



EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Danny Dalberson de Oliveira (DDO) – Coordenador
Leonardo Mitre Alvim de Castro (LMC) – Coordenador Executivo
Aída Pereira Andrezza (APA) – Gestão de Recursos Hídricos
Christiane Spörl de Castro (CHS) – Meio Físico e Meio Biótico
Flavio de Paula e Silva (FPS) – Águas Subterrâneas
Betty Schfinagel Abramowicz (BSA) – Meio Socioeconômico
Flora Kaori Abuno (FKA) – Gestão de Recursos Hídricos
Felipe Andrade Silva (FAS) – Gestão de Recursos Hídricos
Laís Amorim (LA) – Qualidade das Águas
Miguel Fontes de Souza (MFD) – Gestão de Recursos Hídricos

Revisão	Data	Descrição Breve	Ass. do Autor.	Ass. do Superv.	Ass. de Aprov.
2	15/10/2021	Atendimento a comentários			
1	20/09/2021	Atendimento a comentários			
0	02/08/2021	Emissão Inicial			

CONTRATO DE GESTÃO Nº 028/ANA/2020 - SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS E ESTUDO PARA O PLANEJAMENTO DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - TRECHO ALTO SÃO FRANCISCO

Diagnóstico da Circunscrição Hidrográfica SF2 – Bacia do Rio Pará

Elaborado por:
CHS, APA, LMC, FPS, BSA, FKA, MFD, FAS.

Supervisionado por:
LMC

Aprovado por:
DDO

Revisão	Finalidade	Data
2	3	15/10/2021

Legenda Finalidade: (1) Para informação (2) Para Comentário (3) Para Aprovação



ENGE CORPS ENGENHARIA S.A.
Alameda Tocantins, 125 – 12º andar - Cj. 1202
Contrato: 02/2021

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte do contrato nº 02/2021 firmado em 03/03/2021 entre a Agência Peixe Vivo (APV) e a ENGEORPS para a elaboração da “Proposta de Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais e a Elaboração de um Planejamento de Enquadramento das Águas Subterrâneas na Bacia do Rio São Francisco, a Montante da Barragem de Três Marias (Alto São Francisco)”, no âmbito do Contrato de Gestão nº 028/ANA/2020. Em 18/03/2021, a APV emitiu a Ordem de Serviço (OS) nº 05/2021, autorizando o início dos estudos.

Conforme preconizado no Termo de Referência (TR), o trabalho terá seu desenvolvimento ao longo de 17 meses, tendo uma estrutura metodológica pautada em oito etapas, sendo que cada uma delas culmina na entrega de um produto, conforme a seguir:

Produto	Título	Descrição do Conteúdo
1	Plano de Trabalho	Linhas gerais do desenvolvimento do estudo e detalhamento do cronograma do projeto
2	Diagnóstico	Levantamento das informações necessárias para se estabelecer o estado da arte do conhecimento acerca do tema de recursos hídricos nas CHs SF2, SF3 e SF4 do Alto São Francisco
3	Prognóstico	Resultados do trabalho de elaboração de cenários futuros que servirão de referência para a realização dos estudos específicos (enquadramento de águas superficiais e programa de monitoramento de águas subterrâneas)
4	Metas do Enquadramento das Águas Superficiais	Proposição para as metas progressivas e alternativas de enquadramento
5	Programa de Efetivação do Enquadramento das Águas Superficiais	Definição das intervenções, com estimativa de custos das ações, propostas de metodologia de acompanhamento de metas progressivas, e recomendações para os setores usuários e comitês de bacia
6	Proposta Conceitual para o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Definições operacionais da rede de monitoramento (pontos, frequências de amostragem e análise, parâmetros), do arranjo institucional, dos custos envolvidos e dos prazos para implantação
7	Relatório Final do Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais	Conclusões do estudo de enquadramento das águas superficiais das sub-bacias do Alto São Francisco
8	Relatório Final do Planejamento de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Determinações para a implantação do programa de monitoramento das águas subterrâneas das sub-bacias do Alto São Francisco

SUMÁRIO

	PÁG.
APRESENTAÇÃO.....	I
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CH BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – SF2.....	3
2.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS.....	3
2.2 CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	9
2.3 OUTROS ASPECTOS FÍSICOS.....	28
2.3.1 <i>Clima e Vulnerabilidade Climática.....</i>	<i>28</i>
2.3.2 <i>Geomorfologia.....</i>	<i>53</i>
2.3.3 <i>Pedologia.....</i>	<i>57</i>
2.3.4 <i>Potencial de Erosão.....</i>	<i>60</i>
2.4 ASPECTOS BIÓTICOS E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS.....	65
2.4.1 <i>Cobertura Vegetal.....</i>	<i>65</i>
2.4.2 <i>Áreas Legalmente Protegidas.....</i>	<i>69</i>
2.5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	75
2.5.1 <i>Demografia dos Municípios da Bacia.....</i>	<i>81</i>
2.5.2 <i>Demografia no Território da Bacia.....</i>	<i>91</i>
2.5.3 <i>Economia Regional.....</i>	<i>94</i>
2.6 DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	103
2.6.1 <i>Metodologia.....</i>	<i>104</i>
2.6.2 <i>Situação Atual.....</i>	<i>105</i>

2.6.3	<i>Dinâmica e Tendências</i>	110
3.	DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL	117
3.1.1	<i>Análise dos monitoramentos disponíveis</i>	117
3.1.2	<i>Estimativa das principais vazões de referência para os principais cursos de água da bacia – vazão $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlt}</i>	121
4.	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS NA BACIA – ÁGUAS SUPERFICIAIS	125
4.1	CADASTRO DE OUTORGAS – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	125
4.1.1	<i>Águas Superficiais</i>	125
4.1.2	<i>Águas Subterrâneas</i>	128
4.1.3	<i>Usos Insignificantes</i>	129
4.2	DEMANDAS DE USOS CONSUNTIVOS – ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	132
4.3	DEMANDAS DE USOS NÃO CONSUNTIVOS	137
4.4	ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES MAIS RESTRITIVOS.....	140
5.	DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	152
5.1	ANÁLISE DE ESTUDOS EXISTENTES.....	152
5.2	LEVANTAMENTO DE DADOS	153
5.3	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	157
5.4	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	163
5.4.1	<i>Sistemas Aquíferos</i>	168
5.4.2	<i>Potencialidades dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará</i>	171
5.4.3	<i>Potenciometria dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará</i>	174
5.4.4	<i>Reservas Hídricas Subterrâneas da Bacia do Rio Pará</i>	178

5.4.5	<i>Disponibilidades Hídricas Subterrâneas da Bacia do Rio Pará.....</i>	180
5.4.6	<i>Modelo Conceitual de Fluxo dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará.....</i>	181
5.4.7	<i>Vulnerabilidade dos Aquíferos.....</i>	183
5.4.8	<i>Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas</i>	187
5.4.9	<i>Avaliação da Intensidade de Exploração.....</i>	204
5.4.10	<i>Monitoramento de Águas Subterrâneas.....</i>	206
5.4.11	<i>Viabilidade Técnica do Enquadramento.....</i>	208
5.4.12	<i>Considerações Finais.....</i>	211
6.	IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DAS FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAIS E DIFUSAS ATUAIS.....	213
6.1	ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS PONTUAIS (EFLUENTES DOMICILIARES, INDUSTRIAIS)	213
6.2	ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS DIFUSAS (ORIUNDAS DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS E DE OUTRAS FONTES CAUSADORAS DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS)	218
7.	ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	224
7.1	ANÁLISE DE QUALIDADE COM BASE NOS DADOS DE MONITORAMENTO	228
7.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS... ..	242
7.2.1	<i>Metodologia</i>	242
7.2.2	<i>Caracterização da área.....</i>	244
7.2.3	<i>Implementação do modelo</i>	252
7.2.4	<i>Calibração do Modelo SWMM.....</i>	258
7.2.1	<i>Simulação de Cenários com vazões de referência.....</i>	280

7.3	IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MONITORAMENTO E COTEJO FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE FORMA A AVALIAR CONDIÇÃO DA BACIA.....	285
7.3.1	<i>Metodologia de cálculo.....</i>	285
7.3.2	<i>Resultados.....</i>	288
7.3.3	<i>Considerações.....</i>	296
8.	ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL PERTINENTE.....	297
8.1	ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL DE ABRANGÊNCIA NACIONAL E ESTADUAL QUE TENHA RELAÇÃO COM OS ESTUDOS ORA EM CURSO.....	297
8.2	LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES COM ATUAÇÃO NA BACIA E QUE FAZEM PARTE DO SINGREH.....	304
9.	LEVANTAMENTO DE POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS EXISTENTES E CAPACIDADE DE INVESTIMENTO.....	307
10.	CONSULTA PÚBLICA	315
10.1	CONVITES E MOBILIZAÇÃO.....	315
10.2	REALIZAÇÃO DO EVENTO.....	317
10.3	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	318
11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	323
12.	REFERÊNCIAS	325
	ANEXO I – EXEMPLO DE E-MAIL CONVITE À CONSULTA PÚBLICA	1
	ANEXO II – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA	1
	ANEXO III – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO DIAGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA.....	1

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Macrolocalização da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	4
Figura 2.2 – Localização das UEG Afluentes do Alto São Francisco.....	5
Figura 2.3 – Municípios inseridos na CH SF2 e as Regiões Geográficas	7
Figura 2.4 – A CH SF2 no contexto da Bacia do Rio São Francisco.....	10
Figura 2.5 – Divisão da CH SF2 em sub-bacias.....	12
Figura 2.6 – Áreas (em km ²) das sub-bacias de cada macro-divisão da CH SF2.....	14
Figura 2.7 – Pontos de Monitoramento da Qualidade da Água e resultados de IQA para o ano de 2020 na SF2.....	16
Figura 2.8 – Enquadramento dos corpos hídricos na SF2.....	18
Figura 2.9 – Macro-divisão Hidrográfica do Alto Pará	20
Figura 2.10 – Macro-divisão Hidrográfica do Médio Pará	22
Figura 2.11 – Macro-divisão Hidrográfica do Baixo Pará	25
Figura 2.12 – Distribuição Climática na CH SF2	30
Figura 2.13 – Distribuição das Estações Climatológicas próximas à CH SF2.....	32
Figura 2.14 – Temperatura média mensal nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (°C)	33
Figura 2.15 – Evaporação Média Mensal, medida pelo evaporímetro Piché, nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (mm)	36
Figura 2.16 – Insolação Total medida nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (horas)	37
Figura 2.17 – Precipitação média anual do entorno da CH SF2	40

Figura 2.18 – Precipitação mínima anual, que ocorre no período mais seco (Junho, Julho e Agosto)	42
Figura 2.19 – Precipitação máxima anual, que ocorre no período mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro).....	44
Figura 2.20 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios da CH SF2.....	48
Figura 2.21 – Índice de Vulnerabilidade à Inundações nos rios da CH SF2	52
Figura 2.22 – Relevo na CH SF2	54
Figura 2.23 – Províncias Geomorfológicas na CH SF2.....	56
Figura 2.24 – Pedologia na CH SF2.....	58
Figura 2.25 – Suscetibilidade à erosão na CH SF2.....	64
Figura 2.26 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF2.....	67
Figura 2.27 – Áreas protegidas na CH SF2.....	71
Figura 2.28 – Patrimônio Espeleológico na área de abrangência da CH SF2.....	74
Figura 2.29 – Evolução da população total dos municípios mais populosos que integram a CH SF2 (2020-2050)	83
Figura 2.30 – Densidade demográfica dos municípios no território da bacia.	90
Figura 2.31 – Projeção da população dos municípios mais populosos no território da CH SF2 (2020-2050)	93
Figura 2.32 – Uso e Ocupação do Solo Atual na CH SF2.....	107
Figura 2.33 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo na CH SF2 entre 2000 e 2019.	113
Figura 2.34 – Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na SF2 período 2000 a 2019.	115

Figura 2.35 – Vetores de expansão das áreas ocupadas por Florestas Plantadas e Lavouras Temporárias na SF2.....	116
Figura 3.1 – Estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2.....	120
Figura 4.1 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF2.	139
Figura 4.2 – Espacialização das outorgas de águas estaduais superficiais coletivas na CH SF2.....	143
Figura 4.3 – Espacialização das outorgas de águas estaduais superficiais na CH SF2.	144
Figura 4.4 – Espacialização das outorgas de águas estaduais subterrâneas na CH SF2.....	145
Figura 4.5 – Espacialização de usos insignificantes de águas superficiais na CH SF2.	146
Figura 4.6 – Espacialização de usos insignificantes de águas subterrâneas na CH SF2.	147
Figura 4.7 – Usos preponderantes na CH SF2, considerando o critério em que a soma corresponde a 90% do total de vazão de retirada de usos consuntivos.....	150
Figura 4.8 – Principais usos por sub-bacia, considerando a metodologia de análise para todas as finalidades mais restritivas adotadas.	151
Figura 5.1 – Mapa Geológico da Bacia do Rio Pará (CPRM, 2007).....	162
Figura 5.2 – Sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará (CPRM, 2007).	167
Figura 5.3 – Histograma de q/s dos sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará.....	173
Figura 5.4 – Correlação entre carga hidráulica e altitude do terreno.....	176
Figura 5.5 – Mapa potenciométrico dos aquíferos superficiais da bacia do rio Pará.	177

Figura 5.6 – Representação dos sistemas de fluxo subterrâneos.....	182
Figura 5.7 – Índices de vulnerabilidade GOD (FOSTER et al., 2006).	184
Figura 5.8 – Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da Bacia do Rio Pará.	186
Figura 5.9 – Localização e classificação ambiental dos empreendimentos com declaração de carga poluidora.	190
Figura 5.10 – Localização das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Rio Pará.	193
Figura 5.11 – Número e classificação das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Rio Pará.	194
Figura 5.12 – Potencial de contaminação por saneamento in situ de municípios da Bacia do Rio Pará	197
Figura 5.13 – Distribuição das classes de potencial contaminante por fontes difusas da Bacia do Rio Pará.	200
Figura 5.14 – Distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Rio Pará.	203
Figura 5.15 – Intensidade de exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Pará.	205
Figura 5.16 – Parâmetros físico-químicos e biológicos de águas subterrâneas analisados pelo IGAM.	207
Figura 6.1 – Cargas pontuais de ETEs e empreendimentos na bacia hidrográfica do Rio Pará.	216
Figura 7.1 – Número de estações de monitoramento de qualidade da água do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Pará.	228
Figura 7.2 – Estações monitoramento de qualidade da água do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Pará consideradas neste estudo.	229

Figura 7.3 – Número de parâmetros medidos em pelo menos uma das estações do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Pará no período estudado (2019-2021).....232

Figura 7.4 – Número de estações do IGAM com pelo menos um dos parâmetros medidos bacia hidrográfica do Rio Pará no período estudado (2019-2021).232

Figura 7.5 – Funções e dependências dos constituintes no ambiente aquático.233

Figura 7.6 – Divisão das sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Pará utilizada neste trabalho245

Figura 7.7 – Usos do solo da bacia hidrográfica do Rio Pará. Referência: MapBiomass (2019).....246

Figura 7.8 – Tipos de solo da bacia hidrográfica do Rio Pará. Referência: IBGE (2009)248

Figura 7.9 – Declividade da bacia hidrográfica do Rio Pará.....249

Figura 7.10 – Índices de precipitação diária da estação pluviométrica 2044009 para o ano de 2019.250

Figura 7.11 – Dados de temperatura da estação PA003 na bacia hidrográfica do rio Pará.....251

Figura 7.12 – Dados de temperatura para o ano de 2019 da estação PA003 na bacia hidrográfica do rio Pará251

Figura 7.13 – Representação da Bacia do Rio Pará no modelo SWMM.....253

Figura 7.14 – Representação da seção transversal do Rio Itapeçerica (Estação Hidroweb 40185000)255

Figura 7.15 – Representação da seção transversal do Rio São João (Estação Hidroweb 40269900)255

Figura 7.16 – Representação da seção transversal do Rio Picão (Estação Hidroweb 40500000)256

Figura 7.17 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Pará (Estação Hidroweb 40150000).....	256
Figura 7.18 – Representação da seção transversal do trecho intermediário do Rio Pará (Estação Hidroweb 40330000).....	257
Figura 7.19 – Representação da seção transversal do trecho de jusante do Rio Pará (Estação Hidroweb 40450001).....	257
Figura 7.20 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica (Estação 4185000).....	260
Figura 7.21 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica.....	260
Figura 7.22 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica.....	261
Figura 7.23 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João (Estação 40269900).....	262
Figura 7.24 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João.....	262
Figura 7.25 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João.....	263
Figura 7.26 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão (40500000).....	264
Figura 7.27 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão.....	265
Figura 7.28 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão.....	265
Figura 7.29 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará (40150000).....	266

Figura 7.30 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará, trecho de montante.....266

Figura 7.31 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará, trecho de montante.267

Figura 7.32 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará (40330000).268

Figura 7.33 – Resultado da calibração do modelo hidrológico do Rio Pará, trecho intermediário.....269

Figura 7.34 – Resultado da validação do modelo hidrológico do Rio Pará, trecho intermediário.....269

Figura 7.35 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Itapecerica.271

Figura 7.36 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Itapecerica.....272

Figura 7.37 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio São João.273

Figura 7.38 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio São João.274

Figura 7.39 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Picão.275

Figura 7.40 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Picão.276

Figura 7.41 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Lambari.277

Figura 7.42 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Lambari.278

Figura 7.43 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Pará.....279

Figura 7.44 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Pará.....280

Figura 7.45 – Concentração de DBO na bacia do Rio Pará para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**.282

Figura 7.46 – Concentração de Nitrogênio Total na bacia do Rio Pará para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**.....283

Figura 7.47 – Concentração de Fósforo Total na bacia do Rio Pará para os cenários (a) **Q7, 10**, (b) **QMLT** e (c) **Qcheia**.....284

Figura 7.48 – Índice de Conformidade ao Enquadramento bacia hidrográfica do rio Pará para o ano de 2019.....289

Figura 7.49 – Índice de Conformidade ao Enquadramento para 2020 bacia hidrográfica do rio Pará.....290

Figura 7.50 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações PA001, PA003, PA028 e PA005.291

Figura 7.51 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio Itapecerica.....294

Figura 7.52 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio Lambari295

Figura 7.53 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio do Picão296

Figura 10.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo.316

Figura 10.2 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico da CH SF2316

Lista de Quadros

Quadro 2.1 – Número de municípios abrangidos na CH SF2	6
Quadro 2.2 – Municípios inseridos na CH SF2	8
Quadro 2.3 – Sub-bacias da CH SF2.....	13
Quadro 2.4 – Pontos de monitoramento do IGAM alocados na CH SF2	15
Quadro 2.5 – Estações Climatológicas próximas à CH SF2	33
Quadro 2.6 – Temperaturas máximas, médias e mínimas anuais nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (°C).....	34
Quadro 2.7 – Umidade relativa média do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (%).....	34
Quadro 2.8 – Estações Pluviométricas no entorno da CH SF2.....	38
Quadro 2.9 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios com sede na SF2	46
Quadro 2.10 – Principais desafios em relação às mudanças climáticas nas Regiões de Planejamento da CH SF2.....	49
Quadro 2.11 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF2	68
Quadro 2.12 – Unidades de Conservação e Áreas Protegidas na CH SF2	69
Quadro 2.13 – IDHM dos Municípios inseridos na CH SF2.....	75
Quadro 2.14 – Hierarquia Municipal na CH SF2.	76
Quadro 2.15 – Política, Planos, Conselhos de Saneamento Básico e Consórcios nos municípios da CH SF2.	79

Quadro 2.16 – Evolução da população total dos municípios que integram a CH SF2 e projeções até 2050.....	82
Quadro 2.17 – Evolução da população urbana nos municípios que integram a CH SF2.	84
Quadro 2.18 – Evolução da taxa de urbanização dos municípios da bacia.	85
Quadro 2.19 – Evolução da população rural nos municípios da bacia.	86
Quadro 2.20 – Projeção da densidade demográfica nos municípios da bacia.	88
Quadro 2.21 – Projeção da população no território da bacia.	91
Quadro 2.22 – Projeção da população urbana na bacia.	93
Quadro 2.23 – PIB dos municípios da bacia para o ano de 2018.	95
Quadro 2.24 – Composição Setorial do PIB e do VAB dos municípios da bacia.	96
Quadro 2.25 – Trabalho e Rendimento na Bacia.	97
Quadro 2.26 – Estabelecimentos agropecuários conforme tipo de produção – 2017.	99
Quadro 2.27 – Principais cultivos agrícolas por volume de produção (tonelada por ano)	101
Quadro 2.28 – Efetivo dos principais rebanhos da bacia.	102
Quadro 2.29 – Uso e Ocupação do Solo Atual.....	106
Quadro 2.30 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo.....	110
Quadro 2.31 – Matriz de Transição dos Mapas de Uso do Solo (2000 a 2019).....	114
Quadro 3.1 – Estações de Monitoramento Fluviométrico Hidroweb na CH SF2.	119
Quadro 3.2 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2	123

Quadro 3.3 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2 conforme PDRH Pará de 2008.	124
Quadro 3.4 – Vazões de referência calculadas para a bacia hidrográfica do rio Pará como um todo no PRHSF.	125
Quadro 4.1 – Número de outorgas e vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia bacia do rio Pará, para águas superficiais	127
Quadro 4.2 – Vazões máximas outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia na bacia hidrográfica do rio Pará, para águas subterrâneas	128
Quadro 4.3 – Usos insignificantes de águas superficiais, por sub-bacia, na bacia do rio Pará.....	129
Quadro 4.4 – Usos insignificantes de águas subterrâneas, por sub-bacia, na bacia do rio Pará.....	129
Quadro 4.5 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas superficiais	130
Quadro 4.6 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas subterrâneas	130
Quadro 4.7 – Vazões de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2..	135
Quadro 4.8 – Vazões Consumidas, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2.	135
Quadro 4.9 – Vazões de Retorno, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2...	136
Quadro 4.10 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF2.....	137
Quadro 4.11 – Porcentagem de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2	149
Quadro 5.1 – Vazões específicas dos aquíferos da Bacia do Rio Pará.	152
Quadro 5.2 – Relação de documentos e arquivos levantados para elaboração do diagnóstico das águas subterrâneas na Bacia do Rio Pará	154

Quadro 5.3 – Distribuição das Unidades Geológicas da Bacia do Rio Pará.	158
Quadro 5.4 – Valores de porosidade eficaz de rochas.....	164
Quadro 5.5 – Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica...	164
Quadro 5.6 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Rio Pará.....	165
Quadro 5.7 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Rio Pará e unidades geológicas/aquíferas constituintes	166
Quadro 5.8 – Vazões específicas dos sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará ...	173
Quadro 5.9 – Classificação das potencialidades hídricas em função da vazão específica	174
Quadro 5.10 – Reservas ativas dos aquíferos da bacia do rio Pará	179
Quadro 5.11 – Valores de porosidade efetiva e espessuras saturadas estimadas para os sistemas aquíferos	180
Quadro 5.12 – Reservas permanentes dos aquíferos da Bacia do Rio Pará	180
Quadro 5.13 – Disponibilidades dos aquíferos da Bacia do Rio Pará.....	181
Quadro 5.14 – Índices do substrato litológico para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD	184
Quadro 5.15 – Distribuição das classes de vulnerabilidade da Bacia do Pará.....	185
Quadro 5.16 – Classificação do potencial contaminante por aquífero.	189
Quadro 5.17 – Decisões de processos de licenciamento ambiental da Bacia do Pará	191
Quadro 5.18 – Estações de tratamento de esgotos sanitários da Bacia do Pará. ..	195
Quadro 5.19 – Classificação do potencial contaminante do saneamento in situ.....	196

Quadro 5.20 – Classificação do potencial contaminante dos biomas da Bacia do Rio Pará.....	198
Quadro 5.21 – Distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia Rio do Pará	199
Quadro 5.22 – Classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos da Bacia do Pará por fontes difusas.....	202
Quadro 5.23 – Distribuição das classes de risco de potencial contaminante por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo da Bacia do Pará.....	204
Quadro 5.24 – Condições e Padrões de Qualidade das Águas Subterrâneas (CONAMA 396/2008)	210
Quadro 6.1 – Parâmetros adotados para produção de carga poluidora.....	214
Quadro 6.2 – Índices de coleta e tratamento nos municípios da CH SF2.	214
Quadro 6.3 – Cargas Pontuais na CH SF2.	217
Quadro 6.4 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas.	219
Quadro 6.5 – Cargas Difusas na bacia.	222
Quadro 7.1 – Resumo de tipos de amostragens e quando devem ser usados para estimar médias ou totais	225
Quadro 7.2 – Estações de Monitoramento Qualitativo	230
Quadro 7.3 – Parâmetros dos nós do sistema de drenagem	254
Quadro 7.4 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem.....	254
Quadro 7.5 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem.....	258
Quadro 7.6 – Vazões de referência para simulações de qualidade da água	281
Quadro 7.7 – Categorias de qualidade adotadas para o ICE.....	287

Quadro 9.1 – PMSBs e Planos Diretores dos municípios da bacia.....	307
Quadro 9.2 – CAPAG para os municípios da bacia.	309
Quadro 9.3 – Finanças Municipais na Bacia.	311
Quadro 9.4 – Estrutura do Plano de Ações do PDRH Pará.	314

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Diagnóstico da Circunscrição Hidrográfica (CH) SF2, bacia hidrográfica do rio Pará, atendendo ao escopo definido no Termo de Referência que orientou o desenvolvimento dos estudos objeto do contrato previamente mencionado firmado entre a APV e a ENGEORPS, além do conteúdo da etapa metodológica de Diagnóstico validado em conjunto com a contratante e o GAT durante a fase de planejamento dos trabalhos, consolidado no relatório do Plano de Trabalho.

Cabe salientar que, na linha do que foi previsto na Proposta Técnica da ENGEORPS, o diagnóstico foi elaborado de modo a abordar os aspectos que de fato são relevantes para dar embasamento às etapas metodológicas seguintes dos estudos de enquadramento, tanto para as águas superficiais como subterrâneas, privilegiando, portanto, a objetividade e a síntese dos diversos temas de interesse.

Adicionalmente – como será visto –, o diagnóstico está estruturado de modo a orientar de forma mais específica os estudos necessários para as águas superficiais e os necessários para as águas subterrâneas, onde pertinente, considerando, contudo, as interfaces existentes entre os recursos hídricos.

Para a construção deste diagnóstico, foram buscados dados básicos e informações disponíveis sobre a bacia hidrográfica do rio Pará, desde dados do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e SEIRH – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais, até outros estudos técnicos já desenvolvidos e cujos resultados e análises tenham sido considerados relevantes ao estudo de enquadramento ou à análise de qualidade das águas.

Assim, todas as análises realizadas e apresentadas ao longo do texto visaram atender todas as demandas do termo de referência e da legislação pertinente, tendo sido apresentadas com o nível de profundidade e de acordo com as bases de dados levantadas ao longo do estudo até o momento.

Cabe destacar que o levantamento de dados será continuado durante todo o período de desenvolvimento do estudo, sendo que algumas informações relevantes e que forem obtidas em momento futuro do trabalho serão consideradas nas etapas

seguintes, de forma a complementar o estudo e deixar ainda mais abrangente. Nesse sentido, importante lembrar as atividades de campo que não puderam ser realizadas ainda nesta primeira etapa de estudos, mas serão avaliadas na sequência do trabalho de forma a verificar o momento mais oportuno para o conhecimento de campo, obtenção de informações relevantes e aperfeiçoamento do processo de mobilização e articulação na bacia.

O relatório está estruturado conforme itemização discriminada a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução: trata-se do presente capítulo, em que o documento é apresentado em sua estrutura e itens considerados;
- Capítulo 2 – Caracterização Geral da bacia hidrográfica do rio Pará;
- Capítulo 3 – Disponibilidade Hídrica Superficial;
- Capítulo 4 – Identificação e localização dos usos e interferências na bacia;
- Capítulo 5 – Diagnóstico das águas subterrâneas;
- Capítulo 6 – Identificação e localização das cargas poluidoras;
- Capítulo 7 – Análise da condição atual de qualidade das águas na bacia;
- Capítulo 8 – Análise do arcabouço legal e institucional pertinente;
- Capítulo 9 – Levantamento de políticas, planos e programas locais e regionais existentes e capacidade de investimento;
- Capítulo 10 – Consulta Pública
- Capítulo 11 – Considerações finais
- Capítulo 12 – Referências.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CH BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – SF2

A fase de diagnóstico de um estudo de planejamento como o enquadramento de corpos de água em classes consiste no conhecimento geral da bacia, incluindo a sua caracterização e agregação de dados hidrológicos, físicos, bióticos e atividades econômicas; a identificação de fontes de poluição e dos conflitos (existentes e potenciais); e da verificação do nível de participação e da mobilização social, local e regional e articulação institucional, etc.

