Permanente	Alpercata (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
185	Isolado Tumiritinga	Rio Doce	Uso Permanente	Tumiritinga (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
186	Isolado Tumiritinga	Rio Doce	Uso Permanente	Tumiritinga (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
187	Isolado Governador Valadares - ETA Recanto dos Sonhos	Captação ETA Recanto dos Sonhos	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
188	Isolado Governador Valadares - ETA Recanto dos Sonhos	Captação ETA Recanto dos Sonhos	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
189	Isolado Governador Valadares - ETA Central	Captação ETA Central	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
190	Isolado Governador Valadares - ETA Central	Captação ETA Central	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
191	Isolado Galiléia	Cap - Rio Doce	Uso Permanente	Galiléia (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
192	Isolado Galiléia	Cap - Rio Doce	Uso Permanente	Galiléia (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
193	Isolado Governador Valadares - ETA Vila Isa	Captação ETA Vila Isa	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
194	Isolado Governador Valadares - ETA Vila Isa	Captação ETA Vila Isa	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
195	Isolado Governador Valadares - ETA Santa Rita	Captação ETA Santa Rita	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO5	UEG4
196	Isolado Governador Valadares - ETA Santa Rita	Captação ETA Santa Rita	Uso Permanente	Governador Valadares (MG)	0	103	SNISB	Dique Portaria	Contenção de rejeitos de mineração	DO4	UEG4
197	Isolado São Romão 1 - Superficial	Rio São Francisco	Uso Permanente	São Romão (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF6	UEG2
198	Isolado São Romão 1 - Superficial	Rio São Francisco	Uso Permanente	São Romão (MG)	0	111	SNISB	DIQUE DO ESMERIL IV	Contenção de rejeitos de mineração	SF8	UEG2



APÊNDICE VI – TRECHOS SOB RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS QUE INTERCEPTAM ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO

Neste relatório o resultado completo do cruzamento entre os trechos sob risco de rompimento de barragens e as áreas prioritárias para conservação é apresentado como apêndice digital com acesso pelo link abaixo:

[RP003 - APÊNDICE VI – TRECHOS SOB RISCO DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS QUE INTERCEPTAM ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO.xlsx](#)