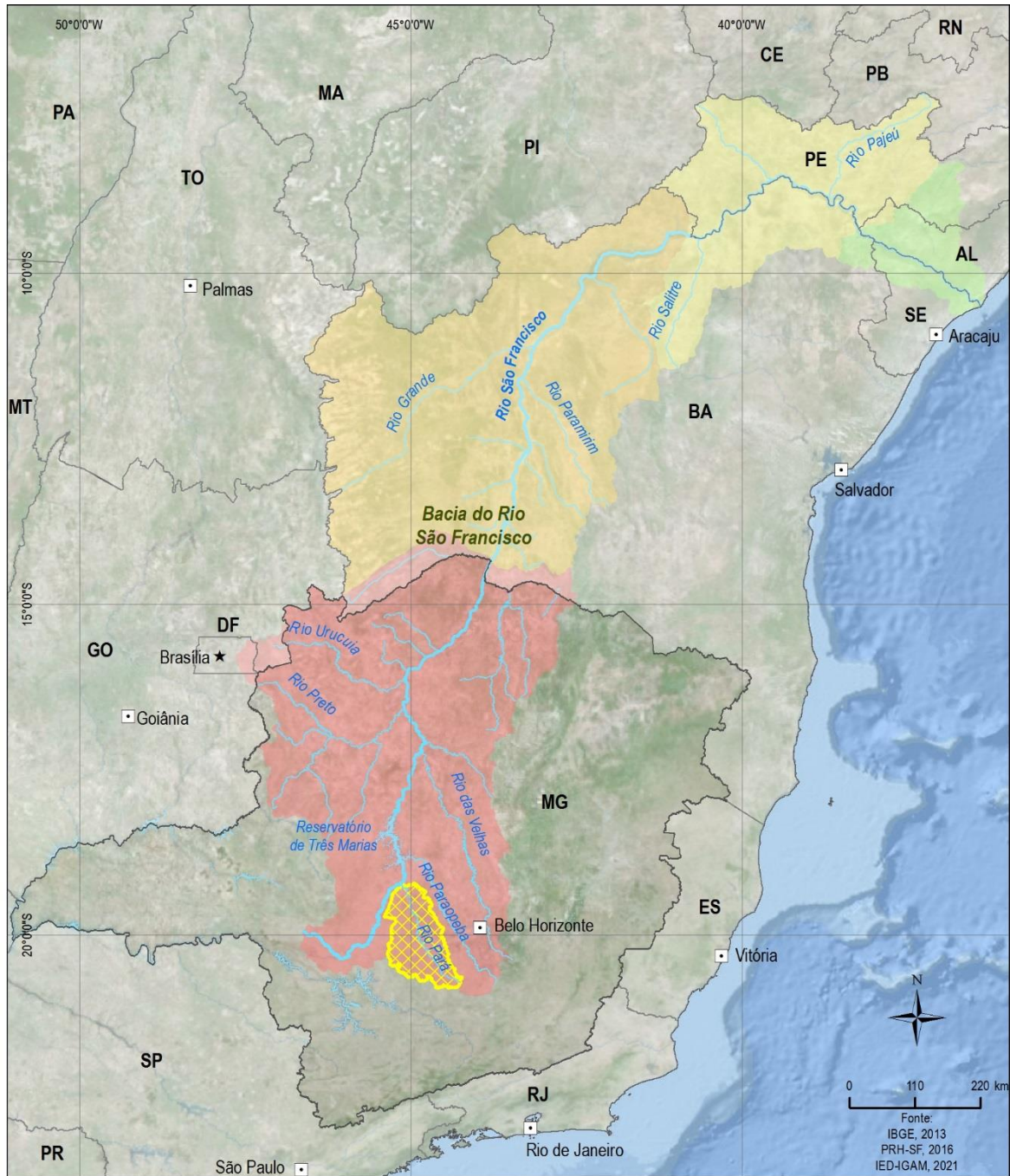
Destaca-se a importância deste diagnóstico, especialmente em função dos usos dos recursos hídricos e os respectivos impactos sobre a qualidade da água.

2.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS

A bacia hidrográfica do rio Pará está localizada na porção mineira da bacia hidrográfica do rio São Francisco, mais especificamente, na região fisiográfica do Alto São Francisco, como ilustra a Figura 2.1 e a Figura 2.2.

Totalmente inserida no estado mineiro, a bacia hidrográfica do rio Pará (SF2) faz parte da Unidade Estratégica de Gestão do Estado de Minas Gerais – UEG¹, Afluentes do Alto São Francisco, com uma área de 12.233 km², que corresponde a quase 1,9% do território da bacia do São Francisco. Trata-se da Circunscrição Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará - CH SF2.

¹ UEG: regiões hidrográficas com características comuns ou similares de uso, demandas e disponibilidades hídricas, para fins de gestão, com ênfase no planejamento e monitoramento, configurando uma estratégia de espacialização para integração entre comitês de bacias. Deliberação Normativa CERH-MG nº66 de 17 de novembro de 2020.



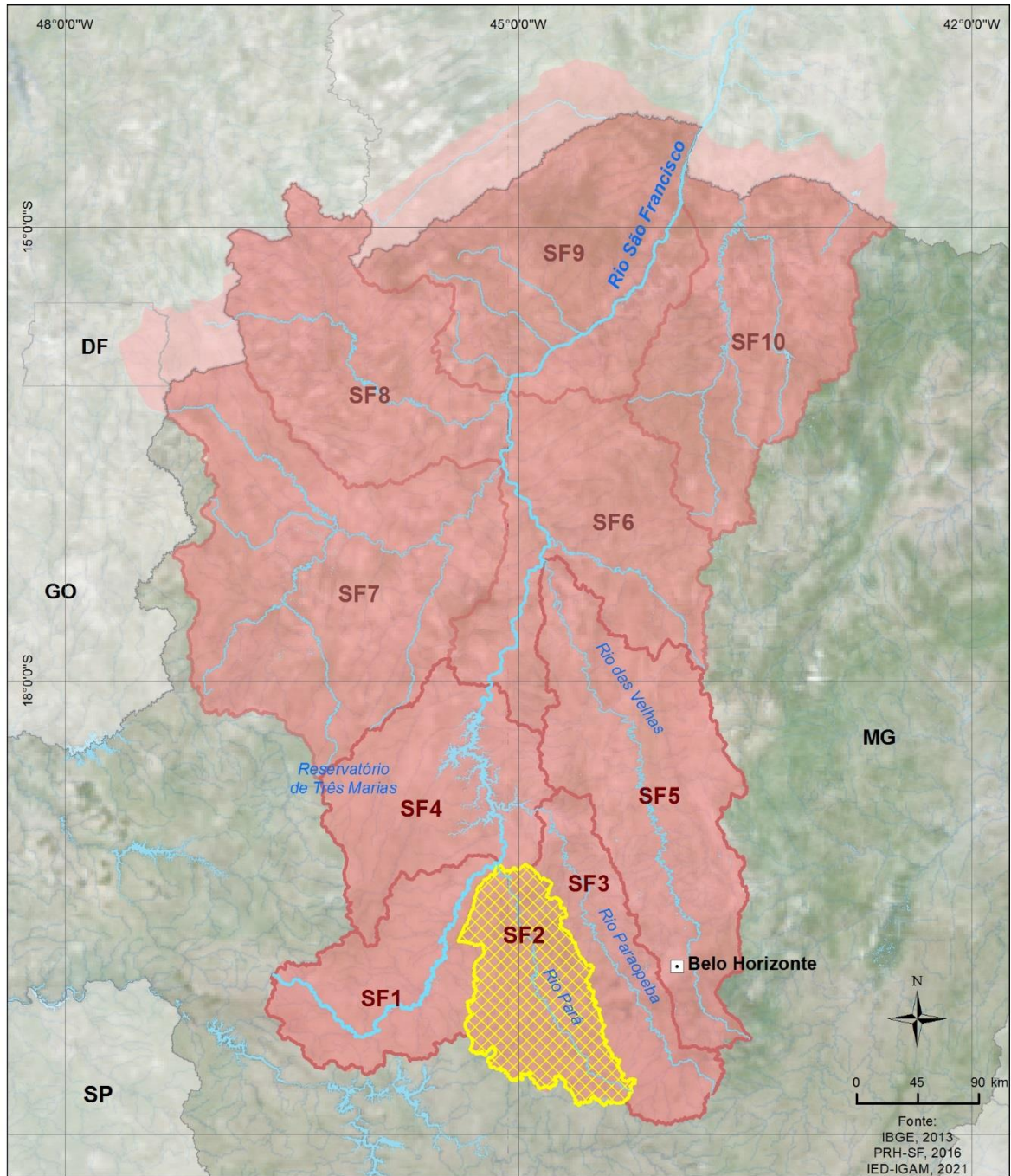
LEGENDA

- Capital estadual
- ★ Capital federal
- Limite estadual
- ~ Curso d'água
- ☪ Massa d'água
- ☪ CH SF2 - Bacia Hidrográfica do Rio Pará
- Regiões fisiográficas**
 - Alto São Francisco
 - Médio São Francisco
 - Submédio São Francisco
 - Baixo São Francisco

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.1 – Macrolocalização da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



LEGENDA

- Capital estadual
- ▭ Limite estadual
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- Unidades de Gestão Estratégicas
- CH SF2 - Bacia Hidrográfica do Rio Pará
- Sub-bacias
- Regiões fisiográficas
- Alto São Francisco

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.2 – Localização das UEG Afluentes do Alto São Francisco.

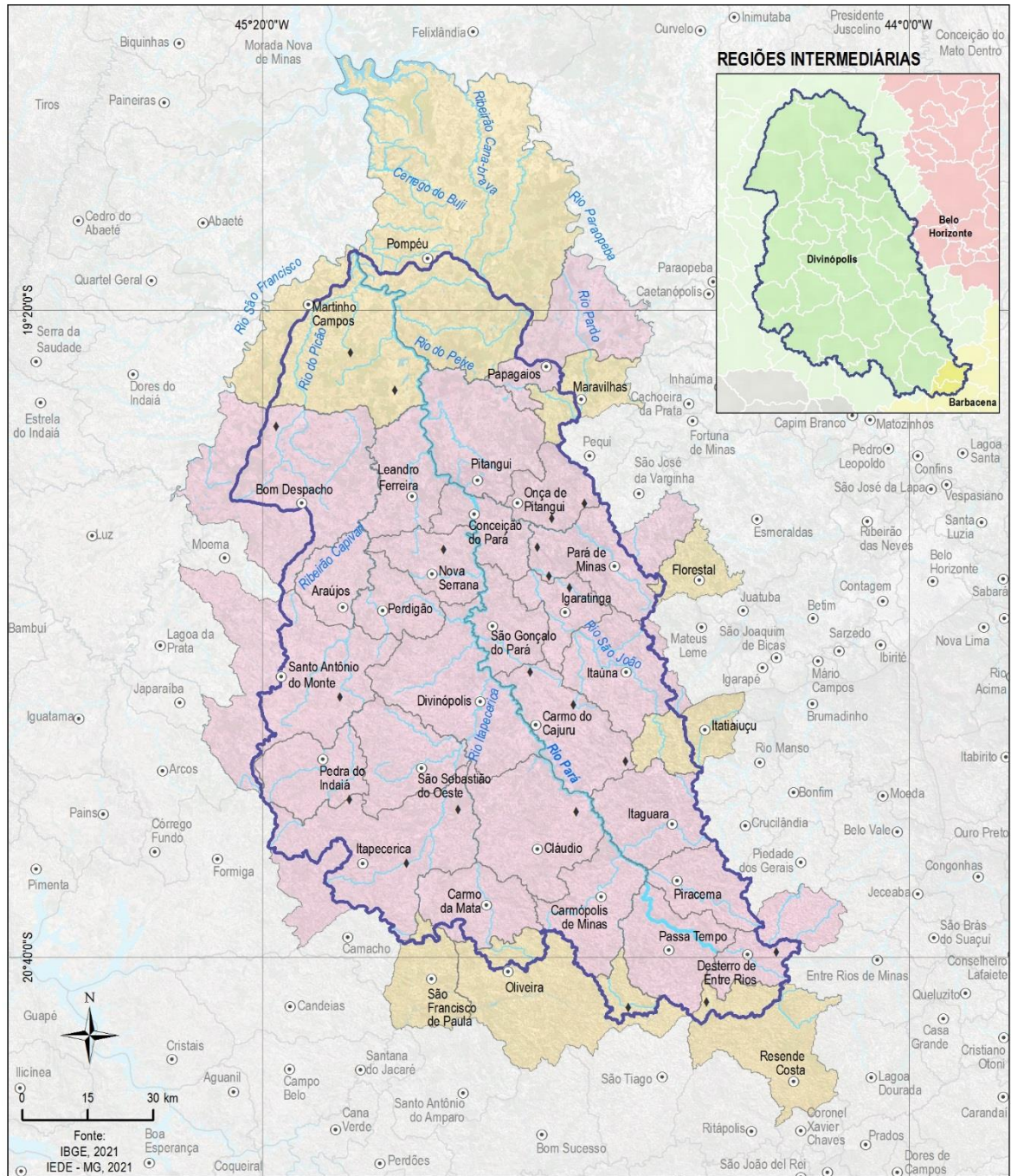
A CH SF2 encontra-se inserida nas atuais Regiões Geográficas Intermediárias de Barbacena, Belo Horizonte e Divinópolis (IBGE, 2017), como mostra a Figura 2-2. Ao todo, a CH SF2 abrange 34 municípios, sendo 18 totalmente inseridos em seu território. Desses 34 municípios, 26 possuem suas sedes administrativas no interior da CH SF2 e outros 8 municípios estão parcialmente inseridos na CH SF2 com sede fora dela, conforme sintetiza o Quadro 2.1. A divisão político-administrativa e as Regiões Geográficas Intermediárias estão apresentadas na Figura 2.3.

Além das 18 sedes municipais (distrito sede) inseridas na CH SF2, a bacia conta com mais 21 sedes distritais, unidades administrativas dos municípios que concentram população, atividades econômicas, etc. A distribuição dos distritos sedes e sedes distritais na CH SF 2 está apresentada na Figura 2.3.

Quadro 2.1 – Número de municípios abrangidos na CH SF2

Situação do Município	Nº de Municípios
Totalmente inserido na bacia	18
Parcialmente inserido na bacia, com sede dentro de seu território	8
Parcialmente inserido na bacia, com sede fora de seu território	8
Total	34

Elaboração: Engecorps, 2021
Fonte: IEDE-MG, 2021



LEGENDA

- Sede municipal
- ◆ Sede distrital
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Bacia Hidrográfica do Rio Pará

- Situação do município**
- Com sede inserida na bacia
 - Com sede fora da bacia

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.3 – Municípios inseridos na CH SF2 e as Regiões Geográficas

O Quadro 2.2 sintetiza todas as informações político-administrativas da CH SF2, como a extensão territorial e o percentual de área dos municípios inseridos na circunscrição hidrográfica, a situação das sedes administrativas e distritais desses municípios.

Quadro 2.2 – Municípios inseridos na CH SF2

Município	Área total do município (km ²)	Área na SF2 (km ²)	% Município na SF 2	Sede municipal na SF2	Sede distrital na SF2
Araújos	245,7	245,7	100%	Sim	-
Bom Despacho	1213,6	722,2	60%	Sim	Engenho do Ribeiro
Carmo da Mata	357,2	339	95%	Sim	-
Carmo do Cajuru	454	454	100%	Sim	São José dos Salgados, Bom Jesus de Angicos, Santo Antônio da Serra
Carmópolis de Minas	399,8	399,8	100%	Sim	-
Cláudio	630,8	630,8	100%	Sim	Monsenhor João Alexandre
Conceição do Pará	250,4	250,4	100%	Sim	-
Desterro de Entre Rios	377,16	173,7	46%	Sim	Pereirinhas
Divinópolis	709,2	709,2	100%	Sim	Santo Antônio de Campos
Florestal	194,09	8,4	4%	Não	-
Igaratinga	218,3	218,3	100%	Sim	Antunes
Itaguara	409,54	408,7	100%	Sim	-
Itapeçerica	1042,97	826,8	79%	Sim	Lamounier, Marilândia, Neolândia
Itatiaiuçu	293,25	143	49%	Não	-
Itaúna	494,59	438	89%	Sim	-
Leandro Ferreira	352,1	352,1	100%	Sim	-
Maravilhas	261,6	82,6	32%	Não	-
Martinho Campos	1058,41	752	71%	Não	Alberto Isaacson, Ibitira
Nova Serrana	282,3	282,3	100%	Sim	Boa Vista de Minas
Oliveira	897,29	186,7	21%	Não	Morro do Ferro
Onça de Pitangui	246,1	246,1	100%	Sim	Capoeira Grande, Jaguará de Minas
Papagaios	553,57	110,7	20%	Sim	-
Pará de Minas	551,19	379,8	69%	Sim	Carioca, Torneiros
Passa Tempo	429,4	429,4	100%	Sim	-
Pedra do Indaiá	348,2	348,2	100%	Sim	-
Perdigão	249,2	249,2	100%	Sim	-

Município	Área total do município (km ²)	Área na SF2 (km ²)	% Município na SF 2	Sede municipal na SF2	Sede distrital na SF2
Piracema	280,27	280,27	100%	Sim	-
Pitangui	569,5	569,5	100%	Sim	-
Pompéu	2551,1	604	24%	Não	-
Resende Costa	618,47	107,2	17%	Não	Jacarandira
Santo Antônio do Monte	1125,81	589,9	52%	Sim	São José das Rosas
São Francisco de Paula	316,82	21,4	7%	Não	-
São Gonçalo do Pará	266	266	100%	Sim	-
São Sebastião do Oeste	408,1	408,1	100%	Sim	-

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: IEDE-MG, 2021

Em termos de extensão territorial destacam-se Itapeçerica, Martinho Campos, Bom Despacho, Divinópolis e Cláudio, municípios com as maiores áreas na CH SF2, representando, juntos, 35% da área total da bacia.

Ressalta-se que as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas são unidades físico-territoriais que possuem similaridades em relação aos aspectos físicos, sociais, culturais, econômicos e políticos, cuja gestão cabe aos Comitês de Bacias Hidrográficas – CBHs e Agências de Bacia Hidrográfica. Esse modelo se destaca pela gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, bem como a organização dos usuários da água, a elaboração de planos diretores e o planejamento estadual (IGAM, 2010).

Na CH SF2 o comitê foi criado pelo Decreto nº 39.913/1998 e, dentre as atribuições do CBH-SF2, se configura a responsabilidade pela aprovação da proposta de enquadramento.

2.2 CARACTERIZAÇÃO BÁSICA DOS RECURSOS HÍDRICOS

A bacia hidrográfica do rio Pará está localizada entre a bacia do Alto São Francisco (SF1) e a do rio Paraopeba (SF3), compondo com estas a região de formação do rio São Francisco. A área da CH SF2 compreende o território de 12.233 km² e se estende desde a cabeceira do rio Pará até a sua confluência com o rio São Francisco, na divisa

entre os municípios de Pompeu, Abaeté e Martinho Campos, a montante da CH SF4 (Entorno do Reservatório de Três Marias), conforme indicado na Figura 2.4.



LEGENDA

- ▣ Capital estadual
- ★ Capital federal
- ▭ Limite estadual
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- Bacia do Rio São Francisco
- Sub-bacias
- SF2 – Bacia do Rio Pará

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

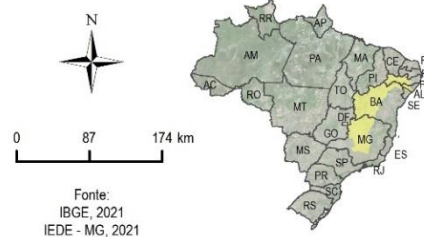


Figura 2.4 – A CH SF2 no contexto da Bacia do Rio São Francisco.

De acordo com o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (IGAM, 2006), a sua compartimentação hidromorfológica ficou estabelecida a partir da divisão do território em dez sub-bacias divididas em 3 regiões hidrológicas distintas, (denominadas pelo documento por macro-divisões): Alto, Médio e Baixo Pará. A relação das dez sub-bacias com as respectivas macro-divisões se faz da seguinte maneira:

- Alto Pará
 - Sub-bacia do Alto Rio Pará
- Médio Pará
 - Sub-bacia do Ribeirão Boa Vista
 - Sub-bacia do Rio Itapecerica
 - Sub-bacia do Médio Rio Pará
- Baixo Pará
 - Sub-bacia do Rio São João
 - Sub-bacia do Ribeirão da Paciência
 - Sub-bacia do Rio Lambari
 - Sub-bacia do Rio do Peixe
 - Sub-bacia do Rio Picão
 - Sub-bacia do Baixo Rio Pará

Destas sub-bacias, cinco correspondem a grandes afluentes do rio Pará: rio Itapecerica, rio São João, rio Lambari, rio do Peixe e rio Picão. Duas delas são bacias de afluentes destes afluentes do rio Pará, assim como o ribeirão Boa Vista, que é afluente do rio Itapecerica, e o ribeirão da Paciência, que é afluente do rio São João. As três sub-bacias restantes são as áreas de contribuição direta do rio Pará, assim nomeadas: Alto Rio Pará, Médio Rio Pará e Baixo Rio Pará. Esta disposição da compartimentação hidromorfológica está demonstrada na Figura 2.5.



LEGENDA

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| ○ Sede municipal | ▭ Sub-bacia |
| ▭ Limite municipal | Macro divisões hidrográficas |
| ~ Curso d'água | Alto Pará |
| ☁ Massa d'água | Médio Pará |
| ⬭ CH SF2 - Rio Pará | Baixo Pará |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.5 – Divisão da CH SF2 em sub-bacias

A fim de estabelecer as bases para a aplicação da modelagem matemática e posterior construção de cenários (Etapa de Prognóstico), as geometrias apresentadas no PDRH SF2 (IGAM, 2006) foram recalculadas a partir de base georreferenciada oficial, obtida através da plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE Sisema². Como resultado desta operação, as áreas obtidas apresentaram leve discrepância daquelas apresentadas pelo referido PDRH e este fato se justifica por eventuais diferenças nos sistemas de projeção cartográfica adotados entre as bases georreferenciadas que geraram os dados. O Quadro 2.3 traz os valores resultantes desta operação.

Quadro 2.3 – Sub-bacias da CH SF2

Macro-divisão Hidrológica	Sigla	Sub-bacia	Área (Km ²)
Alto Pará	AP	Alto Rio Pará	1.989,2
TOTAL ALTO PARÁ			1.989,2
Médio Pará	MP	Ribeirão Boa Vista	776,4
		Rio Itapecerica	1.237,5
		Médio Rio Pará	1.659,9
TOTAL MÉDIO PARÁ			3,673,8
Baixo Pará	BP	Ribeirão da Paciência	452,8
		Rio São João	1.172,6
		Rio Lambari	2.085,7
		Rio do Peixe	619,6
		Rio Picão	904,7
		Baixo Rio Pará	1.334,6
TOTAL BAIXO PARÁ			6.570,0

Elaboração: Engecorps, 2021

A Figura 2.6 apresenta gráfico de barras com a comparação entre as áreas apresentadas no quadro anterior.

² IDE- Sisema – Disponível em <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

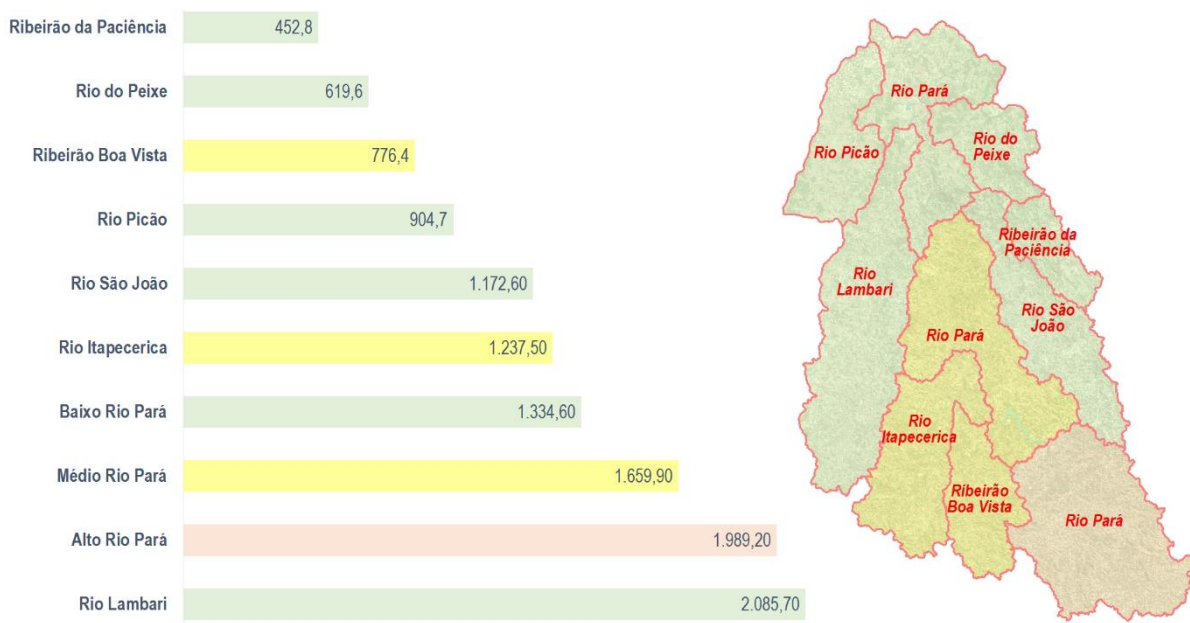


Figura 2.6 – Áreas (em km²) das sub-bacias de cada macro-divisão da CH SF2.

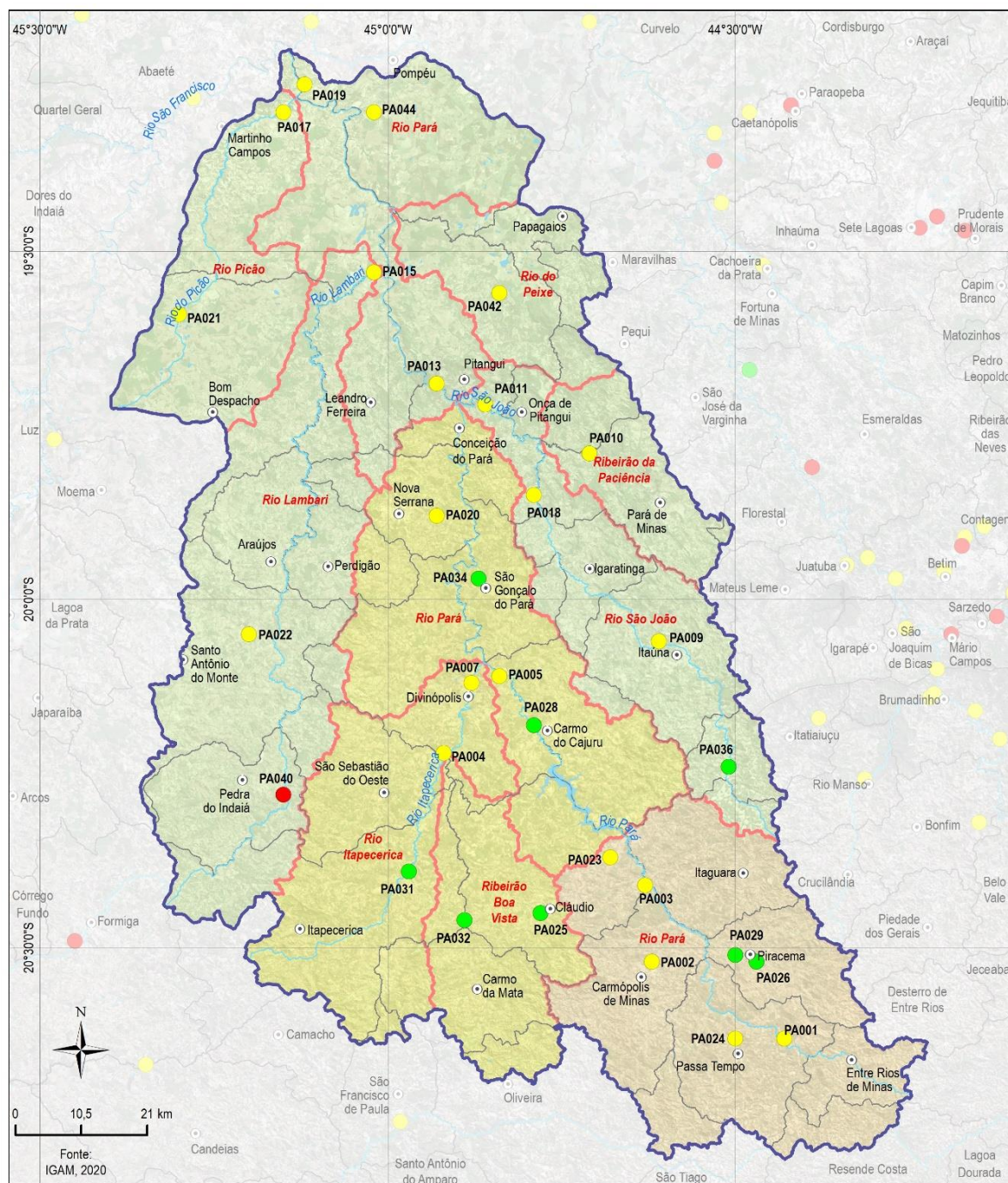
A qualidade da água da CH SF2 é monitorada regularmente pelo IGAM desde 1997 no âmbito do Programa Águas de Minas. Este programa é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais através de uma rede básica (macro-rede) de 600 pontos de amostragem distribuídos entre 17 bacias hidrográficas. Na CH SF2, a macro-rede conta com 30 pontos de amostragem alocados conforme indicado no Quadro 2.4. A Figura 2.7 traz a distribuição espacial destes pontos aliada ao resultado do Índice de Qualidade de Água IQA obtido pela análise das amostras coletadas na campanha do ano de 2020. É importante ressaltar que as campanhas são compostas por 4 coletas (frequência trimestral), cobrindo os 9 parâmetros que compõem a estrutura algorítmica do indicador, a saber: oxigênio dissolvido, *E. coli*, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

Quadro 2.4 – Pontos de monitoramento do IGAM alocados na CH SF2

Macro-divisão Hidrológica	Sub-bacia	Pontos Macro-Rede	Curso d'água	
Alto Pará	Alto Rio Pará	PA001	Rio Pará	
		PA002	Ribeirão Lava-pés (Paiol)	
		PA003	Rio Pará	
		PA023	Ribeirão Palmital	
		PA024	Ribeirão Passa Tempo	
		PA026	Rio do Peixe	
		PA029	Ribeirão Paracatu	
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	PA025	Ribeirão do Claudio	
	Rio Itapecerica	PA032	Ribeirão Boa Vista	
		PA031	Rio Itapecerica	
		PA004	Rio Itapecerica	
	Médio Rio Pará		PA007	Rio Itapecerica
			PA028	Rio Pará
			PA005	Rio Pará
			PA034	Córrego Buriti
Baixo Pará	Ribeirão da Paciência	PA020	Ribeirão da Fartura (Gramma)	
	Rio São João	PA010	Ribeirão da Paciência	
		PA036	Rio São João	
		PA009	Rio São João	
		PA018	Rio São João	
	Rio Lambari	PA011	Rio São João	
		PA040	Rio Lambari	
		PA022	Ribeirão Diamante	
	Rio do Peixe	PA015	Rio Lambari	
	Rio Picão	PA042	Rio do Peixe	
		PA021	Rio Picão	
	Baixo Rio Pará		PA017	Rio Picão
			PA013	Rio Pará
			PA044	Córrego do Salobro
PA019			Rio Pará	

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: IGAM



LEGENDA

- | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------|
| ○ Sede municipal | ▭ Sub-bacia | IQA 2020 |
| ▭ Limite municipal | Macro divisões | ● Ruim |
| ~ Curso d'água | Alto Pará | ● Médio |
| ~ Massa d'água | Médio Pará | ● Bom |
| ~ CH SF2 - Rio Pará | Baixo Pará | ● Excelente |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.7 – Pontos de Monitoramento da Qualidade da Água e resultados de IQA para o ano de 2020 na SF2.

Com relação ao enquadramento dos corpos hídricos da SF2, cabe dizer que esta circunscrição hidrográfica, em conjunto com a SF5, SF3, DO2, GD4 e PS1, foi foco de um esforço de implantação do instrumento legal entre os anos de 94 e 98, antes mesmo da instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos, tendo como base a legislação ambiental e a partir da atuação da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, e do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. A Figura 2.8 que se segue traz a situação atual do enquadramento na CH SF2.

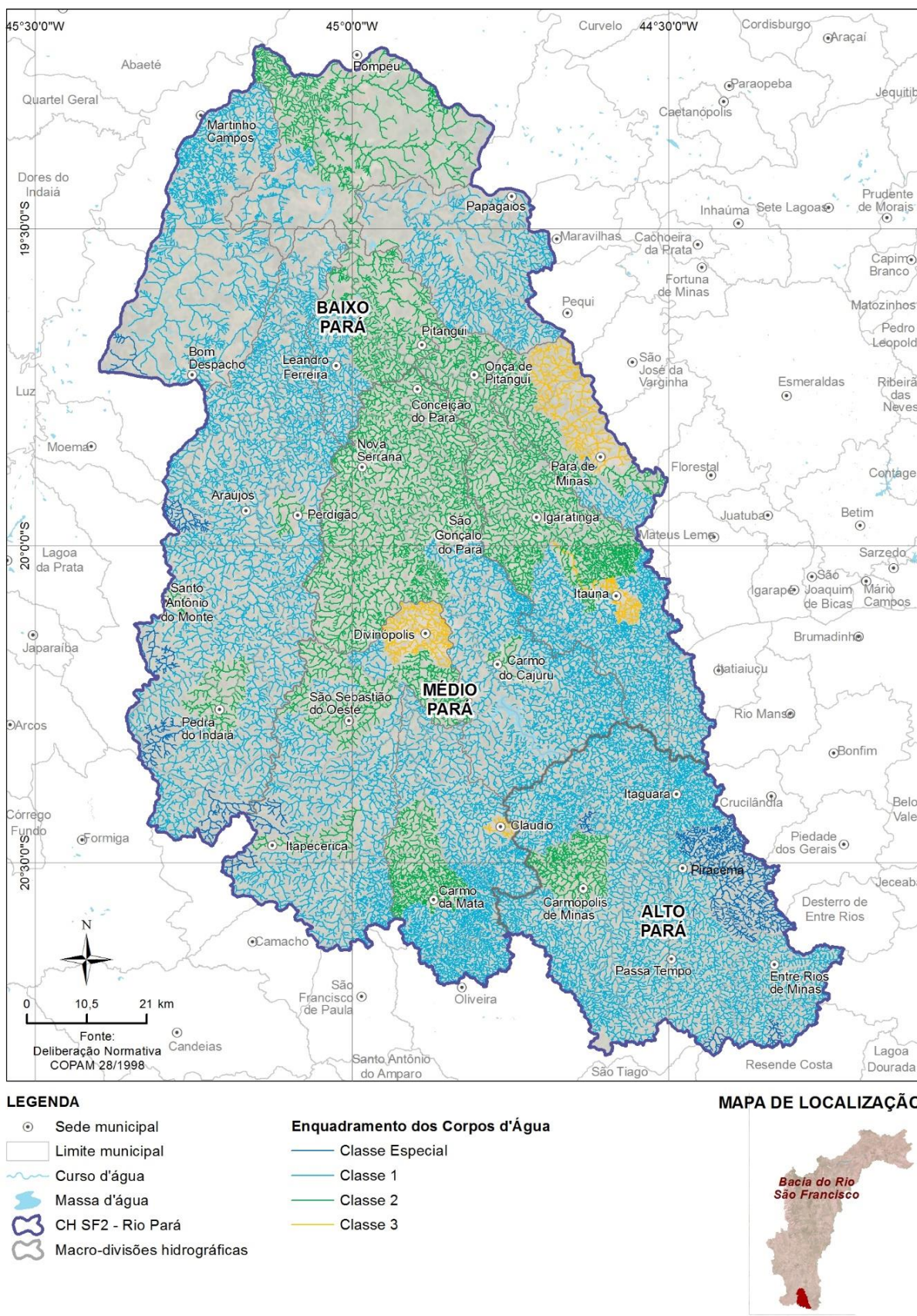


Figura 2.8 – Enquadramento dos corpos hídricos na SF2.

Na sequência é apresentada uma breve caracterização das sub-bacias da CH SF2 e seus respectivos pontos de qualidade da água da rede de monitoramento do IGAM.

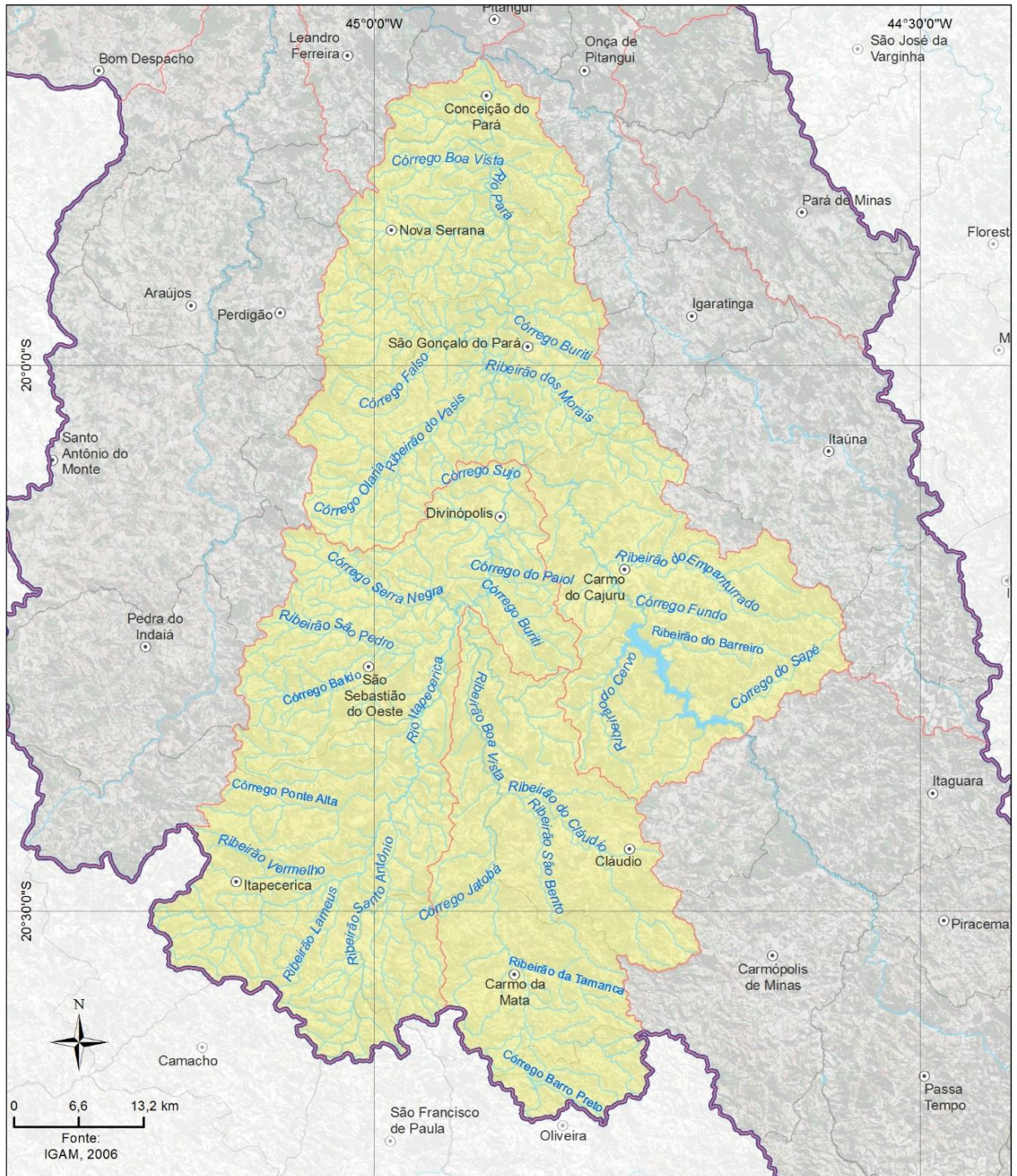
- Alto Pará

A macro-divisão hidrográfica do Alto Pará compreende apenas uma sub-bacia, a do Alto Rio Pará, como ilustra a Figura 2.9. Com uma área de 1.989,2 km², essa sub-bacia contém integralmente os municípios de Passa Tempo, Piracema e Carmópolis de Minas, além de parte dos territórios de Cláudio, Itaguara, Oliveira, Resende Costa e Desterro de Entre Rios. Sua morfologia é discretamente alongada em torno do leito do rio Pará e a hidrografia é composta por importantes tributários, tais como o rio do Peixe ou Paracatu (onde está localizada a sede do município de Piracema) e o ribeirão Itaguara (onde se encontra a sede do município de mesmo nome), ambos na margem direita do Pará. O ribeirão Passa Tempo (que margeia a sede do município Passa Tempo), o ribeirão da Pedra Montada, o ribeirão do Paiol ou Lava-Pés e o ribeirão Itamembé ou Palmital afluem ao rio Pará na sua margem esquerda.

Conforme indicado no Quadro 2.4, estão alocados na sub-bacia do Alto Rio Pará, sete (7) pontos da macro-rede de monitoramento do IGAM. Destes, os pontos PA001 e PA003 monitoram o rio Pará nas porções alta e baixa da bacia, respectivamente. Para ambos, o resultado do IQA obtido em 2020 foi classificado como médio. À margem direita do rio Pará, estão alocados dois pontos da rede no leito do rio do Peixe: PA026 e PA029. O primeiro está localizado a montante da área urbana do município de Piracema e traz a classificação Boa para o IQA 2020 e o segundo, disposto imediatamente à jusante, tem o mesmo resultado para o indicador, estando classificado como Bom. Já à margem esquerda estão alocados 3 pontos da rede, abrangendo 3 importantes drenagens afluentes ao rio Pará: PA024 que monitora as águas do ribeirão Passa Tempo, a jusante da área urbana do município de Passa Tempo, em que o IQA 2020 resultou em uma classificação Média; o ponto PA002 monitora o ribeirão Paiol à jusante da área urbana de Carmópolis de Minas e apresentou IQA Médio para o ano de 2020; por fim, o ponto PA023 está alocado no ribeirão Palmital e traz IQA 2020 Médio.

- Médio Pará

Com uma área equivalente a 3.673,8 km², a macro divisão do Médio Pará é composta pelas sub-bacias do Médio Rio Pará, do rio Itapecerica e do ribeirão Boa Vista (como mostra a Figura 2.10), pelas quais se distribuem os 9 pontos de monitoramento da macro-rede. O ribeirão Boa Vista é tributário do rio Itapecerica e este, por sua vez, aflui ao rio Pará na sua margem esquerda. O território correspondente à macro divisão do Médio Pará ocupa 1/3 da área da CH SF2 e nele estão inseridas as sedes dos municípios de Carmo da Mata, Cláudio, Itapecerica, São Sebastião do Oeste, São Gonçalo do Pará, Nova Serrana, Conceição do Pará, Carmo do Cajuru e Divinópolis. Estão alocados no território desta sub-bacia 4 pontos da rede de monitoramento de qualidade de água. No leito do rio Pará, os pontos PA028 e PA005 apresentaram, respectivamente, IQA bom e médio para a campanha de 2020. Já no córrego Buriti, o ponto PA034 apresentou um IQA Bom, por fim, o ponto PA020 (ribeirão da Fatura) apresentou, a partir das análises efetuadas para o ano de 2020 um IQA Médio.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Macro-divisão hidrográfica Médio Pará
- Limites das sub-bacias

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.10 – Macro-divisão Hidrográfica do Médio Pará

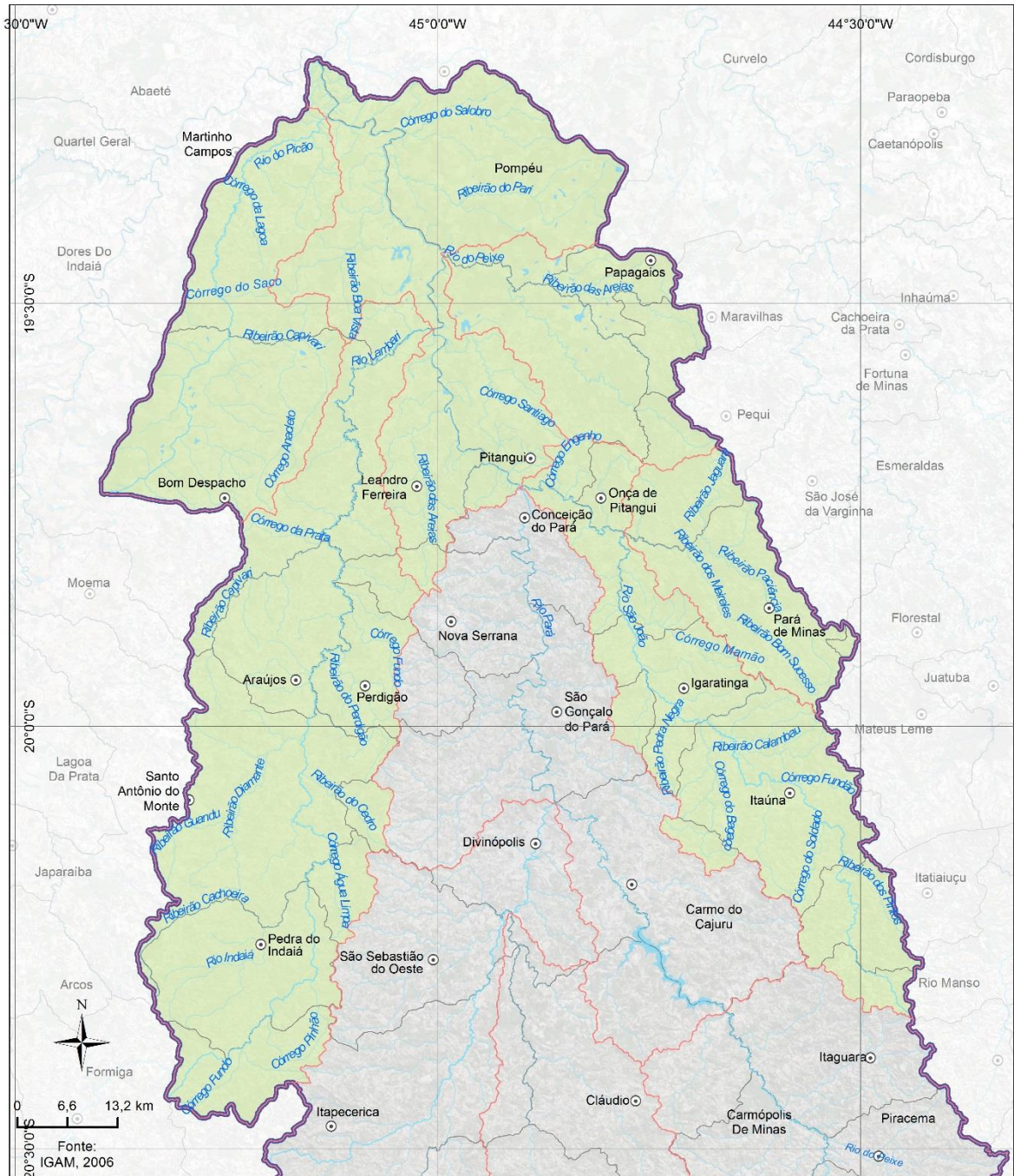
A sub-bacia do ribeirão Boa Vista apresenta uma geometria alongada no sentido do seu eixo de drenagem, sendo que a sua margem esquerda apresenta uma área de contribuição relativamente menor em função da elevação do terreno, em contraposição ao que se observa na sua margem direita, por onde se desenvolve a rede de drenagem principal a partir de afluentes como o ribeirão da Tamanca, o ribeirão do Cláudio e o córrego Sete Lagoas. O ribeirão Lava-Pés, afluente do ribeirão do Cláudio, margeia a sede do município de Cláudio. Já a sede do município de Carmo da Mata está localizada à margem do ribeirão Boa Vista, em trecho localizado na porção alta da sub-bacia. À jusante da sede municipal de Cláudio está alocado o ponto PA025 (ribeirão do Cláudio) e a campanha de monitoramento indica para este ponto um IQA bom no ano de 2020. O ponto PA032, alocado em um trecho do ribeirão Boa Vista na porção mediana da bacia também apresentou IQA 2020 classificado como bom.

Assim como ocorre para a sub-bacia do ribeirão Boa Vista, a sub-bacia do rio Itapecerica apresenta uma disposição alongada no sentido do eixo de drenagem, com a sua área concentrada em uma das suas margens, neste caso, na margem esquerda, por onde se distribui a rede hidrológica principal. Esta drenagem é formada pelos seguintes corpos hídricos: ribeirão Santo Antônio e ribeirão Vermelho (formadores do rio Itapecerica), córrego Ponte Alta, ribeirão Partidário, ribeirão São Pedro, córrego do Cacoco e córrego das Flechas. Na porção baixa da sub-bacia, há um desenvolvimento da drenagem também a partir da margem direita do rio Itapecerica, na qual se destacam os córregos Buriti, do Paiol e Morro Grande. Na porção alta da sub-bacia, inserido na área de drenagem do ribeirão Vermelho, está localizada a sede do município de Itapecerica. Já na porção média, o município de São Sebastião do Oeste tem sua sede localizada à margem do córrego São Pedro. Por fim, na porção baixa da sub-bacia do rio Itapecerica está localizada a sede de Divinópolis.

Três pontos da macro-rede de monitoramento estão alocados ao longo do rio Itapecerica, em trechos localizados nas porções alta, média e baixa, sendo estes, respectivamente, os pontos PA031, PA004 e PA007, este último localizado a jusante do município de Divinópolis. Para os dois últimos, o cálculo do IQA 2020 apresentou como resultado a classificação Média. Já para o PA031, esse resultado foi classificado como Bom.

- Baixo Pará

Completando a composição da bacia hidrográfica do rio Pará, a macro-divisão do Baixo Pará ocupa 53,7% do território total da CH SF2, se estendendo por 6.570 km². A sua estrutura hidrográfica é composta pela sub-bacia do Baixo Rio Pará, disposta como um eixo da macro-divisão e, a sua margem direita, as sub-bacias dos seus afluentes rio São João e rio do Peixe, da sub-bacia do ribeirão da Paciência (afluente do rio São João). À margem esquerda da sub-bacia do Baixo Rio Pará estão dispostas a sub-bacia do rio Lambari e a sub-bacia do rio Picão. A região do Baixo Pará conta com 14 pontos da rede de monitoramento de qualidade de água. A Figura 2.11 mostra as sub-bacias da macro divisão do Baixo Pará.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

- LEGENDA**
- Sede municipal
 - Limite municipal
 - Curso d'água
 - Massa d'água
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Macro-divisão hidrográfica do Baixo Parana
 - Limite das sub-bacias



Figura 2.11 – Macro-divisão Hidrográfica do Baixo Parana

A sub-bacia do ribeirão da Paciência é composta pelas áreas drenadas pelo seu corpo hídrico principal e o ribeirão dos Meireles. O ribeirão da Paciência atravessa o núcleo urbano do município de Pará de Minas e tem sua qualidade monitorada à jusante da confluência com o ribeirão dos Meireles, no ponto PA010. O resultado do IQA 2020 apresentou uma classificação média para o trecho. O exutório desta sub-bacia corresponde à confluência do ribeirão Paciência com o rio São João.

A sub-bacia do rio São João é a segunda maior entre as sub-bacias dos tributários do rio Pará na macrodivisão do Baixo Pará, ocupando cerca de 18% do seu território. Inseridas no seu perímetro estão localizadas as sedes municipais de Itaúna, Igaratinga e Onça de Pitangui. Destas, apenas a primeira está disposta às margens do rio São João.

Dispondo de uma geometria alongada em torno do leito do rio São João, a sua hidrografia conta com uma rede de corpos hídricos secundários tais como o córrego do Soldado, o córrego Fundão, o ribeirão dos Campos, o ribeirão Calambau, o ribeirão dos Coelhos, o córrego dos Mateus (que margeia a sede municipal de Igaratinga), o córrego Campo Alegre, o Ribeirão Areias e o ribeirão da Onça, onde foi estabelecido o núcleo urbano de Onça de Pitangui. O rio São João apresenta 4 pontos da macro-rede do IGAM distribuídos ao longo do seu percurso, sendo eles PA036, PA009, PA018 e PA011. Com exceção do PA036, que apresentou um IQA bom para a campanha de 2020, todos os demais trouxeram a classificação média para o indicador. Vale destacar que o PA036 está alocado na região de cabeceira da sub-bacia onde não se localiza nenhuma região urbana consolidada. O exutório da sub-bacia do rio São João corresponde à sua confluência com o rio Pará, no limite estabelecido entre as macro divisões hidrográficas da CH SF2, sendo que à montante deste ponto está a macro divisão do Médio Pará.

Ainda à margem direita do rio Pará (e confluindo a este rio a jusante do rio São João), o rio do Peixe delimita uma sub-bacia que ocupa aproximadamente 620 km² tendo o seu afluente ribeirão das Areias como um importante elemento na sua hidrografia. É na área de drenagem deste corpo hídrico secundário que se encontra a sede do município de Papagaios, às margens do córrego Pontinha. Na sub-bacia do rio do Peixe, está alocado apenas um ponto da macro-rede de monitoramento do IGAM, o

PA042, que apresentou um IQA médio para a campanha de 2020. Este ponto está alocado no rio do Peixe, em um trecho médio da sua extensão.

A sub-bacia do rio Lambari, localizada à margem esquerda do rio Pará, ocupa um território de 2.086 km², o que representa 31,75% do território da macro divisão do Baixo Pará, sendo a sua maior sub-bacia. O seu exutório está localizado na confluência do rio Lambari com o rio Pará, entre os exutórios das sub-bacias dos rios São João e do Peixe.

A hidrografia da sub-bacia do rio Lambari se apresenta bem desenvolvida ao longo do seu eixo de drenagem, delimitando uma largura relativamente grande considerando a grande extensão e a sua geometria alongada. Desta forma, é possível dar destaque para importantes afluentes de margem esquerda e direita, tais como os córregos da Capivara, Água Comprida e Fundo (formadores do rio Lambari), o córrego Pinhão, o rio Indaiá, o ribeirão do Cedro, o ribeirão Diamante, o ribeirão do Perdigão, o ribeirão Capivari, o córrego do Matão e o córrego dos Moinhos.

No território da sub-bacia estão estabelecidos os núcleos urbanos de 4 municípios: Pedra do Indaiá, Santo Antônio do Monte, Perdigão e Araújo. Destes, apenas o último está localizado às margens do rio Lambari.

A rede de monitoramento do IGAM conta com três pontos de amostragem de água na sub-bacia do rio Lambari: os pontos PA040 e PA015, alocados no rio Lambari (respectivamente, na sua porção alta e no exutório da sub-bacia) trazem, respectivamente, resultado ruim e médio para o IQA obtido a partir das análises feitas para o ano de 2020. O resultado de IQA médio também foi encontrado para o ponto PA022, alocado no ribeirão Diamante.

A última sub-bacia de um afluente ao rio Pará a ser considerada para esta macro divisão é a do rio Picão, que tem seu exutório na confluência com a porção mais baixa, a cerca de 10 km da confluência deste com o rio São Francisco. Seu território se estende por 905 km² e acompanha o rio Picão na sua extensão, tendo o córrego Raposo, o ribeirão Vilaça e o ribeirão Capivari como tributários de maior relevância em área de drenagem. O município de Bom Despacho é o único que apresenta sede dentro da sub-bacia, mais especificamente, na região de cabeceira dos córregos da

Areia e Raposo. O rio Picão tem as suas águas monitoradas por dois pontos de amostragem da macro-rede do IGAM: PA021 e PA017, ambos apresentando resultado médio para o IQA obtido a partir das análises feitas na campanha de 2020.

Encerrando a descrição das sub-bacias componentes da macro divisão hidrográfica do Baixo Pará, tem-se a caracterização da sub-bacia do Baixo Rio Pará. Esta unidade corresponde ao território drenado pelo trecho do rio Pará localizado entre a confluência do rio São João e o seu deságue no rio São Francisco. Esta condição implica em uma geometria irregular com seu território (20,3% da macro divisão) distribuído entre as áreas de drenagem de afluentes mais expressivos (ribeirão das Areias, ribeirão Campo Grande, ribeirão da Formiguinha, ribeirão do Pari e córrego do Salobro).

O rio Pará, no que diz respeito ao território da sub-bacia Baixo Rio Pará, tem as suas águas monitoradas por dois pontos de amostragem do IGAM: PA013 e PA019, ambos apresentando resultado médio para o IQA obtido a partir das análises feitas na campanha de 2020. Um terceiro ponto de monitoramento de qualidade alocado na sub-bacia é o PA044, no leito do córrego do Salobro, que apresentou um IQA médio para a mesma campanha. Na porção mais alta da bacia estão inseridas as sedes dos municípios de Pitangui e de Leandro Ferreira.

2.3 OUTROS ASPECTOS FÍSICOS

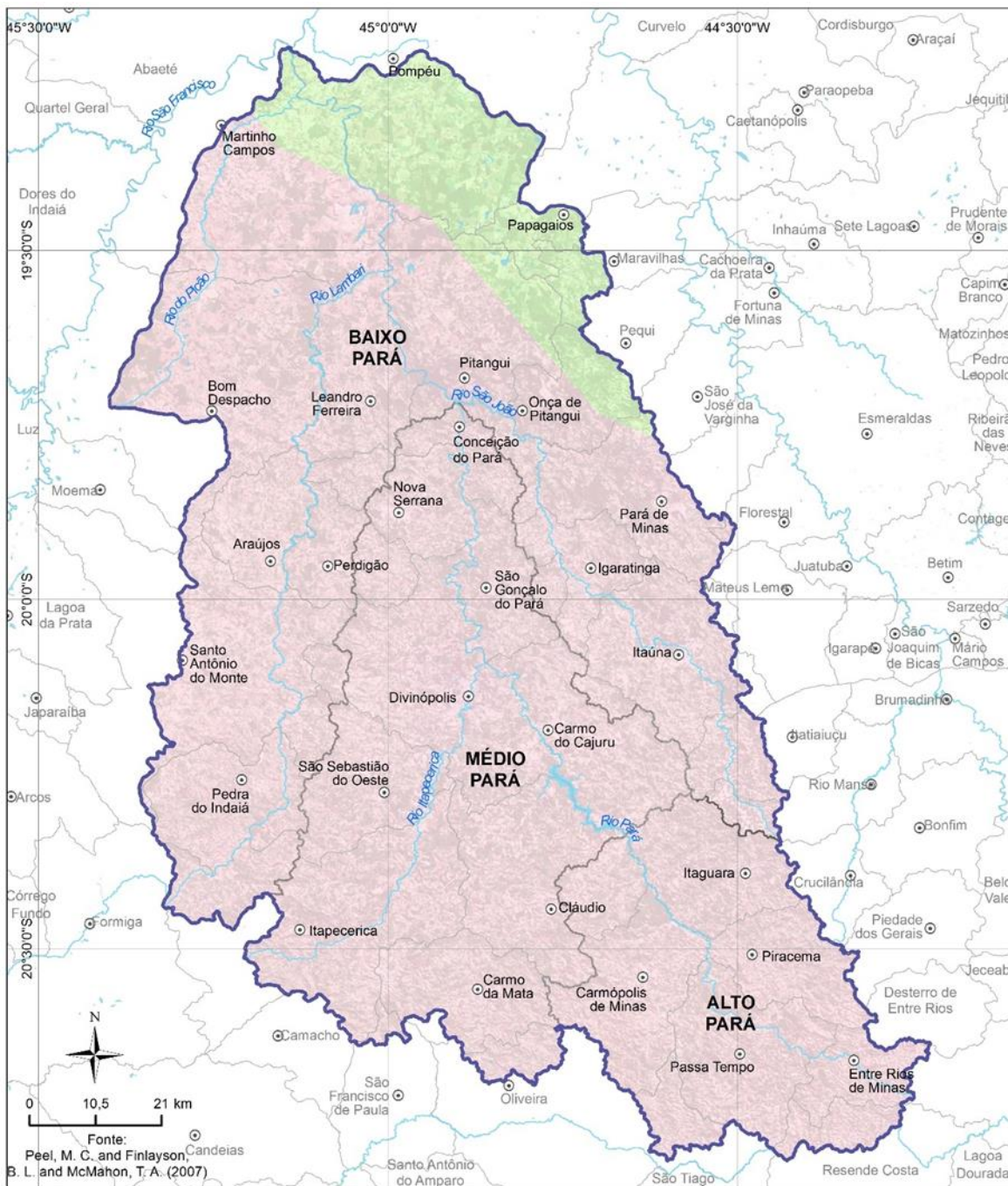
2.3.1 Clima e Vulnerabilidade Climática

De acordo com a classificação climática revisada de Köppen (PEEL *et al.*, 2007) , em decorrência da grande variação topográfica registrada na CH SF2, variando entre 1.340 metros nas cabeceiras e 580 metros na sua foz, a bacia está dividida em dois diferentes subtipos climáticos: Aw (Tropical Semiúmido) e Cwa (Subtropical Úmido) como descrito a seguir:

- **Cwa – Subtropical Úmido:** É um regime climático temperado, com as estações verão e inverno bem definidos, ou seja, apresentando um verão chuvoso e inverno seco. O verão é caracterizado por temperaturas mais altas, com médias acima de 22°C;

- **Aw – Tropical Semiúmido:** Esse regime climático caracteriza-se por apresentar elevadas temperaturas anuais e regime pluviométrico marcado pela ocorrência de duas estações: verão chuvoso e inverno seco. Em quase todos os meses do ano apresenta uma temperatura média mensal superior a 18° C, e pelo menos um dos meses do ano tem precipitação média total inferior a 60 mm.

A Figura 2.12 ilustra a distribuição climática na CH SF2, indicando que o subtipo climático Subtropical Úmido (Cwa) é predominante na bacia. De modo geral, caracteriza-se por estações bem definidas, com verão chuvoso e inverno seco e temperaturas elevadas, acima de 22°C.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Macro-divisões hidrográficas

Distribuição Climática

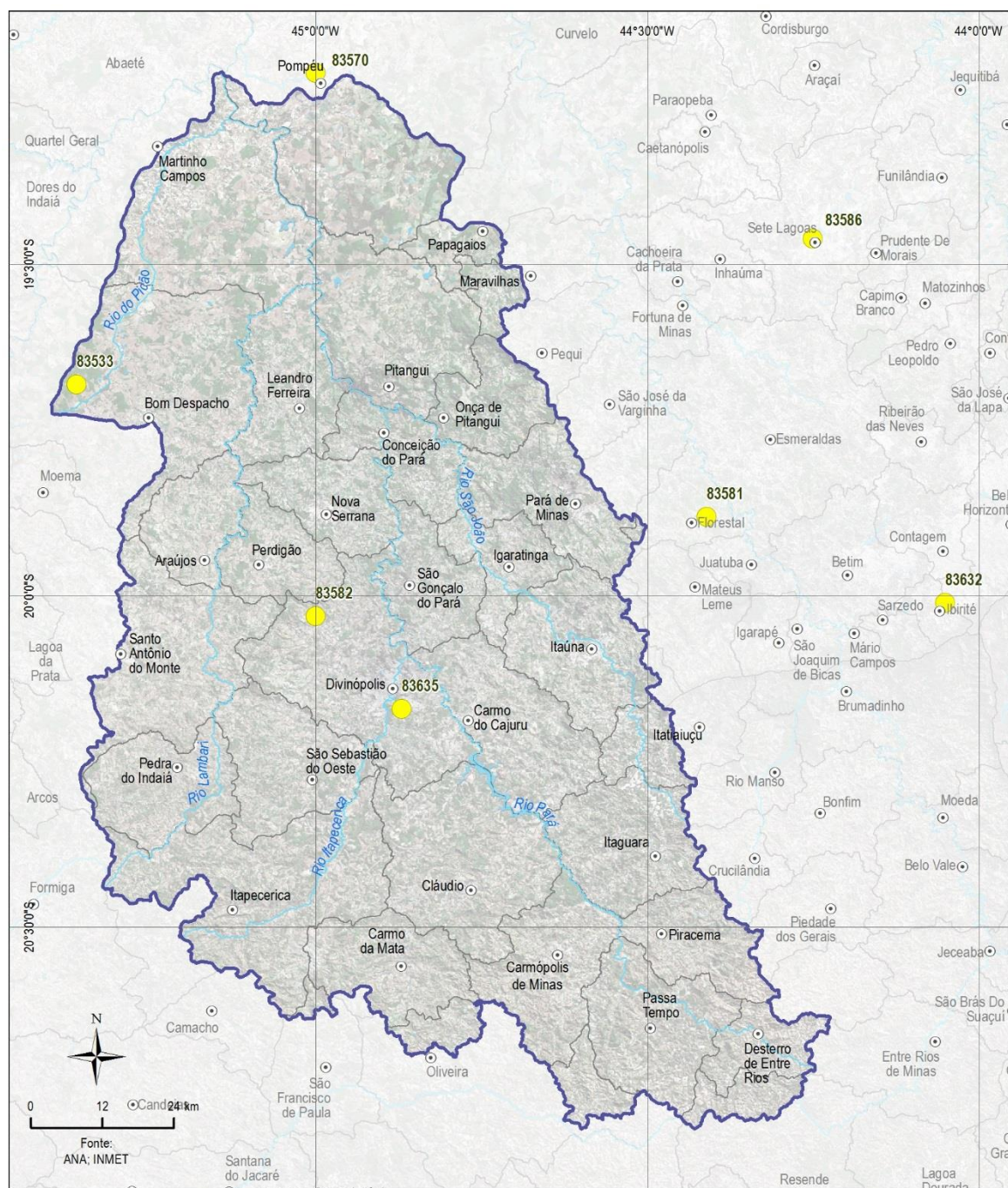
- Aw
- Cwa



Figura 2.12 – Distribuição Climática na CH SF2

A caracterização climatológica da circunscrição hidrográfica em questão é corroborada pelas observações meteorológicas regionais realizadas em locais que possam ser considerados representativos para a área de interesse, a partir das quais são descritos os comportamentos médios dos principais parâmetros climatológicos.

Para isto, foram analisados os seguintes parâmetros: precipitação, temperatura, umidade do ar, evaporação e incidência de radiação solar, com base na Normal Climatológica do Brasil (Período: 1981-2010), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Apesar de existir apenas três estações climatológicas na área de abrangência da CH SF2, a estação Bom Despacho, estação Bambuí e a estação Divinópolis, foram também levados em consideração os dados de outras quatro estações localizadas em um raio de 50 km dos limites da circunscrição hidrográfica, trata-se das estações Florestal, Ibirité, Pompéu e Sete Lagoas, importantes para definir o comportamento meteorológico da região. A Figura 2.13 mostra a distribuição destas estações climatológicas. E as informações das referidas estações climatológicas estão exibidas no Quadro 2.5.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Estações Meteorológicas

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.13 – Distribuição das Estações Climatológicas próximas à CH SF2

Quadro 2.5 – Estações Climatológicas próximas à CH SF2

Nome Estação	Código	Início Operação	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)
BambuÍ	83582	08/1926	661,3	-20,03	-45,00
Bom Despacho	83533	01/1981	695,0	-19,68	-45,36
Divinópolis	83635	10/1995	788,4	-20,17	-44,87
Florestal	83581	04/1960	760,0	-19,88	-44,41
Ibirité	83632	04/1959	814,5	-20,01	-44,05
Pompeu	83570	11/1972	690,9	-19,21	-45,00
Sete Lagoas	83586	05/1926	732,0	-19,46	-44,25

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: INMET

Na sequência estão apresentados os comportamentos médios dos principais parâmetros destas estações climatológicas:

- **Temperatura do ar**

De acordo com os dados médios das estações climatológicas analisadas, obtidos a partir das normais climatológicas, a temperatura média anual da CH SF2 varia entre 16º e 25º C, sendo que as temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de setembro a abril, e as temperaturas mais baixas são constatadas entre junho e julho, como mostra a Figura 2.14.

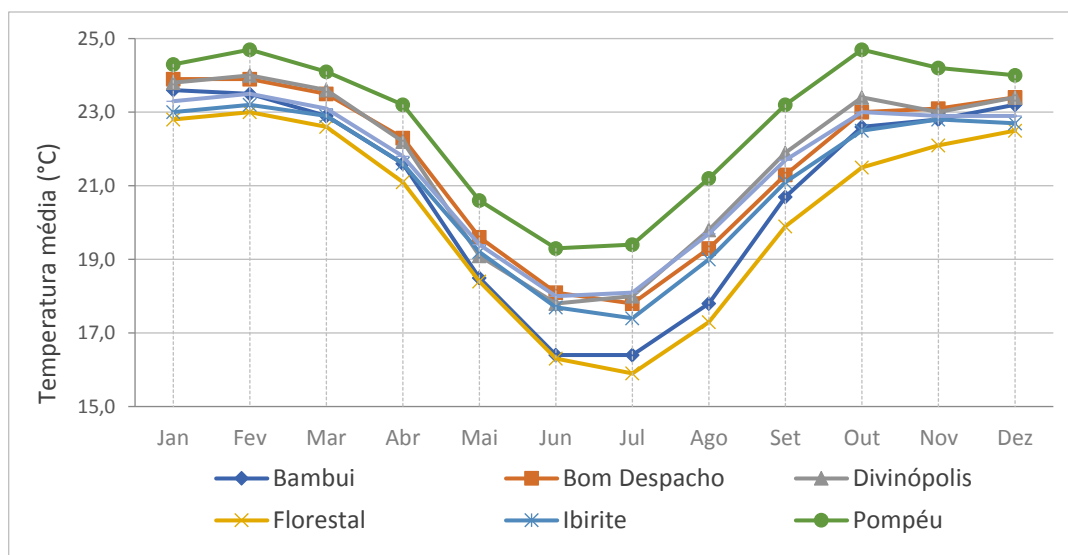


Figura 2.14 – Temperatura média mensal nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (°C)

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)

Elaboração: Engecorps, 2021

O Quadro 2.6 apresenta os dados de temperaturas máximas, médias e mínimas anuais das estações climatológicas analisadas. Como observado, as médias das temperaturas máximas anuais variam em torno de 28° C a 30° C, sendo que as estações Bom Despacho e Pompéu apresentaram as maiores temperaturas durante todo o ano. E as temperaturas mínimas anuais oscilam entre 14° C e 17° C, sendo que a estação Florestal registrou as mínimas mais baixas durante o ano, além de registrar a menor temperatura média (20,3 °C).

Quadro 2.6 – Temperaturas máximas, médias e mínimas anuais nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (°C)

Nome Estação	Temp. Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Temp. Mínima (°C)
Bambuí	28,9	20,8	14,8
Bom Despacho	29,6	21,6	15,7
Divinópolis	29,0	21,7	15,7
Florestal	28,9	20,3	14,4
Ibirité	28,7	21,1	14,9
Pompéu	29,7	22,7	17,0
Sete Lagoas	28,7	21,5	16,3

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: INMET

- **Umidade do ar**

Os dados obtidos nas sete estações avaliadas (BambuÍ, Bom Despacho, Divinópolis, Florestal, Ibirité, Pompeu e Sete Lagoas) sinalizam percentuais médios de umidade relativa do ar na CH SF2 variando de 64% a 79%, como observado no Quadro 2.7. Este quadro apresenta os valores médios, do período seco (Junho, Julho e Agosto) e do período úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) de umidade relativa do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2.

Quadro 2.7 – Umidade relativa média do ar nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (%)

Nome Estação	Média Anual (%)	Período Seco (%)	Período Úmido (%)
Bambuí	79,3	78,1	82,4
Bom Despacho	70,6	64,5	79,5
Divinópolis	66,1	60,2	72,4
Florestal	64,2	60,5	68,2
Ibirité	75,1	72,4	79,5
Pompeu	68,2	61,9	75,5
Sete Lagoas	68,1	62,4	74,4

Elaboração: Engecorps, 2021 / Fonte: INMET

A umidade relativa do ar, apesar de permanecer mais ou menos constante nas estações em boa parte do ano, cai rapidamente de junho até agosto (período seco). Os menores valores de umidade relativa do ar são observados no inverno, com percentuais médios variando entre 60,2% a 78,1%. E as maiores médias são registradas no período úmido e oscilam entre 68,2% e 82,4%.

A estação Bom Despacho apresentou maior variabilidade de umidade relativa do ar (15%), passando de 64,5% nos períodos mais secos (Junho, Julho e Agosto) para 79,5% nos meses mais úmidos (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). A estação Bambuí indicou a menor variação de umidade (4,3%), registrando 78,1% no período mais seco e 82,4% no mais úmido.

- **Evaporação**

A evaporação é usada para estimar a transferência de água para a atmosfera sobre a forma de vapor, decorrente da evaporação que se verifica em solo úmido sem vegetação, nos oceanos, lagos, rios e em outras superfícies hídricas naturais. É medida a partir da altura da lâmina d'água, expressa em milímetros. Os oceanos e grandes reservatórios d'água, principais fontes de vapor d'água na superfície da Terra, suprem a atmosfera mediante o processo de evaporação. Os continentes também são afetados por este processo, reduzindo a umidade do solo, até que a precipitação venha repô-la (ANA, 2014).

A Figura 2.15 mostra a evaporação média mensal das sete estações climatológicas analisadas no entorno da CH SF2. É possível notar que a intensidade de evaporação, que ocorre de Julho a Outubro, é mais elevada nos períodos de maior insolação e menor umidade relativa do ar. Os valores máximos observados nas estações nesse período variam entre 98,7 mm a 211,8 mm. No verão, devido ao aumento da umidade do ar e a grande nebulosidade gerada, que absorve e reflete parte significativa da energia solar incidente, ocorre o decréscimo da evaporação até março, com exceção das estações Florestal e Ibirité que mantêm a queda da evapotranspiração até o mês de Junho. Os menores valores variam de 67,5 mm a 113,7 mm.

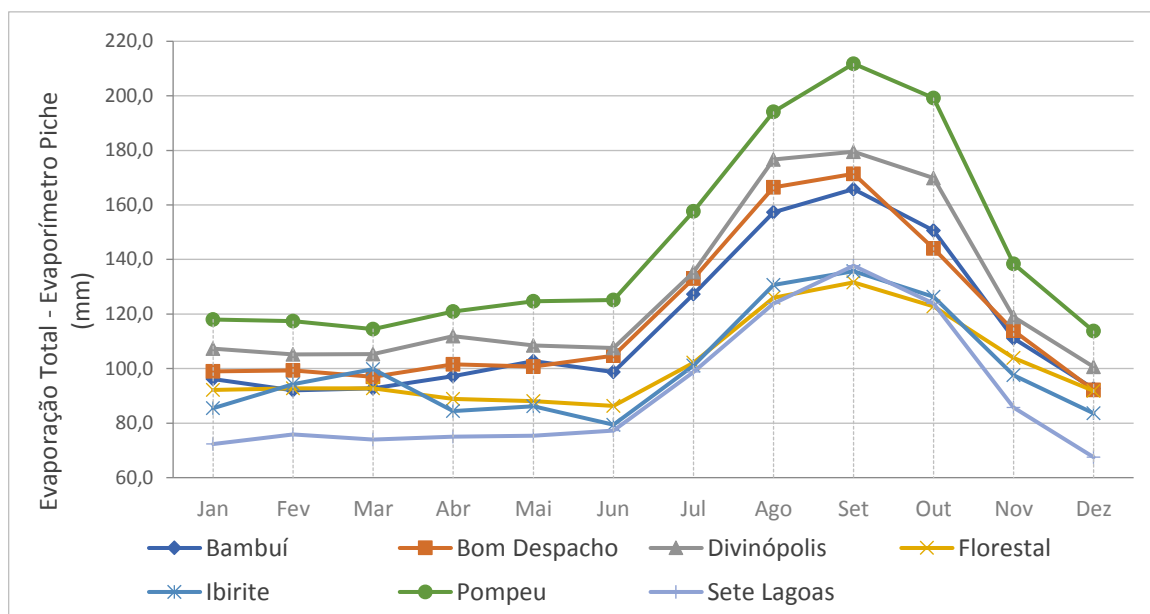


Figura 2.15 – Evaporação Média Mensal, medida pelo evaporímetro Piché, nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (mm)

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)

Elaboração: Engecorps, 2021

A estação de Pompeu apresentou a maior variação na evaporação durante o ano, com diferença de 98,1 mm, passando de 211,8 mm em setembro para 113,7 mm de evaporação total em dezembro, além do nível máximo de evaporação ter ocorrido nesta mesma estação em setembro. O nível mínimo foi constatado na estação Sete Lagoas no mês de dezembro, 67,5 mm.

• Incidência de radiação solar

Vários são os fatores que influenciam a quantidade de radiação que incide em determinado local: o movimento de rotação e translação, a inclinação do eixo do planeta, latitude, etc. Na área de estudo, a incidência de radiação solar também sofre influência de fatores como o relevo, a precipitação e a nebulosidade.

Como ilustra a Figura 2.16, os dados das estações meteorológicas avaliadas no entorno da CH SF2 apresentam valores altos de insolação total durante todo o ano, exceto no mês de dezembro, onde a estação Bambuí apresentou a mínima de 126,3 horas de insolação superficial. Os maiores índices registrados estão concentrados no período de inverno, especialmente nos meses de julho e agosto, com a máxima de

272,5 horas de insolação na estação Sete Lagoas. Isso ocorre porque apesar dos dias serem mais curtos no inverno, é um período mais seco, com menores índices de nebulosidade e, sendo assim, os raios solares incidentes são mais intensos e, conseqüentemente, a intensidade de insolação é maior. Vale ressaltar que não há dados de insolação para as estações Bom Despacho e Ibirité e, por esse motivo, não foi analisada no gráfico.

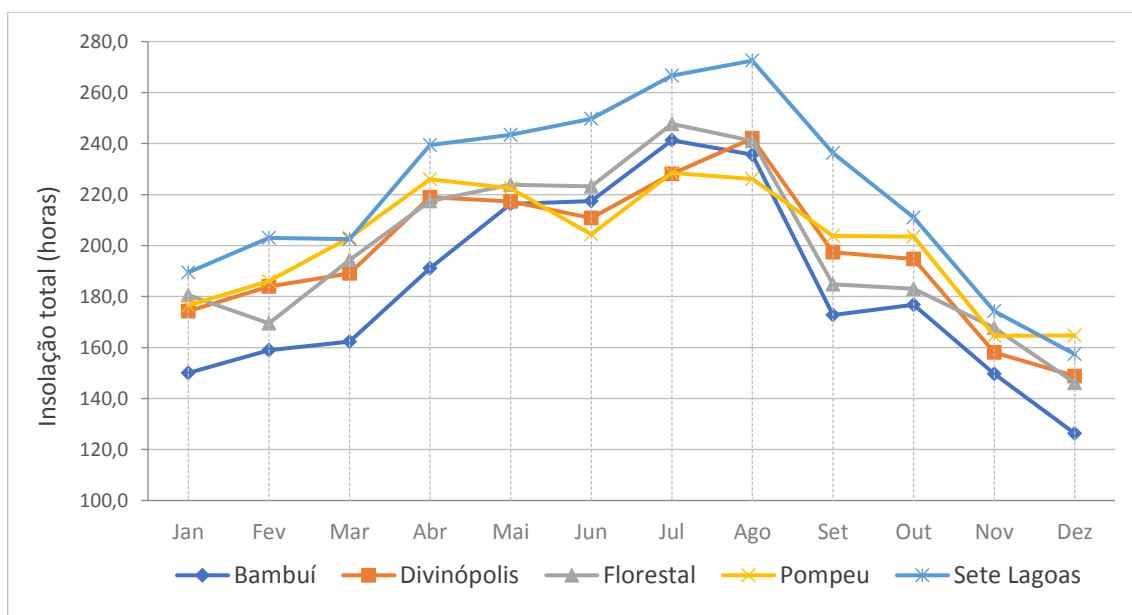


Figura 2.16 – Insolação Total medida nas estações climatológicas avaliadas no entorno da CH SF2 (horas)

Fonte: INMET (2019) - Normal Climatológica do Brasil - NCB (1981-2010)
Elaboração: Engecorps, 2021

• Precipitação

Para as análises da precipitação foram levantados e analisados dados históricos de chuva de 15 postos pluviométricos dentro e no entorno da CH SF2, disponibilizados no banco de dados da Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram levadas em consideração apenas as estações ativas com registro histórico de 10 anos (2010 a 2020) num raio de 50 km no entorno da SF2. Os dados básicos das estações pluviométricas são apresentados no Quadro 2.8, destacando as suas respectivas localizações e precipitações médias anuais.

Quadro 2.8 – Estações Pluviométricas no entorno da CH SF2

Nome Estação	Código	Operadora	Município	Latitude (°)	Longitude (°)	Precipitação Média Anual (mm)
Carmo da Mata (ETA - Copasa)(*)	2044042	CPRM	Carmo da Mata	-20,56	-44,87	1.274,5
Congonhas – Linigrafo	2043013	CPRM	Congonhas	-20,52	-43,83	1.154,5
Entre Rios de Minas	2044007	CPRM	Entre Rios de Minas	-20,66	-44,07	1.201,7
Fazenda Curralinho	2044024	CPRM	Mateus Leme	-20,01	-44,33	1.232,1
Fazenda Laranjeiras - Jusante	2044041	CPRM	Itaúna	-20,10	-44,48	1.196,9
Fazenda Santa Rita	1944062	CPRM	Mateus Leme	-19,98	-44,49	1.074,8
Jaguaruna – Jusante(*)	1944011	CPRM	Onça de Pitangui	-19,73	-44,81	899,9
Jardim	2044052	CPRM	Mateus Leme	-20,05	-44,41	1.229,2
Juatuba	1944027	CPRM	Mateus Leme	-19,96	-44,33	1.287,8
Papagaios	1944049	CPRM	Papagaios	-19,43	-44,72	1.135,7
Ponte Nova do Paraopeba	1944004	CPRM	Juatuba	-19,95	-44,47	1.296,9
Porto das Andorinhas	1945038	CPRM	Abaeté	-19,28	-45,29	933,6
Santana do Jacaré	2045004	FURNAS	Santana do Jacaré	-20,91	-45,13	1.215,0
Santo Antônio do Monte(*)	2045013	CPRM	Santo Antônio do Monte	-20,08	-45,30	1.207,6
Serra Azul	2044054	CPRM	Mateus Leme	-20,09	-44,43	1.323,5

* Estações localizadas dentro dos limites da CH SF2.

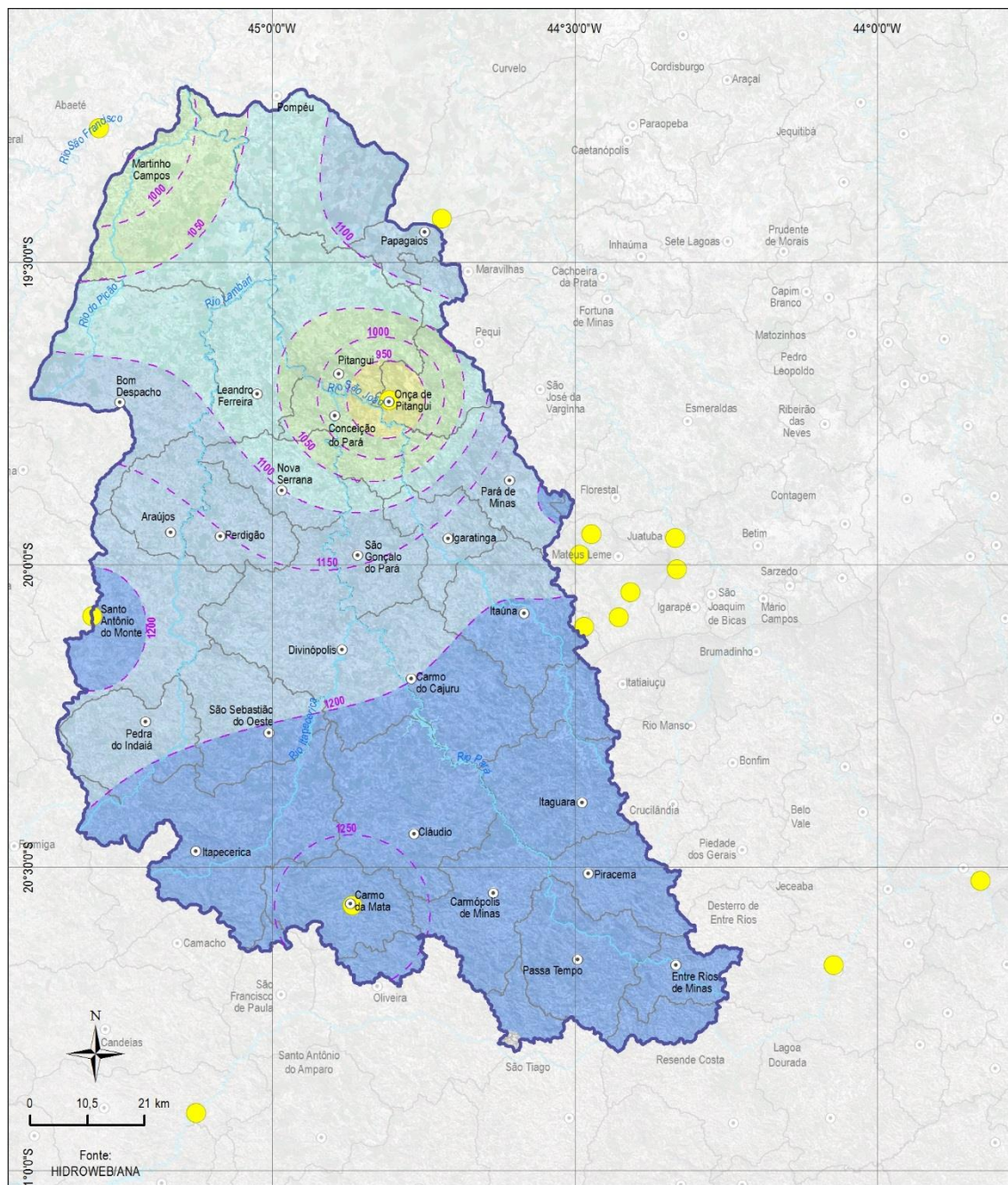
Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: Hidroweb, 2021

É possível notar a partir da análise do Quadro 2.8 que a precipitação média anual no entorno da CH SF2 é de cerca de 1.200 mm, variando entre 899 mm a 1.323 mm.

A partir da série histórica dos dados de chuva média mensal das estações pluviométricas analisadas, foi possível construir os mapas de isoietas das precipitações média anual, do período mais úmido (dezembro, janeiro e fevereiro) e do período mais seco (junho, julho e agosto). As estações estão distribuídas predominantemente na porção leste da área estudada, como ilustra a Figura 2.17.

Na Figura 2.17 é apresentado o comportamento da precipitação média anual na SF2, notando-se uma nítida diferença na distribuição do volume precipitado, sendo que os maiores volumes de chuva ocorrem na porção centro-sul da CH, principalmente nos municípios de Itapecerica, Carmo da Mata, Cláudio, Itaguara, Carmópolis de Minas, Piracema e Passa Tempo, que apresentam precipitações médias anuais superiores a 1.212 mm. Por outro lado, na porção norte da CH, verificam-se os menores volumes de chuva, com destaque para os municípios de Martinho Campo, Leandro Ferreira, Pitangui, Onça de Pitangui, Conceição do Pará e partes do território de Nova Serrana e Pompéu, que apresentam volumes de chuva anual inferiores a 1.050 mm.



LEGENDA

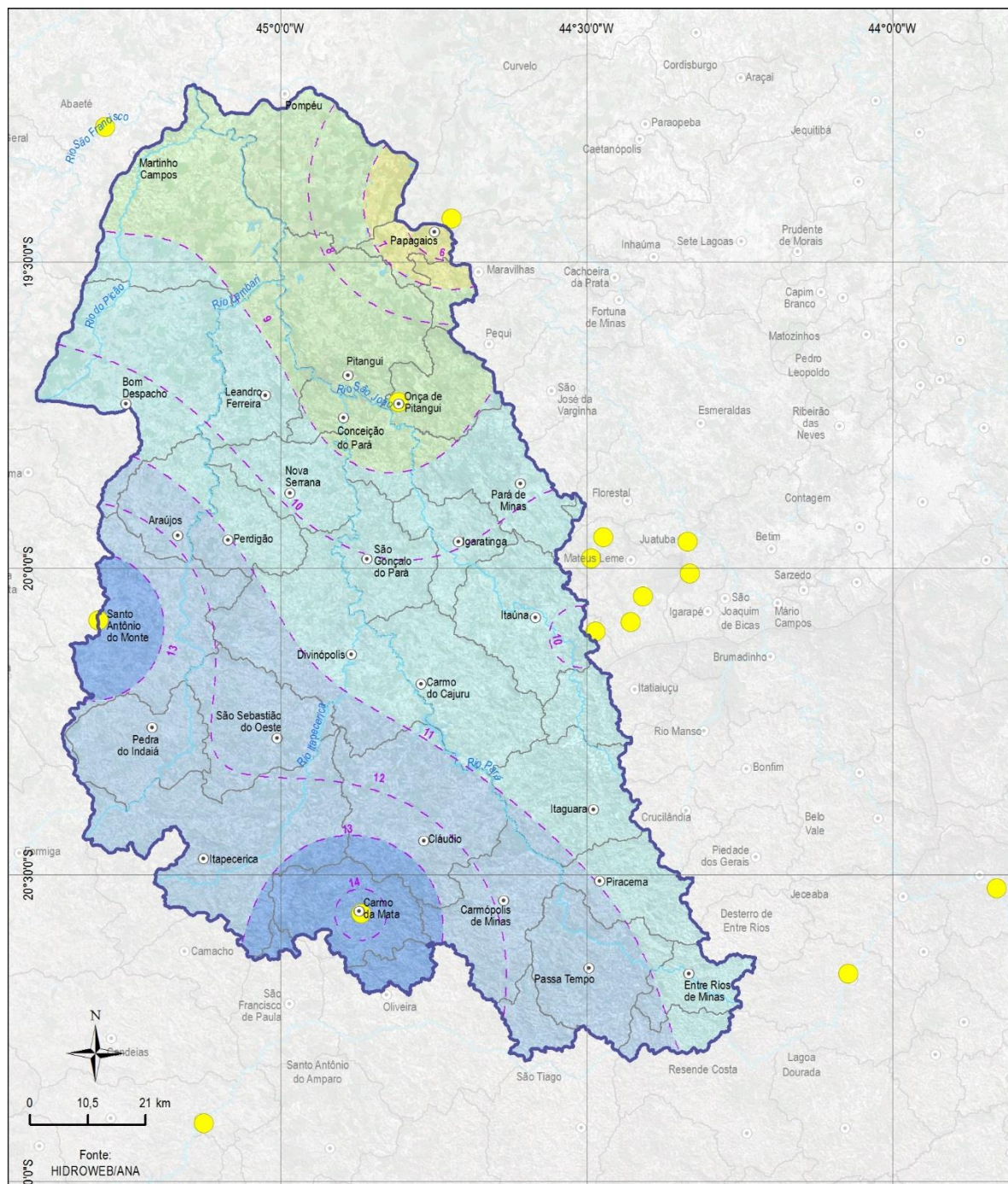
- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Estações Meteorológicas
 - - - Isoietas de precipitação
- Precipitação média anual (mm)**
- < 950 mm
 - 950 - 1.050 mm
 - 1.050 - 1.100 mm
 - 1.100 - 1.200 mm
 - > 1.200

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.17 – Precipitação média anual do entorno da CH SF2

No trimestre mais seco (junho, julho e agosto) os totais precipitados médios não ultrapassam os 14 mm, e se acumulam na porção sudoeste da CH, como apresentado na Figura 2.18. Nota-se uma semelhança da precipitação média anual, com exceção da porção centro-leste, no trimestre mais seco, em que os menores volumes precipitados ainda se concentram na porção norte e principalmente na porção nordeste, entre os municípios de Pitangui, Pompéu, Papagaios e Maravilhas, Martinho Campos, Conceição do Pará e Onça de Pitangui onde os volumes de chuva no período mais seco são inferiores a 8,7 mm.



LEGENDA

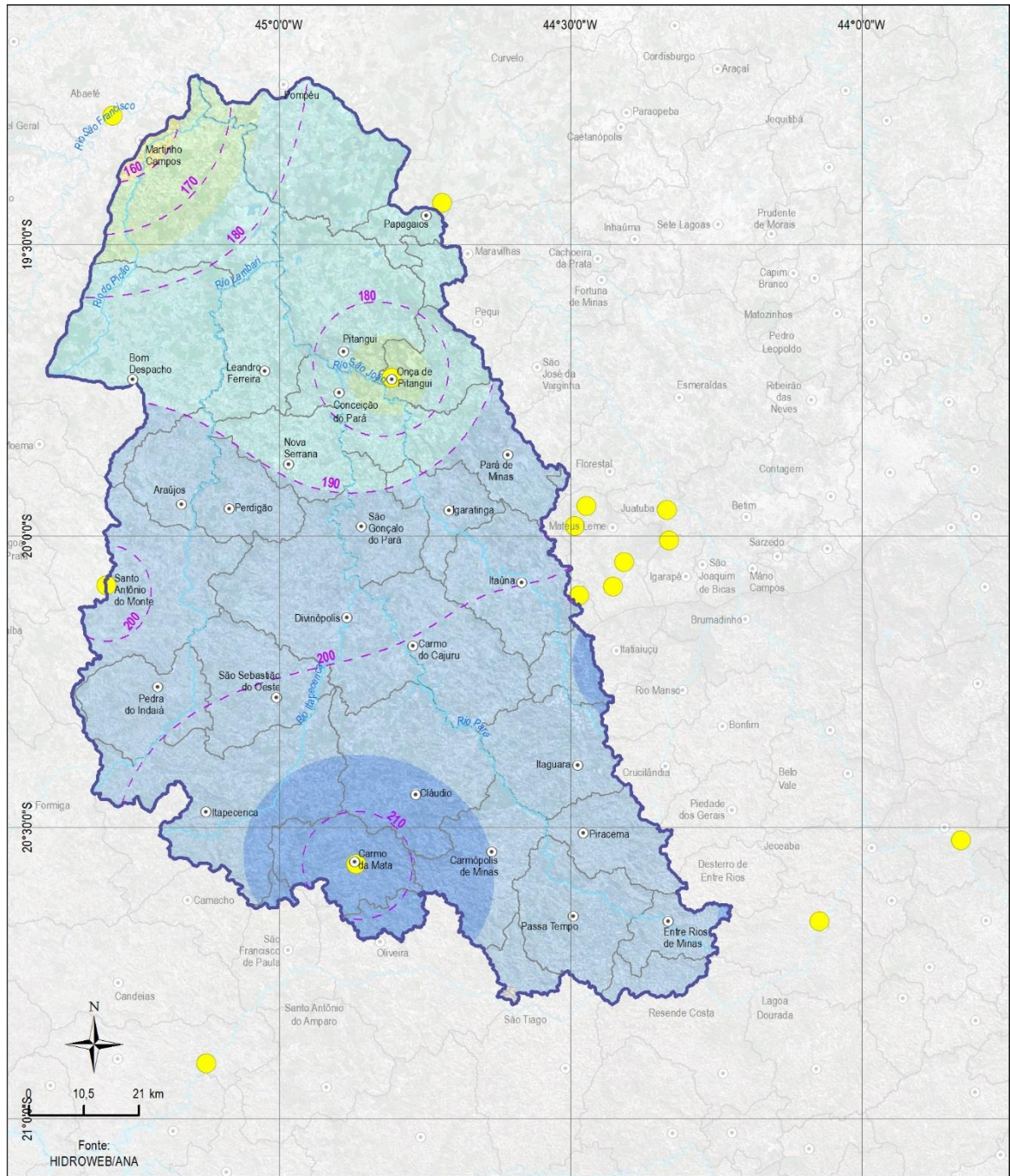
- Sede municipal
 - ▭ Limite municipal
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Estações Meteorológicas
 - - - Isoietas de precipitação
- | Precipitação mínima anual (mm) | |
|--------------------------------|------------|
| 5 - 7 mm | 7 - 9 mm |
| 9 - 11 mm | 11 - 13 mm |
| 13 - 14 mm | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.18 – Precipitação mínima anual, que ocorre no período mais seco (Junho, Julho e Agosto)

Na Figura 2.19 são ilustradas as precipitações médias mensais que ocorrem no período mais úmido (dezembro, janeiro e fevereiro). A análise desse período é essencial, pois ele corresponde a aproximadamente 60% do volume total anual precipitado, com volumes mensais que variam entre 160 mm e 210 mm. Nota-se que a tendência da precipitação média anual se mantém em comparação com os meses mais úmidos, onde a porção Centro-Sul da bacia apresenta os maiores volumes de precipitação em relação a porção Norte, ultrapassando 200 mm de precipitação média no trimestre mais úmido. A porção Norte apresenta o menor volume de chuvas da CH, com valores inferiores a 190 mm de precipitação média no trimestre mais úmido, alguns municípios têm observadas médias inferiores a 180 mm, como o caso de parte de Pompéu, Martinho Campos, Bom Despacho, Pitangui, Conceição do Pará e Onça de Pitangui.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- Estações Meteorológicas
- Isoietas de precipitação
- Precipitação máxima anual (mm)**
 - 155 - 160 mm
 - 160 - 175 mm
 - 175 - 190 mm
 - 190 - 205 mm
 - 205 - 212 mm

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.19 – Precipitação máxima anual, que ocorre no período mais úmido (Dezembro, Janeiro e Fevereiro)

Os resultados climatológicos aqui apresentados foram obtidos a partir de uma análise da condição “média” da Normal Climatológica do Brasil, entre os anos 1981-2010, exceto os dados de precipitação, onde foi analisada a série histórica de 2010 a 2020, com base nas estações pluviométricas registradas pela ANA (2021), como mencionado anteriormente.

De modo geral, os dados apresentados mostram que há uma nítida divisão climática na CH SF2. Na porção Nordeste, enquadrada no tipo climático Aw de acordo com a classificação de Köppen, são registrados os menores índices pluviométricos, o maior nível de evaporação, e a menor variação de umidade. E na porção Centro-Sul, enquadrada no tipo climático Cwa, ocorrem os maiores volumes de chuva, são também registradas as menores temperaturas, tanto máximas quanto médias, há maior variabilidade de umidade relativa do ar, bem como a maior variação na evaporação durante o ano.

- **Vulnerabilidade Climática**

A Lei Federal nº 12.187/2009 que institui a Política Nacional sobre mudanças do Clima – PNCC define vulnerabilidade como:

Art 2º - X: grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos (BRASIL, 2009).

Portanto, a vulnerabilidade de um território em relação às mudanças climáticas depende de seu grau de exposição aos impactos dessas mudanças, dos fatores intrínsecos do 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 de aproveitar as oportunidades associadas a elas (FEAM, 2015).

Sendo assim, as três principais variáveis para a caracterização da vulnerabilidade climática, consideram a exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa e de regeneração do sistema exposto. Com o intuito de quantificar os impactos e a

vulnerabilidade às mudanças climáticas no território a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) elaborou com base nessas variáveis, o Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática (IMVC).

O Quadro 2.9 apresenta os Índices de Sensibilidade, Exposição e Capacidade de Adaptação, além do Índice de Vulnerabilidade resultante destas três variáveis, dos municípios que possuem sede municipal dentro dos limites da CH SF2 (SISEMA, 2018). É possível observar que, dos 27 municípios que possuem sede municipal na CH SF2, 15 apresentam altos índices de vulnerabilidade às mudanças climáticas, representando quase 56% dos municípios da CH, com destaque para Martinho Campos, que em 2018 apresentou Índice de Vulnerabilidade “Extrema” às mudanças climáticas (0,990). O município que apontou a menor vulnerabilidade foi Passa Tempo, situado na porção Sul da CH SF2, caracterizado como Vulnerabilidade “Relativamente Baixa” (0,173).

Quadro 2.9 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios com sede na SF2

Município	Nível de Sensibilidade	Nível de Exposição	Capacidade de Adaptação	Índice de Vulnerabilidade	Nível de Vulnerabilidade
Araújos	0,347	0,495	0,405	0,390	Moderada
Bom Despacho	0,205	0,542	0,462	0,221	Moderada
Carmo da Mata	0,384	0,540	0,603	0,316	Moderada
Carmo do Cajuru	0,309	0,495	0,628	0,224	Moderada
Carmópolis de Minas	0,377	0,495	0,690	0,249	Moderada
Cláudio	0,347	0,495	0,392	0,403	Alta
Conceição do Pará	0,537	0,542	0,347	0,769	Muito Alta
Desterro de Entre Rios	0,443	0,458	0,396	0,471	Alta
Divinópolis	0,341	0,540	0,313	0,540	Alta
Igaratinga	0,615	0,542	0,383	0,798	Muito Alta
Itaguara	0,305	0,495	0,684	0,203	Moderada
Itapeçerica	0,291	0,495	0,314	0,422	Alta
Itaúna	0,508	0,495	0,664	0,348	Moderada
Leandro Ferreira	0,330	0,542	0,393	0,418	Alta
Martinho Campos	0,514	0,542	0,259	0,990	Extrema
Nova Serrana	0,231	0,542	0,397	0,289	Moderada
Onça de Pitangui	0,499	0,542	0,311	0,800	Muito Alta
Papagaios	0,366	0,542	0,479	0,380	Moderada
Pará de Minas	0,308	0,610	0,303	0,569	Alta
Passa Tempo	0,332	0,231	0,408	0,173	Relativamente Baixa

Município	Nível de Sensibilidade	Nível de Exposição	Capacidade de Adaptação	Índice de Vulnerabilidade	Nível de Vulnerabilidade
Pedra do Indaiá	0,461	0,495	0,337	0,622	Muito Alta
Perdigão	0,302	0,495	0,415	0,331	Moderada
Piracema	0,507	0,495	0,595	0,388	Moderada
Pitangui	0,314	0,542	0,376	0,416	Alta
Santo Antônio do Monte	0,324	0,495	0,320	0,461	Alta
São Gonçalo do Pará	0,346	0,542	0,307	0,561	Alta
São Sebastião do Oeste	0,416	0,498	0,363	0,525	Alta

Elaboração: Engecorps, 2021

Fonte: Sisema, 2018

O Índice de Vulnerabilidade Climática dos municípios da CH SF2 não está distribuído de forma homogênea, mas é possível notar que os municípios mais vulneráveis estão localizados na porção Norte e Nordeste, como ilustra a Figura 2.20.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Baía Hidrográfica do Rio Pará

- Índice de vulnerabilidade 2018**
- < 0,2 (Relativamente baixa)
 - 0,2 - 0,4 (Moderada)
 - 0,4 - 0,6 (Alta)
 - 0,6 - 0,8 (Muito alta)
 - > 0,8 (Extremamente alta)

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.20 – Índice de Vulnerabilidade Climática nos municípios da CH SF2

De acordo com estudo realizado pela FEAM (2014) foram identificados os principais desafios em relação às mudanças climáticas de acordo com a região em que o município se encontra. Essa classificação considerou a diversidade de seus territórios e as características próprias de cada região, como seus atributos socioeconômicos (agricultura, exploração florestal, turismo, geração de energia elétrica, e outras atividades econômicas), a amplitude e o impacto previsto das mudanças climáticas sobre o território e, por fim, a capacidade de uma comunidade a se adaptar às mudanças climáticas em relação à variabilidade climática e aos fenômenos extremos. O Quadro 2.10 apresenta esses desafios de acordo com as duas Regiões de Planejamento que integram a CH SF2: Central e Centro-Oeste de Minas.

Quadro 2.10 – Principais desafios em relação às mudanças climáticas nas Regiões de Planejamento da CH SF2

Região de Planejamento	Município	Desafios em Relação às Mudanças Climáticas
Central	Desterro de Entre Rios	<ul style="list-style-type: none"> • Condições das infraestruturas rodoviárias • Pressão migratória crescente para as zonas urbanas • Saúde humana • Serviços de tratamento de esgotos sanitários • Pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais • Capacidade institucional desigual • Riscos de desastres naturais (inundações, deslizamentos de terreno)
	Itaguara	
	Onça de Pitangui	
	Papagaios	
	Pará de Minas	
	Pitangui	
Centro Oeste de Minas	Araújos	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde humana • Pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais • Serviços de tratamento de esgotos sanitários
	Bom Despacho	
	Carmo da Mata	
	Carmo do Cajuru	
	Carmópolis de Minas	
	Cláudio	
	Conceição do Pará	
	Divinópolis	
	Igaratinga	
	Itapeçerica	
	Itaúna	
	Leandro Ferreira	
	Martinho Campos	
	Nova Serrana	
Passa Tempo		
Pedra do Indaiá		

Região de Planejamento	Município	Desafios em Relação às Mudanças Climáticas
	Perdigão	
	Piracema	
	Santo Antônio do Monte	
	São Gonçalo do Pará	
	São Sebastião do Oeste	

Fonte: FEAM, 2014

Elaboração: Engecorps, 2021

As condições comuns nas duas Regiões de Planejamento presentes na CH SF2 dizem respeito à saúde humana, a pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais e aos serviços de tratamento de esgotos sanitários.

As principais doenças que têm relação comprovada com as mudanças climáticas são a dengue, malária, febre amarela, o tracoma e a diarreia, segundo FEAM (2015). Em relação ao consumo e exploração humana à natureza, o bioma e ecossistemas do Cerrado e Mata Atlântica, presentes na CH SF2, sofrem um grande desmatamento histórico e pressão da agricultura, da pecuária extensiva e da silvicultura. Além disso, tem sido verificada uma diminuição da qualidade das águas, corroborada também pelo baixo índice de serviços de tratamentos de esgotos.

Em um cenário de mudança do clima, os extremos climáticos (altas temperaturas, chuvas intensas, secas) são mais frequentes e o risco de ocorrência de desastres naturais, como inundações ou secas, tende a se intensificar, tornando-se um desafio a ser enfrentado.

As chuvas incidentes são responsáveis pela formação de importantes bacias hidrográficas, como o caso da Bacia do São Francisco, e a forte urbanização e a redução da cobertura vegetal a partir da década de 70 fazem com que as chuvas de altas intensidades provoquem eventos críticos às populações que ficam expostas às inundações, aos desabamentos e aos focos de doenças.

Os eventos das principais cheias ocorridas na Bacia de São Francisco, de acordo com o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco –

PBHSF (2004-2013)³ ocorreram nos anos de 1943,1946, 1949, 1979, 1983, 1992 e 2004. Vale destacar a cheia ocorrida em 1979, que ocorreram entre os meses de janeiro e fevereiro no Médio e no Alto São Francisco, região foco do presente estudo, pois foram chuvas bastante críticas, pois os solos da bacia já se encontravam umedecidos pelas chuvas de dezembro, que também foram abundantes e a situação perdurou por 30 dias.

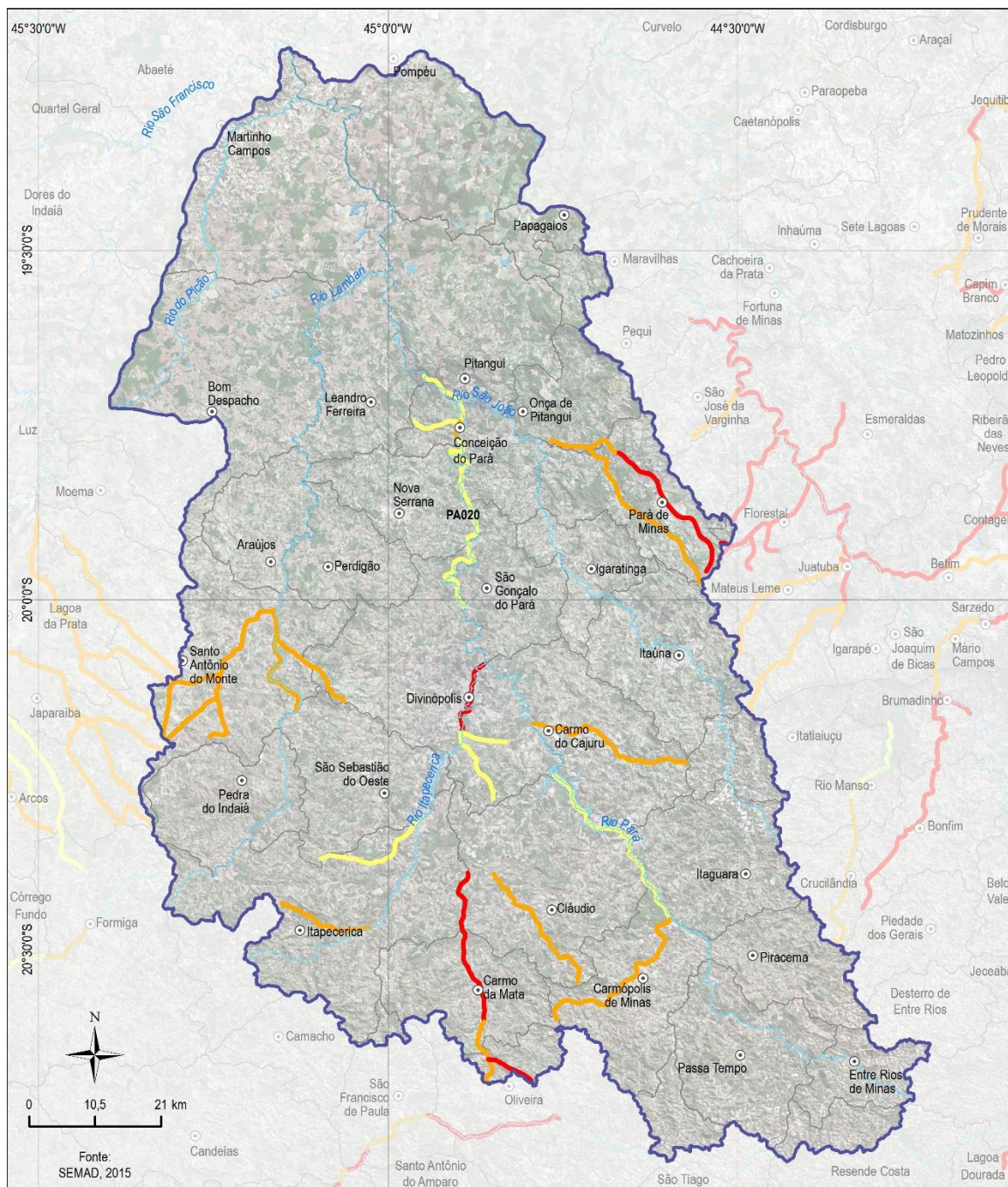
O Atlas de Vulnerabilidade às inundações de Minas Gerais SEMAD (2015) mapeou a vulnerabilidade de trechos de corpos d'água no estado em função da frequência em que ocorrem e dos impactos que causam. De acordo com este mapeamento a CH SF2 possui 02 corpos d'água com "Alto" Índice de Vulnerabilidade às Inundações, o trecho do Ribeirão Paciência que atravessa a mancha urbana do município de Pará de Minas situado na porção leste da CH SF2, e alguns trechos do ribeirão Boa Vista, corpo d'água que corta os municípios de Oliveira, Carmo da Mata, as divisas territoriais de Itapeçerica e Cláudio, e a ocupação urbana do município de Divinópolis.

Há, ainda, alguns cursos d'água classificados com índice "Médio" de Vulnerabilidade à Inundação, concentrados principalmente no município de Santo Antônio do Monte, na porção Oeste da bacia, como ilustra a Figura 2.21. Esses cursos d'água são classificados como de médio impacto, com frequência média/baixas de inundações, ou baixo impacto e alta frequência de inundações.

Vários fatores podem potencializar a vulnerabilidade de um local às inundações, dentre eles: a densidade populacional, a distribuição de renda, as redes de infraestrutura, a tipologia das edificações, a falta de planejamento, o uso e ocupação do solo e a percepção do risco, por exemplo.

Vale mencionar que a parcela da população que se encontra em áreas ocupadas em encostas ou margens de rios em condições precárias de moradia são as mais vulneráveis a eventos como inundações e desmoronamentos.

³ ANA, Agência Nacional das Águas. Projeto De Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra Na Bacia Do São Francisco - Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013). Brasília, 2004.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
 - ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- Índice de Vulnerabilidade à Inundações**
- Baixa
 - Média
 - Alta

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.21 – Índice de Vulnerabilidade à Inundações nos rios da CH SF2

2.3.2 Geomorfologia

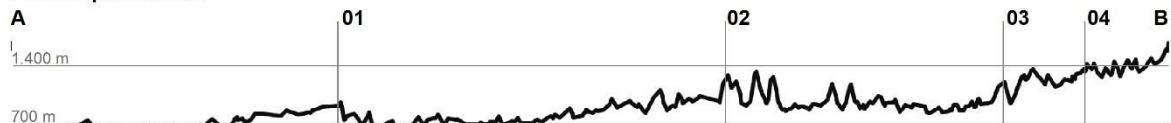
A diversidade geológica da CH SF2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará condiciona parcialmente seu relevo, estando instalada no contexto da Província Estrutural do São Francisco (IBGE, 2019), envolvendo relevos predominantemente mais movimentados na porção centro-sul, e mais colinosos na porção norte da bacia.

Com uma amplitude altimétrica de 760 metros, as altitudes variam entre 1.340 metros no seu ponto mais alto, na porção sudeste, na Serra da Galga, e 580 metros a norte, na várzea do rio Pará conforme apresentado na Figura 2.22.

As declividades e os patamares são bastante variados, apresentando desde áreas planas, como nos topos de chapadas, pedimentos, planícies e terraços fluviais, até setores mais íngremes nas vertentes dos planaltos. A divisão do relevo pode ser observada no perfil hipsométrico apresentado na Figura 2.22, que abrange de forma mais ampla as regiões geomorfológicas do Planalto Centro-Sul Mineiro, Quadrilátero Ferrífero e Depressão do Alto-Médio São Francisco.



Perfil Hipsométrico



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - Curso d'água
 - Massa d'água
 - CH SF2 - Rio Pará
- | Altimetria (m) | |
|----------------|---------------|
| | < 600 |
| | 601 - 700 |
| | 701 - 800 |
| | 801 - 900 |
| | 901 - 1.000 |
| | 1.001 - 1.100 |
| | 1.101 - 1.200 |
| | > 1.200 |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.22 – Relevo na CH SF2

Utilizando o perfil e o mapa hipsométrico como guias é possível destacar em primeiro lugar, que os relevos mais movimentados da CH SF2 distribuem-se nos divisores de água, mais ou menos na forma de uma ferradura nos setores sudoeste-sul-sudeste, estando aí localizados os pontos mais elevados da bacia.

Nestes referidos trechos está a unidade do Planalto de Oliveira, conforme apresentado no mapa geomorfológico da Figura 2.23. Essa classe corresponde a 33% da área total da CH SF2 e caracteriza-se por ser um relevo de dissecação com topos convexos e altitudes maiores que 900 metros.

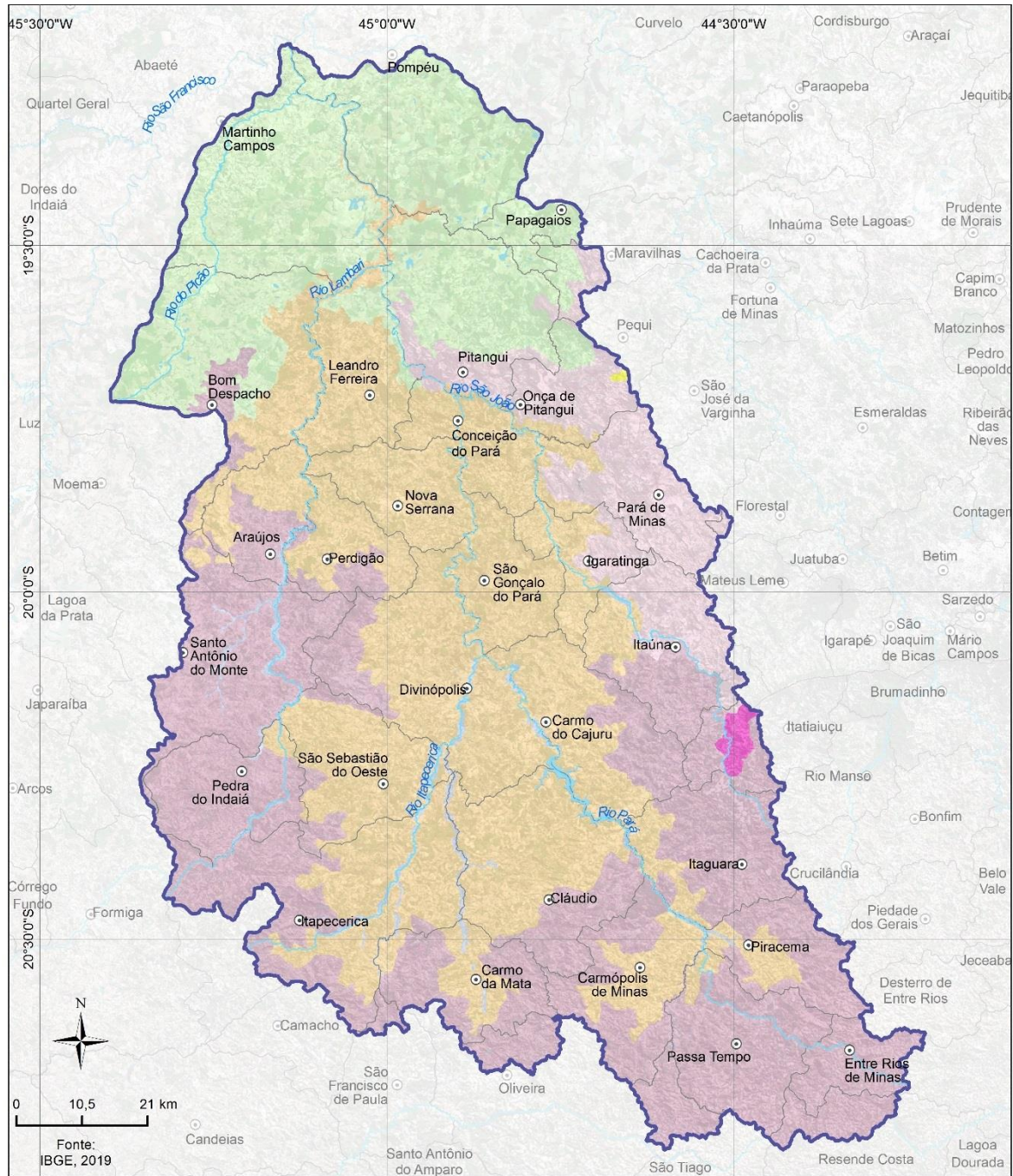
No setor oeste aparece a unidade Serranias de Pará de Minas, contígua ao Planalto de Oliveira e caracterizada por ser uma área de dissecação com topos convexos e altitudes entre 750 metros e 1.000 metros.

Apesar de ter pequena expressão na área de estudo (0,4% da área total), é importante destacar a presença no setor oeste de uma pequena extensão das Serras do Quadrilátero Ferrífero, que iniciam aí e se estendem para oeste.

Na porção central da CH SF2 encontram-se os Patamares de Divinópolis, a maior unidade de relevo da bacia, com 36,9% da área total. Nesta unidade predominam altitudes entre 700m e 850m, com média densidade de drenagem e vales pouco pronunciados, sendo ela a unidade que sustenta o maior trecho dos vales das principais hidrografias da bacia, a saber os rios Pará e Itapecerica.

Na porção norte está a Depressão Alto São Francisco, que responde por 20% da área total da bacia e é caracterizada por colinas de pequena altitude, normalmente inferiores a 750 metros, vales em V pouco pronunciados, topos arredondados e baixas declividades.

Por fim, entremeada principalmente no Planalto de Oliveira e Serranias de Pará de Minas estão as Planícies e Terraços Fluviais dos rios Lambari, Itapecerica, Pará, entre outros, sendo caracterizadas por sua natureza de agradação sedimentar, baixa declividade e feições alongadas na forma da hidrografia, sendo responsável pela meandricidade assumida em alguns trechos dessas hidrografias.



LEGENDA

- Sede municipal
- ▭ Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará

Geomorfologia

- Planícies e Terraços Fluviais
- Depressão do Alto Rio São Francisco
- Patamares de Belo Horizonte
- Patamares de Divinópolis
- Serras de Pará de Minas
- Serras do Quadrilátero Ferrífero
- Planalto de Oliveira

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.23 – Províncias Geomorfológicas na CH SF2.

2.3.3 Pedologia

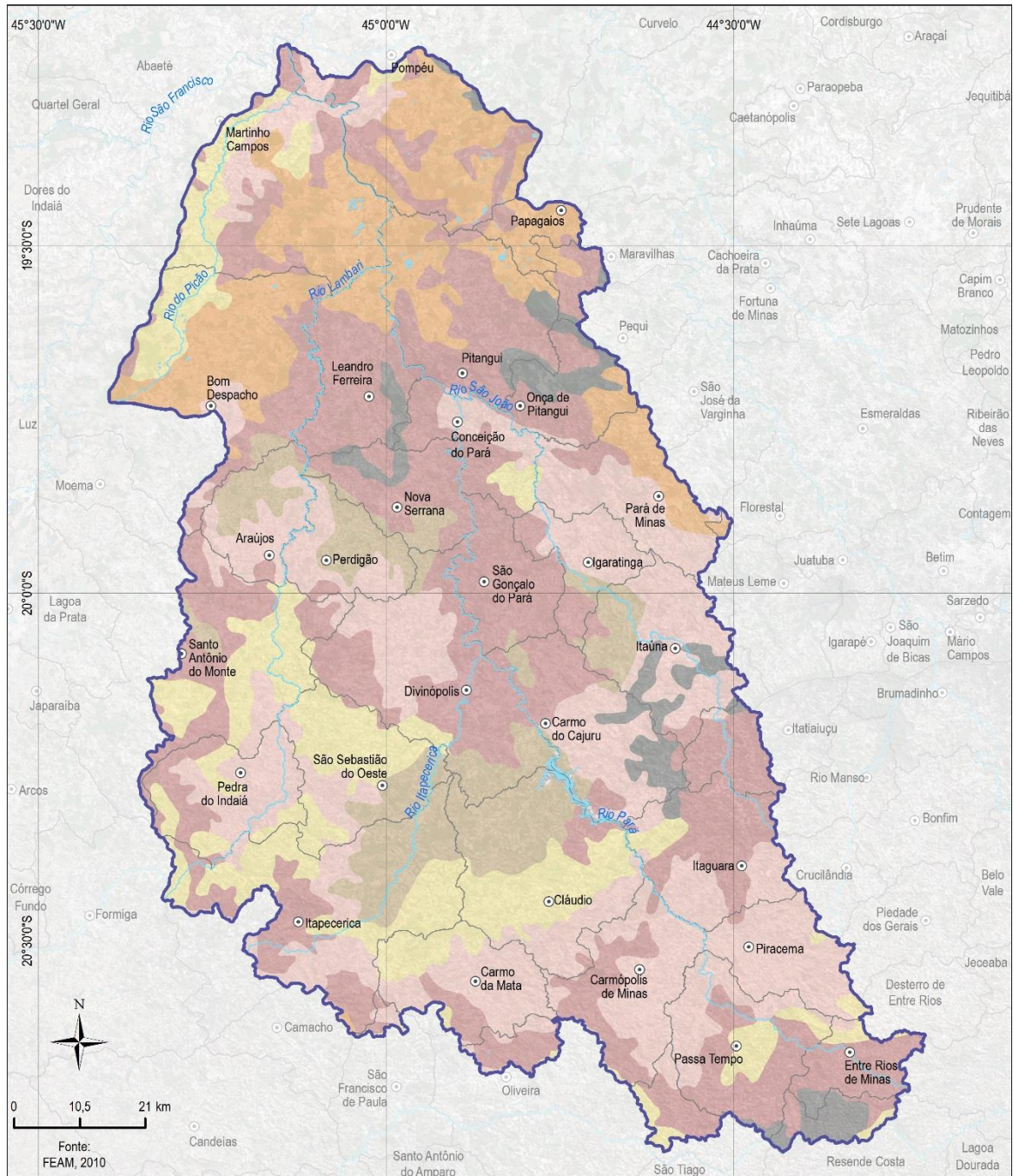
As características dos solos predominantes numa bacia hidrográfica são importantes por estarem relacionadas à resistência do solo e, por consequência, à erosão, que é um dos fenômenos mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como, assoreamento e poluição das fontes e cursos de água (COGO *et al.* 2003).

A caracterização pedológica da CH SF2 – Rio Pará foi realizada de acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, elaborado em escala 1:650.000 (FEAM, 2010) onde se observa que os solos predominantes são os Cambissolos, Latossolos vermelho-amarelo e Argissolos vermelho-amarelo, que juntos ocupam quase 74% da SF2, como apresentado na Figura 2.24.

Os Cambissolos encontram-se distribuídos de forma mais ou menos homogênea em toda a área da SF2, ocupando cerca de 33,3% dela. Normalmente esses tipos de solos estão associados a relevos movimentados e apresentam alta variação de profundidade, cor e drenagem. São pouco desenvolvidos, sendo que ainda apresentam características do material originário (rocha) evidenciado pela presença de minerais primários. Estes solos são encontrados em relevo forte ondulado ou montanhoso com ausência de horizonte A superficial úmido.

Os Cambissolos encontrados nessa área são do tipo háplico, o que significa que possui fertilidade variável, sendo que essa classe de solo apresenta como principal restrição à agricultura, a baixa profundidade, o relevo de declives acentuados e a ocorrência de pedras na massa do solo.

Os Argissolos vermelho-amarelos ocupam 26,8% da área de estudo e encontram-se espalhados por toda a área de estudo em manchas mais ou menos homogêneas. São caracterizados por solos minerais com nítida diferenciação entre as camadas ou horizontes, reconhecida em campo especialmente pelo aumento, por vezes abrupto, nos teores de argila em profundidade. Apresentam profundidade, drenagem e texturas variadas. Ocorrem em áreas de relevo mais acidentado e dissecados relacionando as dificuldades do uso agrícola com a fertilidade e suscetibilidade à erosão.

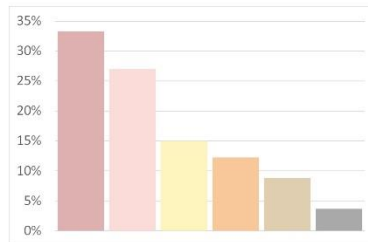


LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará

Pedologia

- Cambissolo
- Latossolo vermelho
- Latossolo amarelos
- Latossolo vermelho-amarelo
- Argissolo vermelho-amarelo
- Neossolo lítólico



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.24 – Pedologia na CH SF2.

Na CH SF2 são observadas três classes de Latossolos: Latossolo Vermelho-Amarelo (15%), mais concentrado no setor sudoeste, Latossolo Vermelho (12,2%), cujas maiores manchas estão localizadas no setor norte, e Latossolo Amarelo (8,8%), distribuídas sobretudo no setor central.

O Latossolo Vermelho-Amarelo possui cores uniformes vermelho-amareladas, altas profundidades, com boa drenagem. Em condições naturais, os teores de fósforo são baixos, sendo indicada a adubação fosfatada. Outra limitação ao uso desta classe de solo é a baixa quantidade de água disponível às plantas.

Os Latossolos vermelhos são solos minerais homogêneos e com pouca diferenciação entre os horizontes. Estes solos são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis⁴. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo.

Por fim, os Latossolos Amarelos possuem textura argilosa e normalmente estão localizados em relevo suavemente ondulado, apresentando boas condições físicas de retenção de umidade, o que favorece a mecanização agrícola e a sua utilização na agropecuária (EMBRAPA, 2013).

Os Neossolos na CH SF2 possuem pouca expressão total (3,6%) e estão distribuídos em manchas pequenas por toda a área de estudo. São constituídos por material mineral não hidromórfico, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (JACOMINE, 2013). São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico e têm restrições para utilização agrícola, tanto em função da baixa fertilidade natural como baixa

⁴ Instituto Agronômico de Campinas. Solos do Estado de São Paulo. Latossolos. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Latossolos.pdf>. Acessado em 05/2021.

coesão de suas partículas. Isso significa que são indispensáveis as práticas de manejo conservacionistas para evitar que esses solos sejam degradados⁵.

A classe observada na CH SF2 é do tipo Neossolo Litólico, que é típico de regiões de relevo mais dissecado ou íngreme, e compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm e estão associados normalmente aos relevos mais inclinados⁶.

2.3.4 Potencial de Erosão

Um importante aspecto das paisagens são os processos erosivos, tema que abarca as alterações química e física das rochas e solos como agentes desagregadores, o transporte dos sedimentos morro abaixo (normalmente por efeito da água e da gravidade) e, por fim, a deposição deles nas áreas mais planas do relevo.

A compreensão desses processos erosivos é de grande importância para que se possa maximizar o uso dos recursos hídricos por meio do controle ou minimização da geração, transporte e deposição de sedimentos nos corpos d'água (PAIVA *et al.*, 2001), sendo que os sedimentos têm a capacidade de alterar as condições físico-químicas da água, além de poder provocar o assoreamento e mesmo a extinção de cursos d'água menores.

Esses processos são particularmente importantes nos estudos de qualidade e enquadramento das águas, especialmente pelo efeito que os sedimentos têm na turbidez da água, pela possibilidade de transporte de sedimentos contaminantes para dentro dos corpos d'água ou pelo assoreamento dos canais por aporte de material.

Tais processos são mais ou menos intensos em função de condicionantes naturais, como o clima e o arcabouço geológico, geomorfológico e pedológico, além de condicionantes antrópicas, diretamente ligadas às atividades de uso do solo existentes em uma área. Com isso é possível afirmar que a combinação entre

⁵ Instituto Agrônomo de Campinas. Solos do Estado de São Paulo. Argissolos. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/neossolos.pdf>>. Acessado em 05/2021.

⁶ SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. Neossolos Litólicos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html>. Acessado em 05/2021.

aspectos físicos e humanos em uma paisagem, resulta em diferentes graus de suscetibilidade à erosão. Além disso, podem ocorrer em velocidades reduzidas, normalmente associados a processos naturais de erosão, ou em velocidades aceleradas, seja porque estão associados a alguma modificação causada por alteração antrópica, ou a algum processo dinâmico da paisagem, sendo relativamente comuns no sudeste brasileiro os processos vinculados aos movimentos de massa.

A caracterização, mensuração e avaliação da erosão do solo e, conseqüentemente, da produção de sedimentos são fundamentais na identificação de áreas críticas suscetíveis aos processos erosivos e hidrossedimentológicos.

Alguns estudos, utilizando diferentes metodologias e ferramentas, mapearam a suscetibilidade à erosão na área de abrangência da CH SF2.

Um destes estudos utilizou a Equação Universal de Perda de Solos (USLE) e foi conduzido por Passos *et. al.* (2014) na área do Alto São Francisco e considera a totalidade da CH SF2. Além deste estudo, recentemente foi realizada pela EMBRAPA (2020) uma primeira aproximação da suscetibilidade à erosão hídrica em escala nacional, utilizando um modelo conceitual baseado no conhecimento técnico do especialista, tendo como dados de entrada mapas de erodibilidade dos solos, erosividade das chuvas e topografia.

De acordo com Passos *et. al.* (2014), quando observada a suscetibilidade à perda de solo, constatou-se que de um modo geral os solos do Alto São Francisco apresentam baixa suscetibilidade. Porém as maiores erodibilidades estão associadas aos solos com baixa coesão entre as partículas, como é o caso dos Cambissolos Háplicos, muito presentes na porção central da SF2, e os Neossolos, associados às áreas com declividades elevadas.

Assim, de acordo com Passos *et. al.* (2014) as áreas com maior potencial à erosão se concentraram nas sub-bacias do médio Pará e na porção mais a montante do baixo Pará, onde estão as áreas de fundo de vale e as vertentes mais inclinadas dos Patamares de Divinópolis. Nestas áreas, as altitudes variam entre 600 metros e 750 metros, com topos convexos e densidade de drenagem alta, onde predominam as atividades agrícolas de pastagem.

Por outro lado, como se pode observar na Figura 2.25, que apresenta o estudo realizado pela Embrapa (2020), as maiores vulnerabilidades estão localizadas a sudeste da bacia, nas proximidades de Itaguará, Carmópolis de Lima Piracema e Passa Tempo, bem como ao norte, próximo aos municípios de Pitangui. Nestes locais estão situadas algumas das áreas de maior declividade da SF02, destacando o forte controle que a inclinação das vertentes possui na intensificação dos processos erosivos.

Por fim, como resultado da baixa declividade e existência de solos mais coesos, como os Latossolos vermelhos, tanto Passos *et.al.* (2014) como a EMBRAPA (2020) estimaram que as áreas menos suscetíveis estão concentradas nas sub-bacias dos rios Picão e do Peixe, além do baixo Pará, onde também estão as áreas com menor declividade.

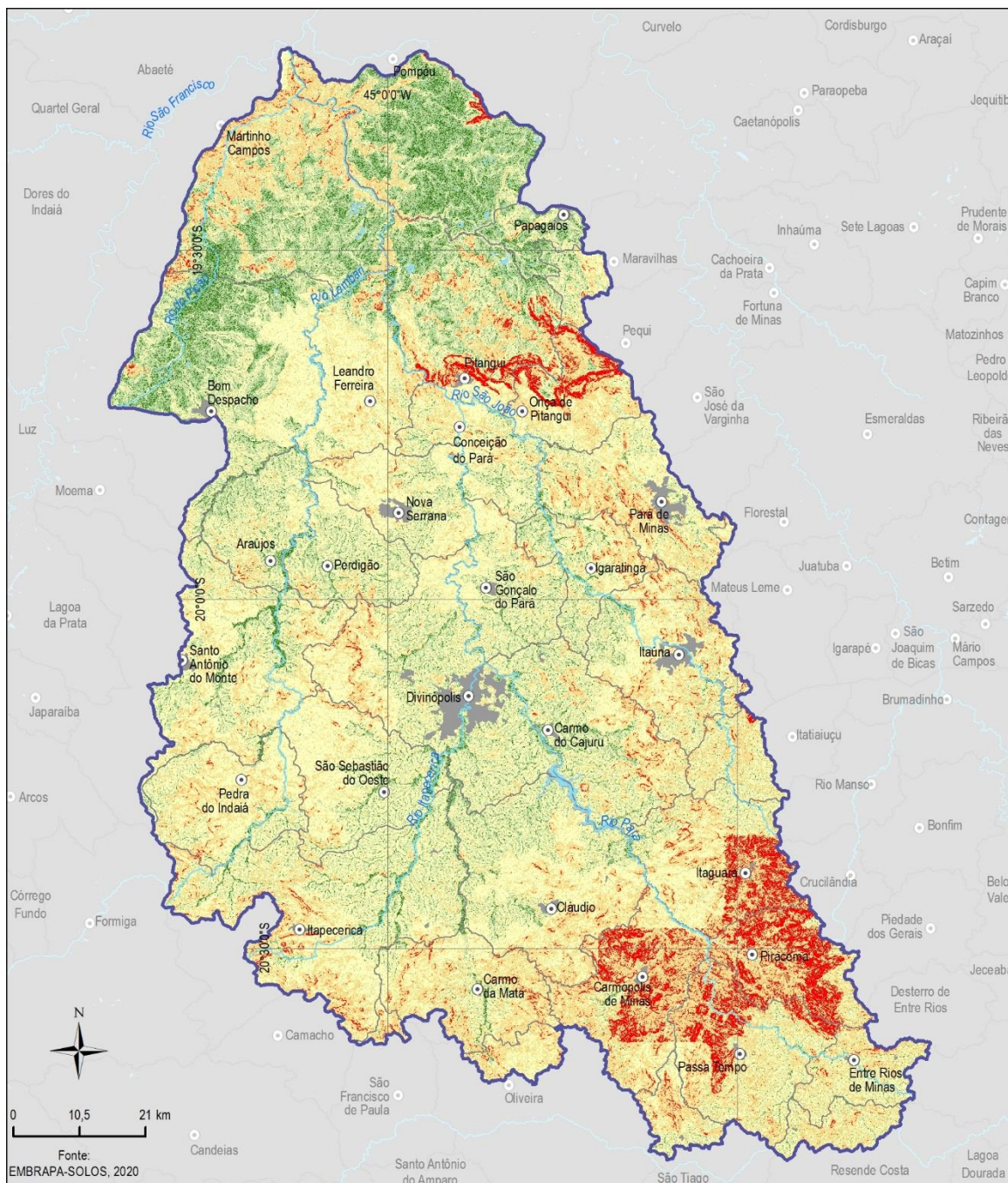
Creech *et al.* (2015) realizaram uma modelagem hidrossedimentológica com base na ferramenta SWAT (Soil and Water Assessment Tool – Ferramenta de Avaliação do Solo e da Água – tradução livre) com o objetivo de entender melhor a extensão e a magnitude das cargas de sedimentos no canal de navegação do rio São Francisco em virtude de mudanças antrópicas nas sub-bacias. Naquele trabalho conseguiram determinar que as bacias do Alto São Francisco, especialmente a do rio Pará (uma das principais sub-bacias do São Francisco), são as principais fontes de sedimentos.

Em relação aos processos erosivos, por ocasião do PDRH (2008), foi constatado que a erosão laminar é o principal processo erosivo na SF2, caracterizada por se desenvolver como uma lâmina sobre a superfície, principalmente onde tem solo suscetível e exposto.

No caso da área de estudo, esses processos localizam-se nos solos pouco desenvolvidos (Neossolos litólicos e Cambissolos), principalmente naqueles oriundos das rochas do Complexo Divinópolis, que apresentam um alto teor de areias nas camadas mais superficiais.

De modo geral, esse processo erosivo é mais comum nas cristas e topos de morro convexos ou aguçados descobertos e nas encostas mais inclinadas do relevo, onde

as declividades elevadas podem contribuir sensivelmente para o aumento do volume de material erodido.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará

Suscetibilidade

- Muito Baixa
- Baixa
- Moderada
- Alta
- Muito Alta



Figura 2.25 – Suscetibilidade à erosão na CH SF2.

A depender das condições da precipitação e do terreno, podem ocorrer erosões do tipo laminar, com formação de ravinas e, nos casos mais extremos, as voçorocas, com exposição dos horizontes mais profundos do solo. Embora menos comuns na SF2 esses processos podem ser observados como resultado da concentração da água de escoamento em estradas vicinais, principalmente quando estão sobre solos profundos e pouco coesos.

Por fim, os movimentos de massa, caracterizados por deslocamentos de grandes quantidades de solo e saprólitos sob forte influência da gravidade são raros na SF2 – Rio Pará, mas podem ser encontradas cicatrizes desses movimentos nas encostas mais íngremes das Serras do Quadrilátero Ferrífero.

2.4 ASPECTOS BIÓTICOS E ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS

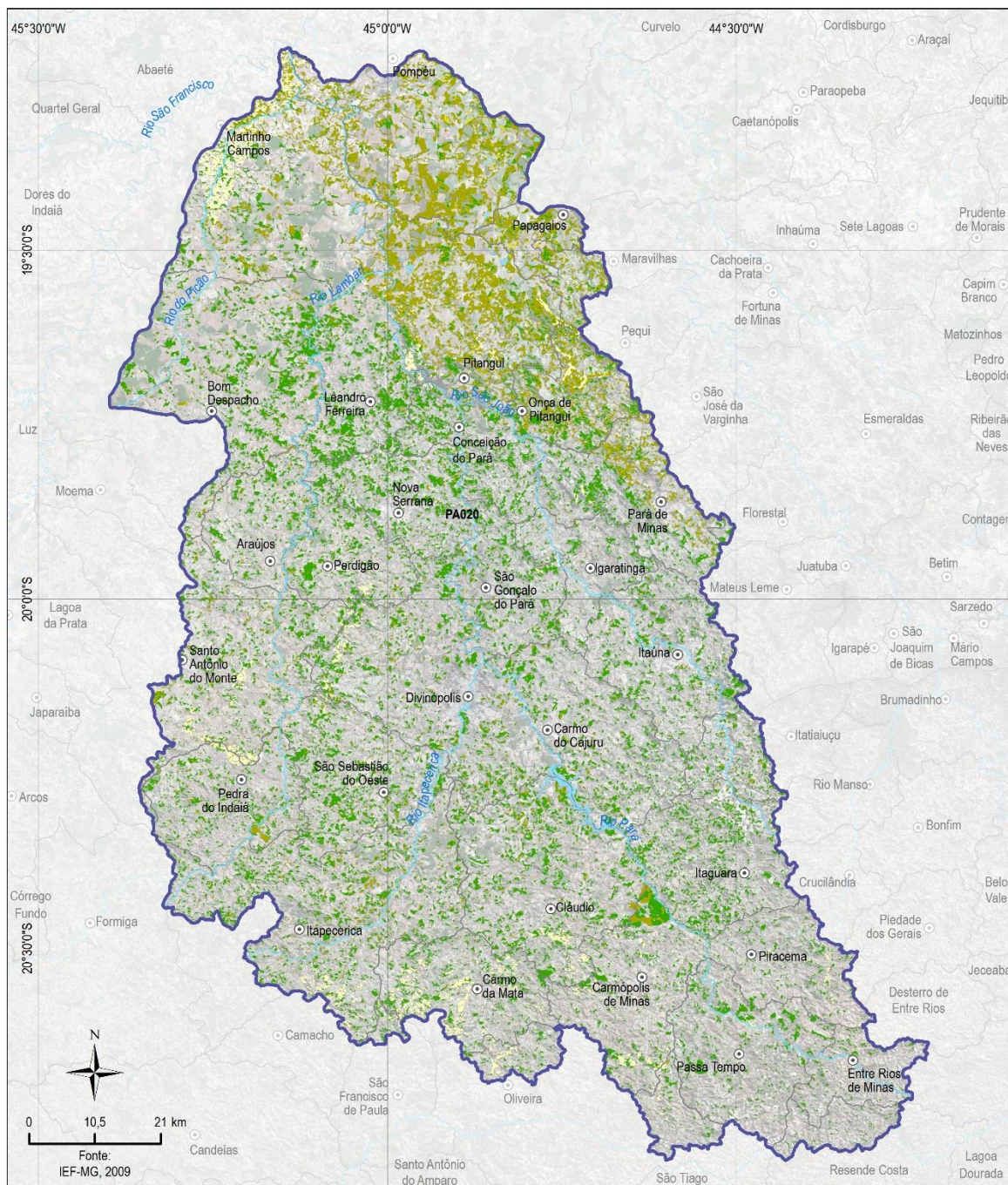
2.4.1 Cobertura Vegetal

As diferentes formas de relevo na CH SF2, somadas às especificidades de solo e clima, favoreceram paisagens recobertas por diferentes tipos de vegetação, adaptadas a cada um dos vários ambientes inseridos nos domínios de dois biomas: o Cerrado e a Mata Atlântica.

O Cerrado é composto por formações fitogeográficas bem diferenciadas, composto por espécies rasteiras, gramíneas, de porte arbustivo e arbóreo. As árvores e arbustos apresentam formas tortuosas de menores alturas, casca grossa, folhas largas, serosas e sistema radicular profundo. Divide-se em Cerrado, Campo, Campo Cerrado, Cerrado Stricto Sensu, Cerradão e Veredas (IEF, 2009).

Por sua vez, a Mata Atlântica é composta por vegetação densa e permanentemente verde, sendo que os índices pluviométricos nessas regiões são maiores. Com uma fisionomia vegetacional que vai desde a floresta ombrófila densa até as florestas estacionais semidecíduais, as árvores têm folhas grandes e lisas. E nessas matas encontram-se muitas bromélias, cipós, samambaias, orquídeas e líquens.

Devido à ação antrópica na região, boa parte destes biomas foram devastados, sendo que a vegetação nativa se encontra bastante fragmentada, como ilustra a Figura 2.26. Segundo o Inventário Florestal de Minas Gerais (IEF, 2009), restava à época cerca de 17% da cobertura original na CH SF2, como apresentado no Quadro 2.11. Deste total, mais de 57% dos remanescentes correspondiam a formações do bioma Mata Atlântica.



LEGENDA

- | | |
|---------------------|--|
| ○ Sede municipal | Cobertura florestal |
| □ Limite municipal | ■ Campo |
| ~ Curso d'água | ■ Campo cerrado |
| ■ Massa d'água | ■ Cerrado |
| ⬭ CH SF2 - Rio Pará | ■ Floresta estacional semidecidual montana |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.26 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF2.

Quadro 2.11 – Remanescentes da Cobertura Vegetal na CH SF2

Bioma	Classe Vegetação	Área (km ²)	Percentual (%)
Cerrado	Campo	139	1,10%
	Campo Cerrado	13	0,10%
	Cerrado	733	6,00%
Mata Atlântica	Floresta estacional semidecidual montana	1.196	9,70%
	Total	2.082	16,90%

Fonte: IEF, 2009

Elaboração: Engecorps, 2021

A formação Floresta estacional semidecidual montana é predominante na CH SF2, representando cerca de 57% de toda cobertura vegetal remanescente, concentrada principalmente nas porções centro-sul da bacia. Essa formação é caracterizada por comunidades onde 20 a 50% dos indivíduos presentes no estrato superior perdem as folhas na estação seca. Esse tipo florestal está relacionado a um clima de duas estações definidas, uma chuvosa e outra seca, ou então a uma acentuada variação térmica.

A formação Cerrado é a segunda mais presente na CH SF2, corresponde a cerca de 35% da cobertura vegetal remanescente, ocorre em áreas com solo mais pobre e apresenta uma vegetação bastante heterogênea com áreas de gramíneas, espécies lenhosas, árvores entre três a seis metros, com arbusto e subarbustos. Tem maior ocorrência na porção nordeste da CH SF2.

As classes Campo e Campo Cerrado não chegam a 10% da cobertura vegetal na CH SF2, correspondem a 7% e 1%, respectivamente.

A grande fragmentação da cobertura vegetal remanescente encontrada na CH SF2, e conseqüentemente, a falta de corredores ecológicos necessários para a fauna, gera impactos sobre muitas espécies tanto da fauna aquática quanto da terrestre.

Ressalta-se a importância da presença de vegetação nativa, sobretudo no entorno das nascentes e dos cursos d'água, que proporciona maior proteção aos recursos hídricos e maior integridade ecológica nas áreas de várzeas, atuando como corredor ecológico e fornecendo alimentação e abrigo para a fauna.

2.4.2 Áreas Legalmente Protegidas

O estabelecimento de áreas legalmente protegidas é uma das estratégias para a sua preservação e conservação. As unidades de conservação e as áreas protegidas possuem um papel importante na proteção da fauna, da flora e dos cursos d'água, tornando-as estratégicas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

De acordo com o SNUC7 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza), as Unidades de Conservação podem ser de Proteção Integral, cujo objetivo é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na lei; ou de Uso Sustentável, cujo objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Atualmente existe um total de seis (6) Unidades de Conservação (UCs) na CH SF2, com abrangência de 17,35 km², cobrindo apenas 0,1% de seu território, sendo uma (1) UC de Proteção Integral, e cinco (5) de Uso Sustentável, como mostra o Quadro 2.12.

Quadro 2.12 – Unidades de Conservação e Áreas Protegidas na CH SF2

Tipo	Área Protegida	Município	Bioma	Área (km ²)
UC Proteção Integral	Estação Ecológica Estadual da Mata do Cedro	Carmópolis de Minas	Mata Atlântica	15,64
UC Uso Sustentável	RPPN Mata do Tuffi	Itapecerica	Cerrado/Mata Atlântica	0,56
	RPPN Herculano	Itaúna	Mata Atlântica	0,50
	RPPN Canoa Vale dos Ipês	Cláudio	Cerrado/Mata Atlântica	0,34
	RPPN Pé da Laje	Cláudio	Mata Atlântica	0,01
	RPPN Serra do Facão	Pará de Minas	Cerrado/Mata Atlântica	0,27

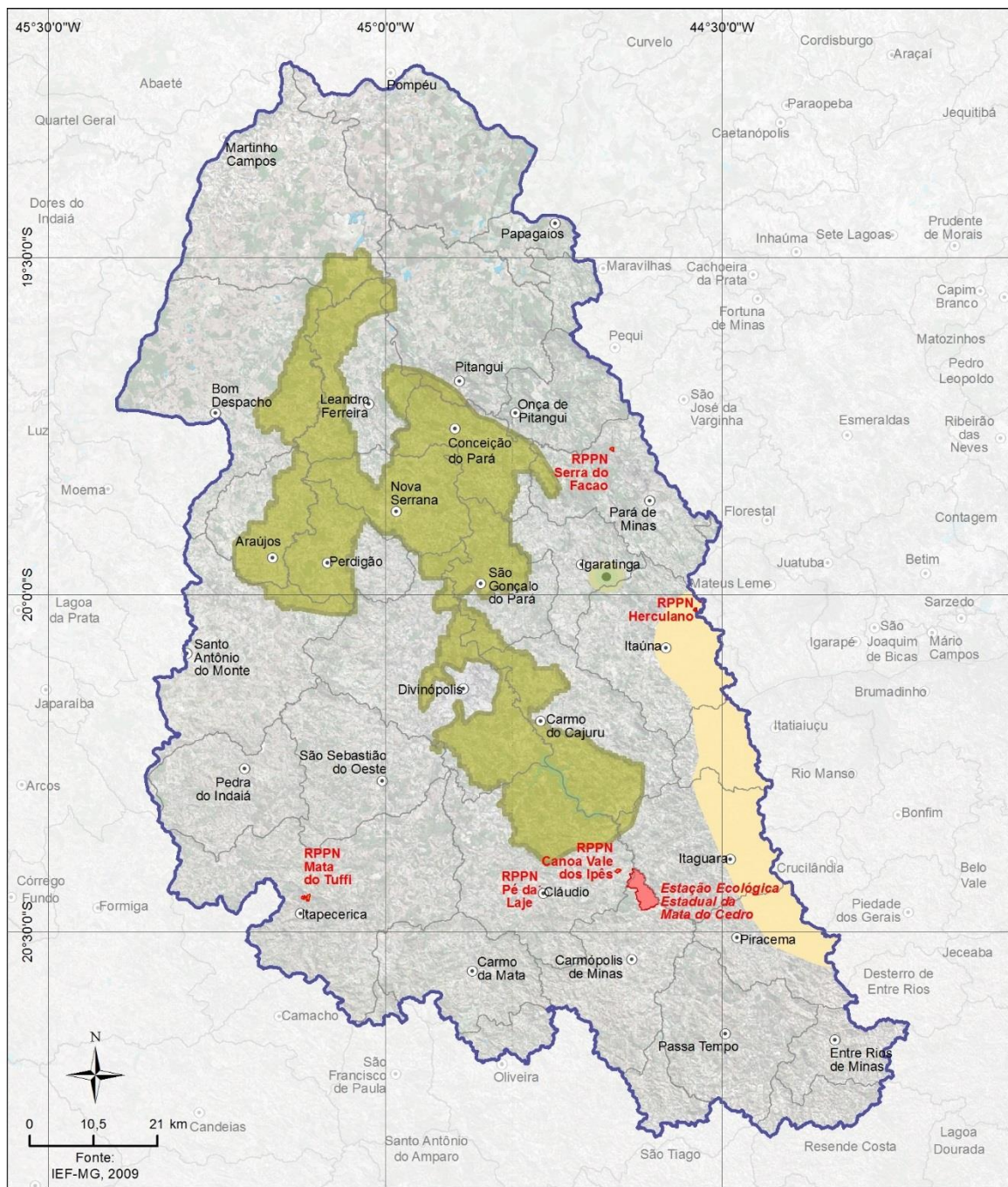
Elaboração: Engecorps, 2021

⁷ Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000

A Estação Ecológica Estadual da Mata do Cedro está situada em área de Mata Atlântica no município de Carmópolis de Minas – porção sul da CH SF2. Trata-se de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral de aproximadamente 15 km², criada pelo Decreto nº 41.514 de 28 de dezembro de 2000, tendo seus limites ampliados em 2005 através do decreto 44.177, de 20 de dezembro de 2005.

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) são unidades de conservação de uso sustentável de domínio privado criadas a partir da iniciativa do proprietário de terra. Na CH SF2 estão presentes a RPPN Mata do Tuffi em Itapecerica, RPPN Herculano em Itaúna, RPPN Canova Vale dos Ipês e RPPN Pé da Laje no município de Cláudio e RPPN Serra do Facão em Pará de Minas.

As Unidades de Conservação apresentadas enquadram-se como áreas protegidas nos termos da legislação vigente, sendo sua localização apresentada na Figura 2.27. Vale salientar que não foram identificadas Terras Indígenas e comunidades quilombolas na CH SF2.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ☁ Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará

- Áreas protegidas**
- UC Proteção Integral
 - UC Uso Sustentável
- APCB**
- Divinópolis

- Reservas da Biosfera**
- Mata Atlântica**
- Transição
 - Amortecimento
 - Núcleo
- Serra do Espinhaço**
- Transição

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.27 – Áreas protegidas na CH SF2.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) vem identificando desde o começo dos anos 2000 Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs), que tratam de um instrumento de política pública que visa à tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e implementação de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas (MMA, 2019).

Na CH SF2 está presente uma Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade - APCB, a APCB Divinópolis, com importância biológica muito alta e prioridade de ação extremamente alta, onde deve ser priorizada a recuperação da área.

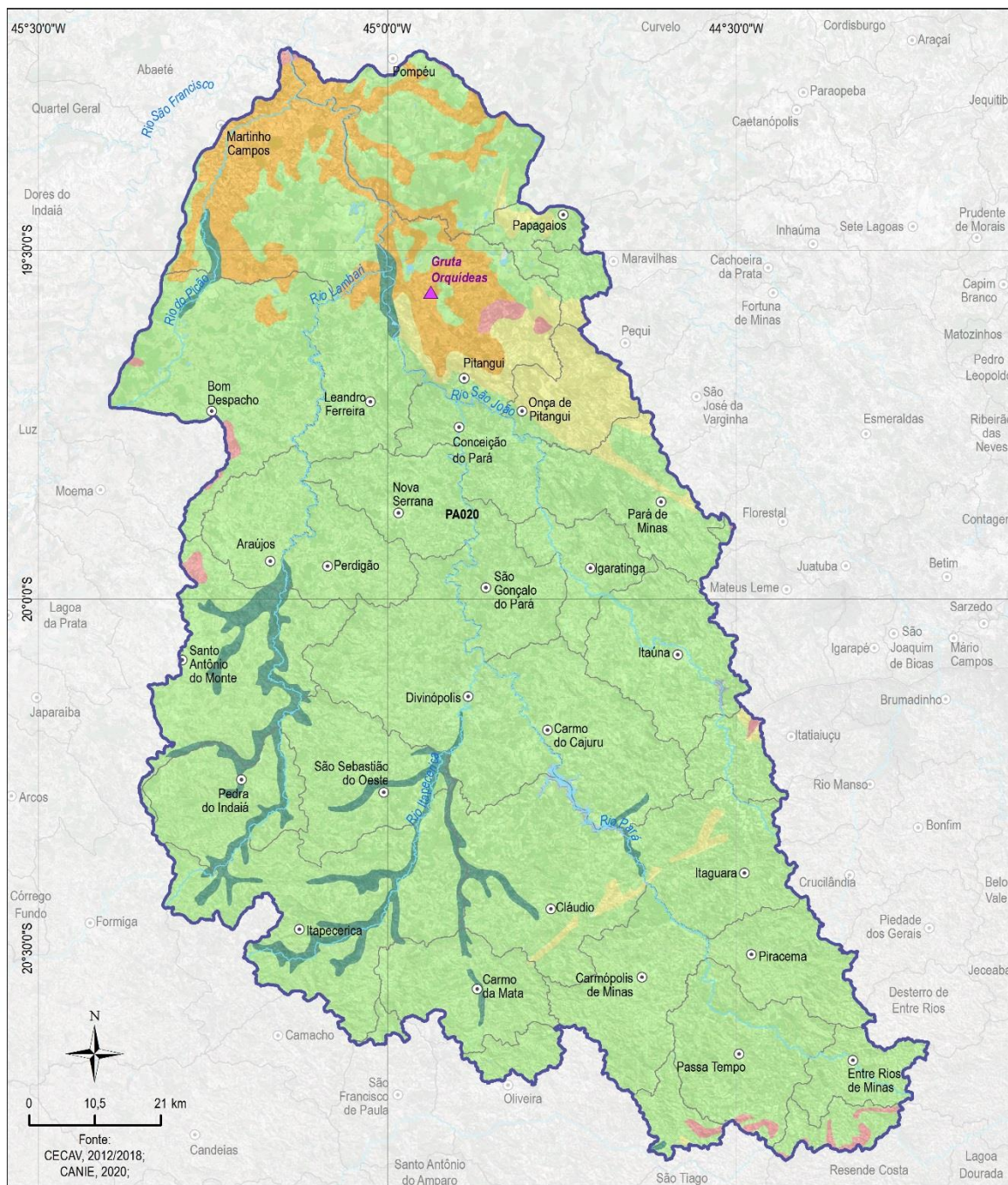
A CH SF2 ainda comporta áreas de duas Reservas da Biosfera reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Essas Reservas são classificadas pela importância mundial na conservação ambiental, visando o desenvolvimento de gestão integrada da terra, das águas e da biodiversidade. São elas: a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) e a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE).

Popularmente conhecida como cavernas, as cavidades naturais subterrâneas constituem o grande e valioso patrimônio espeleológico nacional e podem ser encontradas em rochas carbonáticas (calcário, dolomito), quartzitos, arenitos, minério de ferro e canga, entre outras litologias.

Na CH SF2 predominam áreas de baixo potencial para ocorrências de cavidades naturais, segundo o Mapa de Potencialidade de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000 produzido em 2012 pelo Centro de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), à exceção da porção norte e alguns outros trechos isolados espalhados pela bacia.

De acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), em 2020, era conhecida uma cavidade natural subterrânea na área de abrangência da CH SF2, especificamente no município de Pitangui, conforme apresentado na Figura 2.28.

As áreas onde se encontram as cavidades naturais subterrâneas estão, na maioria das vezes, sujeitas a graves problemas ambientais ou conflitos socioeconômicos provocados por obras de infraestrutura (estradas, pontes, viadutos, ferrovias, portos, transposição de rios) e de geração de energia (barragens, hidrelétricas, linhas de transmissão) ou atividades voltadas ao uso e ocupação do solo e subsolo, tais como mineração, agricultura, pecuária, desmatamentos, expansão urbana, turismo, agrotóxicos e captação de água subterrânea e superficial. (ICMBIO, 2018).



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- ▲ Cavernas
- Potencialidade de Cavernas**
- Ocorrência Improvável
- Baixo
- Médio
- Alto
- Muito

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.28 – Patrimônio Espeleológico na área de abrangência da CH SF2.

2.5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Para caracterização socioeconômica dos municípios da bacia, inicialmente é apresentado o IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, que é um indicador criado pelo PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e que agrega três dimensões relacionadas ao desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. Seus valores variam entre 0 e 1 e quanto mais próximo da unidade, melhor. Esse índice é relevante pois apresenta seus resultados avaliados e discriminados por município e especificamente para cada uma das três dimensões, permitindo a definição de ações voltadas à área que estiver com menores valores. O Quadro 2.13 mostra o IDHM para os municípios inseridos na CH SF2, de acordo com os dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

Quadro 2.13 – IDHM dos Municípios inseridos na CH SF2

Município	IDHM 2010
Araújos	0,698
Bom Despacho	0,750
Carmo da Mata	0,689
Carmo do Cajuru	0,710
Carmópolis de Minas	0,700
Cláudio	0,709
Conceição do Pará	0,700
Desterro de Entre Rios	0,639
Divinópolis	0,764
Florestal	0,724
Igaratinga	0,651
Itaguara	0,691
Itapecerica	0,713
Itatiaiuçu	0,677
Itaúna	0,758
Leandro Ferreira	0,710
Maravilhas	0,672
Martinho Campos	0,669
Nova Serrana	0,715
Oliveira	0,699
Onça de Pitangui	0,663
Papagaios	0,666
Pará de Minas	0,725
Passa Tempo	0,687
Pedra do Indaiá	0,708

Município	IDHM 2010
Perdigão	0,703
Piracema	0,646
Pitangui	0,725
Pompéu	0,689
Resende Costa	0,685
Santo Antônio do Monte	0,724
São Francisco de Paula	0,660
São Gonçalo do Pará	0,689
São Sebastião do Oeste	0,626

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. PNUD Brasil, Ipea e FJP, 2020.

De acordo com o IBGE, o estado de Minas Gerais é o nono estado brasileiro na lista do IDH, com valor de 0,731. Valores entre 0,700 e 0,799 são considerados altos, sendo que o estado fica ligeiramente acima do índice do Brasil que foi de 0,727. Na CH SF2, Bom Despacho, Divinópolis e Itaúna foram os únicos municípios que superaram tanto o índice nacional como o valor atribuído a Minas Gerais, os demais alcançaram índices de qualidade de vida inferiores ao do país.

De forma complementar, foi realizada análise dos índices de hierarquia municipal na bacia, sendo seus resultados apresentados de forma tabular no Quadro 2.14. Seus resultados mostram que os municípios da bacia estão localizados, principalmente, nas mesorregiões mineiras Central Mineira, Oeste de Minas e Metropolitana de Belo Horizonte, sendo que Resende Costa está localizado no Campo das Vertentes. Os principais municípios polo da região são Divinópolis, Oliveira e Pará de Minas. No caso de Resende Costa, tem como polo mais próximo o município de São João Del Rei.

Quadro 2.14 – Hierarquia Municipal na CH SF2.

Município	Hierarquia urbana (2018)	Região Geográfica Intermediária (2020)	Região Geográfica Imediata (2020)	Mesorregião (2020)	Microrregião (2020)
Araújos	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Central Mineira	Bom Despacho
Bom Despacho	Centro Sub-Regional B	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Bom Despacho
Carmo da Mata	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Oliveira
Carmo do Cajuru	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Carmópolis de Minas	Centro Local	Divinópolis	Oliveira	Oeste de Minas	Oliveira
Cláudio	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis

Município	Hierarquia urbana (2018)	Região Geográfica Intermediária (2020)	Região Geográfica Imediata (2020)	Mesorregião (2020)	Microrregião (2020)
Conceição do Pará	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Desterro de Entre Rios	Centro Local	Barbacena	Conselheiro Lafaiete	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete
Divinópolis	Capital Regional C	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Florestal	Centro Local	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Metropolitana de Belo Horizonte	Pará de Minas
Igaratinga	Centro Local	Divinópolis	Pará de Minas	Oeste de Minas	Divinópolis
Itaguara	Centro Local	Divinópolis	Oliveira	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara
Itapecerica	Centro de Zona B	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Formiga
Itatiaiuçu	Subregional B	Divinópolis	Divinópolis	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara
Itaúna	Centro Sub-Regional B	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Leandro Ferreira	Centro Subregional B	Divinópolis	Divinópolis	Central Mineira	Bom Despacho
Maravilhas	Centro Local	Divinópolis	Pará de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Sete Lagoas
Martinho Campos	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Bom Despacho
Nova Serrana	Centro Sub-Regional B	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Oliveira	Centro Sub-Regional B	Divinópolis	Oliveira	Oeste de Minas	Oliveira
Onça de Pitangui	Centro Local	Divinópolis	Pará de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Pará de Minas
Papagaios	Centro Local	Divinópolis	Pará de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Sete Lagoas
Pará de Minas	Centro Sub-Regional B	Divinópolis	Pará de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Pará de Minas
Passa Tempo	Centro Local	Divinópolis	Oliveira	Oeste de Minas	Oliveira
Pedra do Indaiá	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Formiga
Perdigão	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
Piracema	Centro Local	Divinópolis	Oliveira	Oeste de Minas	Oliveira
Pitangui	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Metropolitana de Belo Horizonte	Pará de Minas
Pompéu	Centro Local	Divinópolis	Dores do Indaiá	Central Mineira	Três Marias
Resende Costa	Centro Local	Barbacena	São João del Rei	Campo das Vertentes	São João Del Rei
Santo Antônio do Monte	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
São Francisco de Paula	Centro Local	Divinópolis	Oliveira	Oeste de Minas	Oliveira

Município	Hierarquia urbana (2018)	Região Geográfica Intermediária (2020)	Região Geográfica Imediata (2020)	Mesorregião (2020)	Microrregião (2020)
São Gonçalo do Pará	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis
São Sebastião do Oeste	Centro Local	Divinópolis	Divinópolis	Oeste de Minas	Divinópolis

FONTE: IBGE, Regiões de influência das cidades: 2018 / Rio de Janeiro : IBGE, 2020.

Tratando especificamente do Saneamento Básico, as informações foram avaliadas e sintetizadas no Quadro 2.15, apresentando dados básicos sobre a existência de políticas de saneamento, PMSBs – Planos Municipais de Saneamento Básico, conselhos e consórcios para atendimento aos serviços municipais.

De uma forma geral, verifica-se que a maior parte dos municípios já possui seus PMSBs existentes ou em elaboração, tendo poucos ainda com documentos a serem elaborados: Itapecerica, Itatiaiuçu, Martinho Campos, Onça de Pitangui, Passa Tempo, Perdigão, São Francisco de Paula e São Gonçalo do Pará.

Quanto à Política de Saneamento Básico, foi observado que a maior parte dos municípios também possui, sendo poucos ainda com necessidade de seu disciplinamento.

Quadro 2.15 – Política, Planos, Conselhos de Saneamento Básico e Consórcios nos municípios da CH SF2.

Município	Política Saneamento Básico	PMSB	PMSB Água	PMSB Esgoto	PMSB Resíduos	PMSB Drenagem	Conselho municipal de Saneamento	Consórcio Água	Consórcio Esgoto	Consórcio drenagem	Consórcio Resíduos
Araújos	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Bom Despacho	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Carmo da Mata	Em elaboração	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Carmo do Cajuru	Sim	Em elaboração	-	-	-	-	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Carmópolis de Minas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Cláudio	Em elaboração	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Conceição do Pará	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Desterro de Entre Rios	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Divinópolis	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Florestal	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Igaratinga	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Itaguara	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Itapecerica	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Itatiaiuçu	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Itaúna	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Leandro Ferreira	Não	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Maravilhas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Martinho Campos	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim

Município	Política Saneamento Básico	PMSB	PMSB Água	PMSB Esgoto	PMSB Resíduos	PMSB Drenagem	Conselho municipal de Saneamento	Consórcio Água	Consórcio Esgoto	Consórcio drenagem	Consórcio Resíduos
Nova Serrana	Em elaboração	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Oliveira	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Onça de Pitangui	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Papagaios	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Pará de Minas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Passa Tempo	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Pedra do Indaiá	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Perdigão	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Sim
Piracema	Em elaboração	Em elaboração	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
Pitangui	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Pompéu	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Resende Costa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Santo Antônio do Monte	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
São Francisco de Paula	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Sim	Não	Não
São Gonçalo do Pará	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não
São Sebastião do Oeste	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2011.

2.5.1 Demografia dos Municípios da Bacia

Para fins de diagnóstico populacional na bacia, foram utilizadas as informações e projeções relativas à população dos municípios que integram a bacia. Posteriormente, no próximo subitem serão apresentadas informações referentes à população inserida dentro da bacia. Essas análises são relevantes para indicar as principais características da bacia referentes à condição atual da população e futura, que refletem de forma direta nos índices de uso da água atual e prognóstico que será tratado em produto mais à frente neste estudo.

Para cálculo das projeções demográficas aplicou-se a metodologia constante da Nota Técnica 01 – Estudos de Demandas/Perdas da Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água e foram obtidas as projeções populacionais ano a ano até 2050. Dessa forma, foi possível calcular as taxas de crescimento populacional dos municípios da área de estudo, a partir da população de 2010.

Para o cálculo da população na bacia foram considerados os dados dos setores censitários de 2010 com centroide na área, obtendo a estimativa de população na bacia para 2010. Para a projeção populacional para os anos 2020 a 2050 multiplicou-se a população desses setores pela taxa de crescimento obtida anteriormente.

De acordo com projeções baseadas no último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), os municípios abrangidos pela CH SF2, totalizavam, em 2020, 997.296 mil habitantes, correspondendo a cerca de 4,68 % da população do estado de Minas Gerais (21.292.666 habitantes). Para o “ATLAS-ÁGUA”, atualmente em elaboração pela ANA, a população total dos municípios da SF2 em 2020 era de 1.001.383 habitantes.

Os municípios inseridos na área de estudo são majoritariamente de pequeno porte (menos de 50.000 habitantes) e, em geral, a população é inferior a 20 mil habitantes (Quadro 2-16). Somente Bom Despacho, Divinópolis, Itaúna, Nova Serrana e Pará de Minas tem população superior a 50.000 habitantes e apenas Divinópolis tem porte grande, contando, atualmente, com população próxima de 250.000 habitantes, conforme indicado Quadro 2.16.

Quadro 2.16 – Evolução da população total dos municípios que integram a CH SF2 e projeções até 2050.

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Araújos	9.417	9.862	10.088	10.229	10.167	10.136	10.121
Bom Despacho	51.239	52.493	52.885	53.278	52.668	52.515	52.414
Carmo da Mata	11.439	11.630	11.821	11.881	11.848	11.727	11.466
Carmo do Cajuru	22.763	23.414	23.652	23.846	23.596	23.492	23.471
Carmópolis de Minas	19.605	20.239	20.494	20.680	20.475	20.400	20.367
Cláudio	28.976	29.696	29.924	30.149	29.807	29.660	29.660
Conceição do Pará	5.595	5.672	5.691	5.724	5.706	5.650	5.524
Desterro de Entre Rios	7.337	7.599	7.868	8.082	8.201	8.321	8.445
Divinópolis	241.215	247.760	250.028	252.002	249.257	248.314	247.981
Florestal	7.557	7.765	7.835	7.897	7.821	7.796	7.771
Igaratinga	11.024	11.527	11.779	11.936	11.858	11.820	11.802
Itaguara	13.553	13.785	13.828	13.921	13.909	13.765	13.449
Itapecerica	21.996	22.578	23.170	23.587	23.720	23.853	23.989
Itatiaiuçu	11.288	11.608	11.724	11.819	11.695	11.654	11.633
Itaúna	94.473	96.328	96.757	97.423	96.137	95.816	95.816
Leandro Ferreira	3.260	3.329	3.395	3.436	3.436	3.435	3.435
Maravilhas	8.075	8.283	8.353	8.417	8.349	8.315	8.281
Martinho Campos	13.647	13.828	13.828	13.920	13.889	13.749	13.439
Nova Serrana	106.392	120.429	130.835	138.170	141.320	143.372	144.683
Oliveira	41.170	41.010	43.005	43.223	43.100	42.667	41.715
Onça de Pitangui	3.187	3.294	3.402	3.487	3.530	3.574	3.619
Papagaios	15.872	16.245	16.355	16.474	16.273	16.206	16.206
Pará de Minas	95.145	97.657	98.504	99.268	98.163	97.806	97.676
Passa Tempo	8.140	8.209	8.277	8.279	8.180	8.082	7.984
Pedra do Indaiá	4.018	4.140	4.264	4.358	4.399	4.440	4.482
Perdigão	11.807	12.904	13.641	14.128	14.254	14.332	14.378
Piracema	6.466	6.567	6.679	6.733	6.706	6.677	6.651
Pitangui	28.344	29.012	29.210	29.423	29.080	28.943	28.943
Pompéu	32.235	32.891	33.047	33.276	33.290	33.297	32.633
Resende Costa	11.432	11.405	11.861	11.921	11.888	11.769	11.505
Santo Antônio do Monte	28.633	29.175	29.289	29.489	29.492	29.492	28.659
São Francisco de Paula	6.588	6.721	6.855	6.935	6.931	6.927	6.923
São Gonçalo do Pará	12.621	13.299	13.667	13.894	13.836	13.804	13.789
São Sebastião do Oeste	6.877	7.178	7.325	7.418	7.367	7.341	7.331
TOTAL	1.001.383	1.037.533	1.059.335	1.074.704	1.070.347	1.069.145	1.066.240

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

Na Figura 2.29 é possível observar como se dará a projeção da variação da população dos municípios mais populosos da bacia (acima de 50.000 habitantes) de 2020 a 2050 e nota-se a tendência de permanência de população com o passar do tempo com exceção ao município de Nova Serra, que apresenta tendência de crescimento.

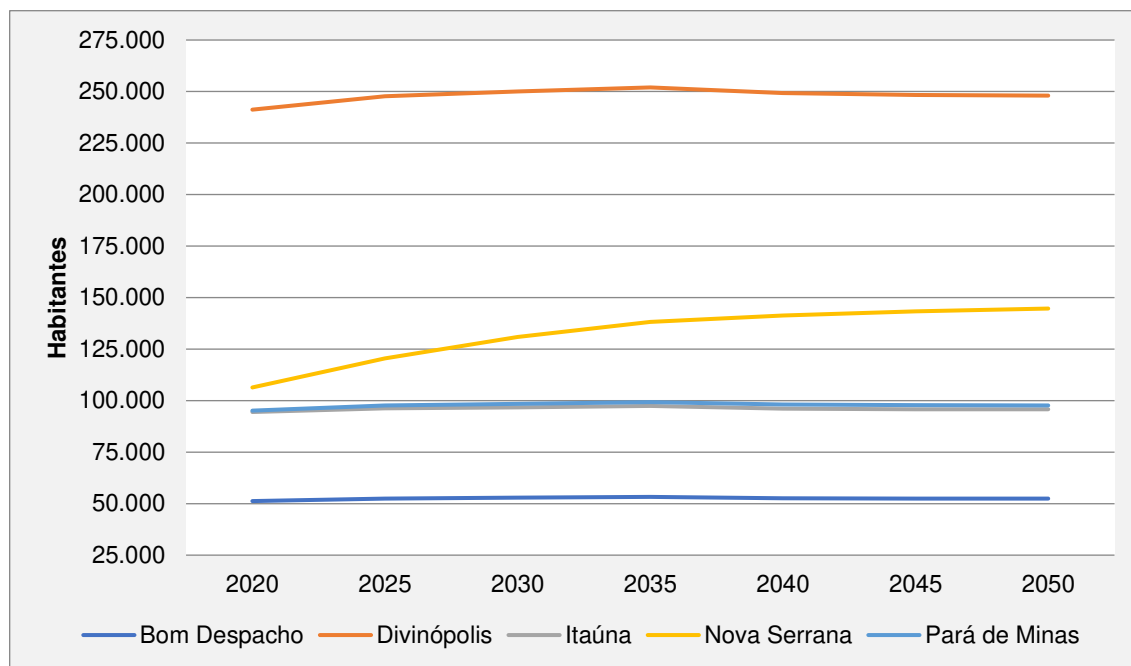


Figura 2.29 – Evolução da população total dos municípios mais populosos que integram a CH SF2 (2020-2050)

Fonte: ANA (Em elaboração)
Elaboração: Engecorps, 2021

O Quadro 2.16 mostra uma característica relevante de alguns municípios da bacia, que têm previsão de chegar em 2050 com população inferior à de 2020, como é o caso de Conceição do Pará, Itaguara, Martinho Campos e Passa Tempo.

Avaliando-se especificamente a população urbana, foi construído o Quadro 2.17, mostrando as informações de estimativas para os anos de 2020 a 2050 em cada um dos municípios da bacia. De uma forma geral, mostra-se um crescimento constante e uma evolução dos índices de urbanização, passando de um valor médio de 91,3% de população urbana em 2020 para 94,5% em 2050, com crescimento constante ao longo dos anos.

Quadro 2.17 – Evolução da população urbana nos municípios que integram a CH SF2.

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Araújos	8.513	9.054	9.365	9.571	9.566	9.575	9.588
Bom Despacho	49.019	50.661	51.468	52.227	51.954	52.085	52.229
Carmo da Mata	9.616	10.032	10.406	10.618	10.708	10.687	10.513
Carmo do Cajuru	20.564	21.468	21.926	22.280	22.169	22.159	22.201
Carmópolis de Minas	14.924	15.959	16.585	17.037	17.074	17.153	17.221
Cláudio	25.272	26.428	27.006	27.460	27.313	27.286	27.356
Conceição do Pará	2.442	2.625	2.783	2.938	3.056	3.142	3.173
Desterro de Entre Rios	4.415	4.843	5.212	5.482	5.643	5.776	5.892
Divinópolis	236.897	244.259	247.326	249.976	247.825	247.360	247.420
Florestal	6.420	6.600	6.660	6.712	6.648	6.626	6.605
Igaratinga	9.861	10.485	10.805	10.997	10.949	10.925	10.915
Itaguara	11.174	11.537	11.664	11.788	11.800	11.688	11.426
Itapeçerica	17.168	17.722	18.289	18.724	18.935	19.149	19.366
Itatiaiuçu	7.549	8.012	8.328	8.612	8.713	8.854	8.990
Itaúna	89.988	92.386	93.453	94.732	94.086	94.352	94.911
Leandro Ferreira	2.459	2.620	2.752	2.838	2.873	2.894	2.908
Maravilhas	5.753	6.026	6.200	6.368	6.432	6.516	6.595
Martinho Campos	12.464	12.721	12.761	12.863	12.841	12.714	12.429
Nova Serrana	100.922	114.434	124.551	131.792	135.053	137.273	138.792
Oliveira	37.606	37.807	39.938	40.371	40.436	40.168	39.377
Onça de Pitangui	1.889	1.970	2.040	2.091	2.117	2.144	2.171
Papagaios	13.708	14.207	14.468	14.728	14.689	14.759	14.880
Pará de Minas	91.944	95.369	97.002	98.331	97.641	97.569	97.639
Passa Tempo	6.821	7.079	7.295	7.412	7.408	7.380	7.333
Pedra do Indaíá	2.401	2.598	2.777	2.913	2.994	3.060	3.116
Perdigão	10.848	11.908	12.608	13.066	13.185	13.257	13.301
Piracema	3.528	3.827	4.113	4.323	4.441	4.525	4.583
Pitangui	26.342	27.220	27.558	27.845	27.568	27.464	27.478
Pompéu	29.319	30.235	30.633	31.046	31.216	31.344	30.811
Resende Costa	9.896	10.114	10.688	10.855	10.898	10.835	10.622
Santo Antônio do Monte	25.583	26.509	26.958	27.402	27.597	27.739	27.057
São Francisco de Paula	5.237	5.501	5.708	5.830	5.858	5.872	5.878
São Gonçalo do Pará	9.655	10.174	10.455	10.629	10.584	10.560	10.548
São Sebastião do Oeste	4.119	4.305	4.395	4.452	4.421	4.405	4.399
TOTAL	914.315	956.692	984.175	1.004.307	1.004.690	1.007.295	1.007.724

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

Na sequência, foi avaliada a taxa de urbanização dos municípios, sendo seus resultados expostos no Quadro 2.18. De uma forma geral, observa-se que a maior parte dos municípios apresenta altas taxas de urbanização, com valores superiores a 80% de população urbana na maior parte dos casos. Destacam-se em termos de urbanização os municípios de Araújos, Bom Despacho, Carmo do Cajuru, Divinópolis, Itaúna, Martinho Campos, Nova Serrana, Oliveira, Pará de Minas, Perdígão, Pitangui e Pompéu, com índices de urbanização superiores a 90%. Por outro lado, alguns municípios ainda apresentam altos índices de população rural, destacando Conceição do Pará, Desterro de Entre Rios, Itatiaiuçu, Onça de Pitangui, Pedra do Indaiá, Piracema e São Sebastião do Oeste, com mais de 30% de população localizada em áreas rurais.

Quadro 2.18 – Evolução da taxa de urbanização dos municípios da bacia.

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Araújos	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
Bom Despacho	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
Carmo da Mata	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
Carmo do Cajuru	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95
Carmópolis de Minas	0,76	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
Cláudio	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92
Conceição do Pará	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,57
Desterro de Entre Rios	0,60	0,64	0,66	0,68	0,69	0,69	0,70
Divinópolis	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
Florestal	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Igaratinga	0,89	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Itaguara	0,82	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
Itapecerica	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81
Itatiaiuçu	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,76	0,77
Itaúna	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
Leandro Ferreira	0,75	0,79	0,81	0,83	0,84	0,84	0,85
Maravilhas	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77	0,78	0,80
Martinho Campos	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Nova Serrana	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96
Oliveira	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94
Onça de Pitangui	0,59	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Papagaios	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
Pará de Minas	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
Passa Tempo	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91	0,91	0,92
Pedra do Indaiá	0,60	0,63	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Perdigão	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93
Piracema	0,55	0,58	0,62	0,64	0,66	0,68	0,69
Pitangui	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95
Pompéu	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94
Resende Costa	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92
Santo Antônio do Monte	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94
São Francisco de Paula	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85
São Gonçalo do Pará	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
São Sebastião do Oeste	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

Considerando especificamente os totais populacionais em área rural, seus resultados são expostos no Quadro 2.19 para os municípios da bacia, considerando o período de 2020 a 2050. Nesse caso, observa-se de forma bastante sensível a redução esperada dos totais populacionais em área rural dos municípios, sendo menos pronunciado em municípios com maiores índices de população rural, já destacados na análise do Quadro 2.18. Os dados totais de população rural nos municípios da bacia mostram uma previsão de redução da ordem de 33% da população rural no período entre 2020 e 2050.

Quadro 2.19 – Evolução da população rural nos municípios da bacia.

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Araújos	905	808	723	658	601	561	534
Bom Despacho	2.220	1.832	1.418	1.051	714	430	185
Carmo da Mata	1.823	1.598	1.415	1.262	1.140	1.040	953
Carmo do Cajuru	2.199	1.946	1.726	1.566	1.427	1.333	1.270
Carmópolis de Minas	4.682	4.280	3.909	3.643	3.401	3.247	3.146
Cláudio	3.704	3.269	2.919	2.689	2.494	2.374	2.304
Conceição do Pará	3.153	3.046	2.908	2.786	2.650	2.508	2.351
Desterro de Entre Rios	2.922	2.756	2.656	2.600	2.558	2.546	2.553
Divinópolis	4.318	3.502	2.702	2.026	1.432	954	561
Florestal	1.137	1.165	1.175	1.185	1.173	1.169	1.166
Igaratinga	1.163	1.042	973	939	909	894	887
Itaguara	2.379	2.248	2.164	2.133	2.109	2.076	2.023
Itapecerica	4.828	4.857	4.881	4.864	4.785	4.704	4.623
Itatiaiuçu	3.739	3.596	3.396	3.208	2.982	2.800	2.643
Itaúna	4.485	3.941	3.304	2.691	2.051	1.464	905
Leandro Ferreira	801	710	643	598	563	541	527
Maravilhas	2.322	2.258	2.153	2.049	1.917	1.799	1.686

Município	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Martinho Campos	1.183	1.107	1.067	1.057	1.048	1.034	1.010
Nova Serrana	5.470	5.995	6.284	6.378	6.268	6.098	5.891
Oliveira	3.564	3.204	3.067	2.852	2.664	2.499	2.338
Onça de Pitangui	1.298	1.323	1.362	1.395	1.412	1.430	1.448
Papagaios	2.164	2.039	1.887	1.747	1.584	1.446	1.325
Pará de Minas	3.201	2.288	1.502	937	523	237	37
Passa Tempo	1.318	1.130	982	866	772	702	651
Pedra do Indaiá	1.617	1.542	1.487	1.445	1.405	1.380	1.366
Perdigão	959	996	1.033	1.063	1.069	1.074	1.077
Piracema	2.938	2.740	2.566	2.410	2.265	2.152	2.068
Pitangui	2.003	1.792	1.651	1.578	1.512	1.479	1.465
Pompéu	2.916	2.656	2.414	2.230	2.074	1.953	1.822
Resende Costa	1.536	1.292	1.172	1.066	990	933	883
Santo Antônio do Monte	3.050	2.666	2.331	2.088	1.895	1.753	1.602
São Francisco de Paula	1.350	1.220	1.147	1.105	1.073	1.055	1.045
São Gonçalo do Pará	2.966	3.125	3.212	3.266	3.252	3.244	3.241
São Sebastião do Oeste	2.758	2.872	2.930	2.967	2.946	2.936	2.931
TOTAL	87.068	80.841	75.160	70.397	65.657	61.850	58.517

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

A densidade demográfica trata da relação entre o total populacional de um município e sua área de abrangência, sendo dada em habitantes por km² e foi calculada para todos os municípios da bacia, sendo seus resultados apresentados no Quadro 2.20 para os anos de 2020, 2035 e 2050. Os resultados apresentados mostram como destaque os municípios de Divinópolis, Nova Serrana, Itaúna e Pará de Minas, que também são os quatro que apresentam maiores populações. A densidade demográfica é mostrada também de forma espacial na Figura 2.30, mostrando que os maiores índices são concentrados na região central da bacia, nos municípios já citados.

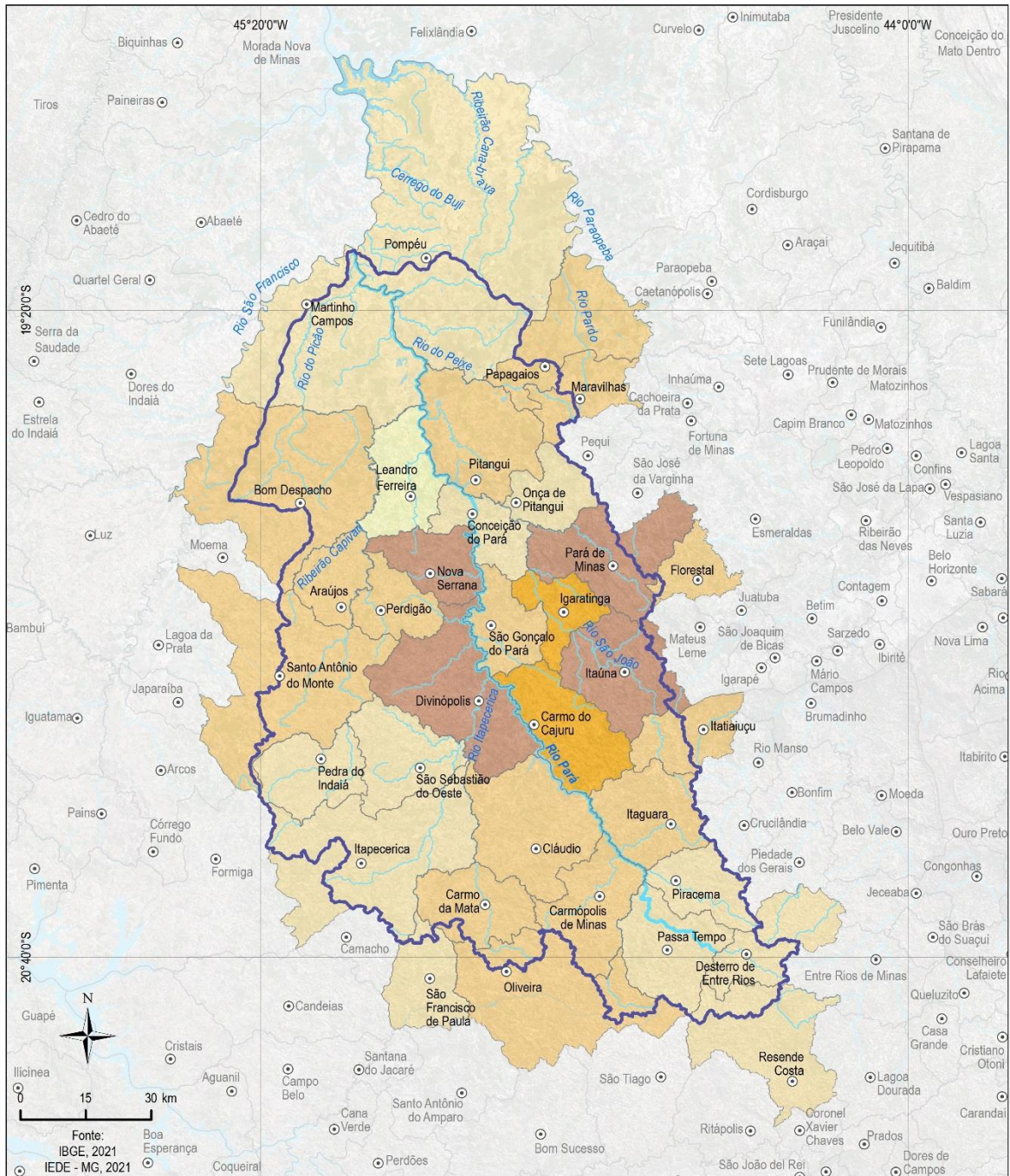
Quadro 2.20 – Projeção da densidade demográfica nos municípios da bacia.

Município	Área total do município (km ²)	Sede na SF2	2020	Hab./km ²	2035	Hab./Km ²	2050	Hab./km ²
Araújos*	245,70	Sim	9.417	38,33	10.229	41,63	10.121	41,19
Bom Despacho	1213,6	Sim	51.239	42,22	53.278	43,90	52.414	43,19
Carmo da Mata	357,2	Sim	11.439	32,02	11.881	33,26	11.466	32,10
Carmo do Cajuru*	454,00	Sim	22.763	50,14	23.846	52,52	23.471	51,70
Carmópolis de Minas*	399,8	Sim	19.605	49,04	20.680	51,73	20.367	50,94
Cláudio*	630,8	Sim	28.976	45,94	30.149	47,79	29.660	47,02
Conceição do Pará*	250,4	Sim	5.595	22,34	5.724	22,86	5.524	22,06
Desterro de Entre Rios*	377,16	Sim	7.337	19,45	8.082	21,43	8.445	22,39
Divinópolis*	709,2	Sim	241.215	340,12	252.002	355,33	247.981	349,66
Florestal	194,09	Não	7.557	38,94	7.897	40,69	7.771	40,04
Igaratinga*	218,30	Sim	11.024	50,50	11.936	54,68	11.802	54,06
Itaguara	409,54	Sim	13.553	33,09	13.921	33,99	13.449	32,84
Itapeçerica	1.043	Sim	21.996	21,09	23.587	22,62	23.989	23,00
Itatiaiuçu	293,25	Não	11.288	38,49	11.819	40,30	11.633	39,67
Itaúna	494,59	Sim	94.473	191,01	97.423	196,98	95.816	193,73
Leandro Ferreira*	352,10	Sim	3.260	9,26	3.436	9,76	3.435	9,76
Maravilhas	261,6	Não	8.075	30,87	8.417	32,18	8.281	31,66
Martinho Campos	1.058	Não	13.647	12,89	13.920	13,15	13.439	12,70
Nova Serrana*	282,30	Sim	106.392	376,88	138.170	489,44	144.683	512,52
Oliveira	897,29	Não	41.170	45,88	43.223	48,17	41.715	46,49
Onça de Pitangui	246,1	Sim	3.187	12,95	3.487	14,17	3.619	14,71
Papagaios	553,57	Sim	15.872	28,67	16.474	29,76	16.206	29,28
Pará de Minas	551,19	Sim	95.145	172,62	99.268	180,10	97.676	177,21
Passa Tempo*	429,4	Sim	8.140	18,96	8.279	19,28	7.984	18,59
Pedra do Indaiá*	348,2	Sim	4.018	11,54	4.358	12,52	4.482	12,87
Perdigão	249,2	Sim	11.807	47,38	14.128	56,69	14.378	57,70
Piracema	280,27	Sim	6.466	23,07	6.733	24,02	6.651	23,73
Pitangui*	569,5	Sim	28.344	49,77	29.423	51,66	28.943	50,82
Pompéu	2551,1	Não	32.235	12,64	33.276	13,04	32.633	12,79
Resende Costa	618,47	Não	11.432	18,48	11.921	19,27	11.505	18,60

Município	Área total do município (km ²)	Sede na SF2	2020	Hab./km ²	2035	Hab./Km ²	2050	Hab./km ²
Santo Antônio do Monte*	1125,81	Sim	28.633	25,43	29.489	26,19	28.659	25,46
São Francisco de Paula	316,82	Não	6.588	20,79	6.935	21,89	6.923	21,85
São Gonçalo do Pará*	266	Sim	12.621	47,45	13.894	52,23	13.789	51,84
São Sebastião do Oeste*	408,1	Sim	6.877	16,85	7.418	18,18	7.331	17,96
Total da Bacia	18.656,03	-	1.001.383	53,68	1.074.704	57,61	1.066.240	57,15

* Municípios com superfície integralmente na bacia.

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Densidade demográfica (Hab./km²)

- < 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 100
- > 100

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.30 – Densidade demográfica dos municípios no território da bacia.

2.5.2 Demografia no Território da Bacia

De forma complementar à análise dos municípios que fazem parte da bacia, foi estimada e avaliada a população localizada dentro da bacia. Nesse sentido, a população estimada para a CH SF2 para o ano de 2020 foi de 843.268 habitantes, correspondendo a 3,96% da população total do estado de Minas Gerais (21.292.666 habitantes). De maneira semelhante ao que as projeções indicam no caso da população total dos municípios, a população da área específica da CH SF2 deverá atingir seu auge no ano de 2035, quando alcançará 910.581 habitantes, acréscimo de 7,98%. Da mesma forma, tende a decrescer a partir desse ano no horizonte em estudo e chegando a 906.048 habitantes em 2050, uma redução de 0,50% em relação ao ano de 2035 e registrando um acréscimo total de 7,44% em relação a 2020. O Quadro 2.21 mostra os índices populacionais dentro da bacia, distribuídos por município.

Quadro 2.21 – Projeção da população no território da bacia.

Município	População Total 2020	População Total 2025	População Total 2030	População Total 2035	População Total 2040	População Total 2045	População Total 2050
Araújos	9.341	9.781	10.004	10.143	10.081	10.050	10.035
Bom Despacho	28.989	29.706	29.937	30.166	29.827	29.746	29.693
Carmo da Mata	11.155	11.371	11.583	11.660	11.642	11.534	11.285
Carmo do Cajuru	22.663	23.312	23.548	23.742	23.492	23.388	23.367
Carmópolis de Minas	19.501	20.127	20.378	20.561	20.356	20.280	20.247
Cláudio	28.586	29.292	29.513	29.732	29.394	29.248	29.248
Conceição do Pará	5.575	5.651	5.669	5.702	5.684	5.628	5.502
Desterro de Entre Rios	5.735	6.049	6.343	6.568	6.697	6.816	6.929
Divinópolis	240.160	246.676	248.933	250.899	248.165	247.226	246.894
Florestal	0	0	0	0	0	0	0
Igaratinga	10.961	11.460	11.710	11.866	11.789	11.750	11.733
Itaguara	13.471	13.701	13.743	13.836	13.824	13.680	13.366
Itapeçerica	20.992	21.566	22.151	22.569	22.715	22.863	23.012
Itatiaiuçu	1.174	1.129	1.066	1.007	936	879	830
Itaúna	93.511	95.396	95.873	96.582	95.355	95.082	95.126
Leandro Ferreira	3.218	3.285	3.348	3.388	3.387	3.387	3.386
Maravilhas	1.436	1.396	1.331	1.267	1.186	1.113	1.043

Município	População Total 2020	População Total 2025	População Total 2030	População Total 2035	População Total 2040	População Total 2045	População Total 2050
Martinho Campos	7.025	7.102	7.095	7.140	7.122	7.050	6.891
Nova Serrana	105.885	119.855	130.210	137.509	140.643	142.683	143.987
Oliveira	2.890	2.830	2.927	2.909	2.876	2.827	2.750
Onça de Pitangui	3.185	3.291	3.399	3.484	3.527	3.571	3.616
Papagaios	13.254	13.636	13.793	13.955	13.841	13.836	13.884
Pará de Minas	90.637	93.268	94.270	95.139	94.176	93.901	93.824
Passa Tempo	8.082	8.150	8.216	8.217	8.118	8.020	7.923
Pedra do Indaiá	4.008	4.130	4.255	4.348	4.389	4.431	4.473
Perdigão	11.762	12.855	13.590	14.075	14.200	14.277	14.324
Piracema	6.425	6.523	6.633	6.685	6.658	6.628	6.601
Pitangui	28.133	28.794	28.989	29.200	28.860	28.723	28.723
Pompéu	1.587	1.573	1.545	1.527	1.505	1.488	1.445
Resende Costa	336	343	363	369	370	368	361
Santo Antônio do Monte	23.750	24.324	24.516	24.756	24.812	24.852	24.178
São Francisco de Paula	391	353	332	320	310	305	302
São Gonçalo do Pará	12.596	13.273	13.641	13.868	13.809	13.778	13.762
São Sebastião do Oeste	6.854	7.154	7.301	7.394	7.342	7.317	7.306
Total da Bacia	843.268	877.355	896.205	910.581	907.089	906.724	906.048

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

A população urbana no território da Bacia terá crescimento de 10,25% até 2035 e não deverá acompanhar o declínio registrado para a população total dos municípios até 2050, a Figura 2.31 apresenta essa evolução nos municípios mais populosos dentro do território da bacia, onde também estão concentrados entre os municípios de Bom Despacho, Divinópolis, Itaúna, Nova Serrana e Pará de Minas. De acordo com as projeções o crescimento da população urbana será uma constante embora com taxas declinantes. Ao final do período analisado, a população terá crescido 0,52% em relação a 2035, registrando um incremento populacional em relação a 2020 de 10,82%.

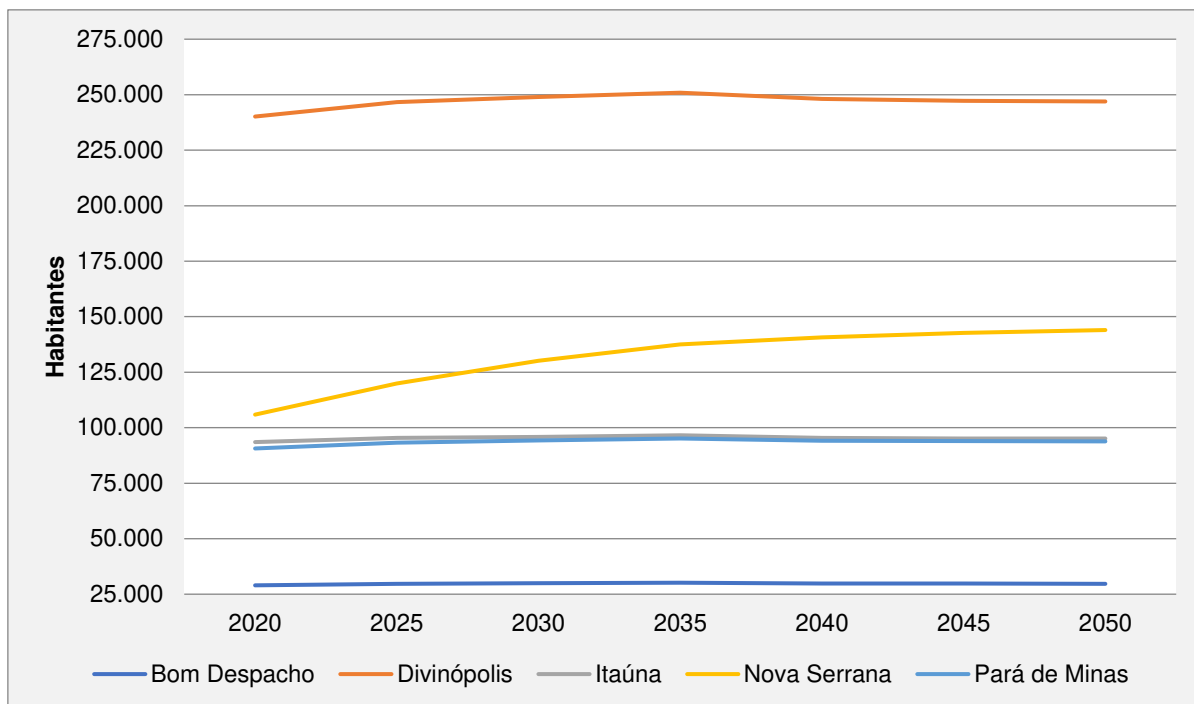


Figura 2.31 – Projeção da população dos municípios mais populosos no território da CH SF2 (2020-2050)

Fonte: ANA (Em elaboração)
Elaboração: Engecorps, 2021

Quadro 2.22 – Projeção da população urbana na bacia.

Município	Pop. urbana 2020	Pop. urbana 2025	Pop. urbana 2030	Pop. urbana 2035	Pop. urbana 2040	Pop. urbana 2045	Pop. urbana 2050
Araújos	8.436	8.973	9.281	9.485	9.480	9.489	9.502
Bom Despacho	27.773	28.703	29.161	29.591	29.436	29.510	29.592
Carmo da Mata	9.559	9.972	10.344	10.555	10.644	10.623	10.451
Carmo do Cajuru	20.473	21.373	21.829	22.181	22.071	22.060	22.103
Carmópolis de Minas	14.820	15.848	16.470	16.919	16.956	17.034	17.102
Cláudio	24.902	26.042	26.611	27.059	26.914	26.888	26.957
Conceição do Pará	2.430	2.612	2.769	2.923	3.041	3.126	3.157
Desterro de Entre Rios	4.163	4.567	4.914	5.169	5.321	5.446	5.556
Divinópolis	235.858	243.188	246.241	248.880	246.738	246.275	246.335
Florestal	0	0	0	0	0	0	0
Igaratinga	9.798	10.418	10.736	10.927	10.879	10.856	10.846
Itaguara	11.096	11.457	11.583	11.706	11.718	11.607	11.347
Itapeçerica	17.080	17.630	18.195	18.627	18.837	19.050	19.266
Itatiaiuçu	0	0	0	0	0	0	0
Itaúna	89.407	91.789	92.849	94.119	93.478	93.743	94.298
Leandro Ferreira	2.419	2.577	2.707	2.792	2.826	2.847	2.860

Município	Pop. urbana 2020	Pop. urbana 2025	Pop. urbana 2030	Pop. urbana 2035	Pop. urbana 2040	Pop. urbana 2045	Pop. urbana 2050
Maravilhas	0	0	0	0	0	0	0
Martinho Campos	6.228	6.357	6.377	6.428	6.417	6.354	6.211
Nova Serrana	100.417	113.861	123.927	131.132	134.376	136.586	138.097
Oliveira	2.183	2.194	2.318	2.343	2.347	2.331	2.285
Onça de Pitangui	1.887	1.968	2.037	2.089	2.114	2.141	2.168
Papagaios	12.189	12.632	12.864	13.095	13.061	13.124	13.231
Pará de Minas	88.326	91.616	93.185	94.462	93.799	93.730	93.797
Passa Tempo	6.765	7.020	7.234	7.351	7.347	7.319	7.272
Pedra do Indaiá	2.400	2.597	2.776	2.912	2.993	3.059	3.115
Perdigão	10.812	11.868	12.567	13.023	13.141	13.213	13.257
Piracema	3.492	3.788	4.071	4.279	4.396	4.478	4.536
Pitangui	26.132	27.003	27.339	27.624	27.349	27.245	27.260
Pompéu	1.065	1.098	1.113	1.128	1.134	1.139	1.119
Resende Costa	336	343	363	369	370	368	361
Santo Antônio do Monte	21.984	22.780	23.166	23.547	23.714	23.837	23.251
São Francisco de Paula	0	0	0	0	0	0	0
São Gonçalo do Pará	9.631	10.148	10.429	10.602	10.557	10.534	10.522
São Sebastião do Oeste	4.102	4.288	4.377	4.434	4.403	4.388	4.382
TOTAL	776.163	814.712	837.834	855.749	855.859	858.399	860.234

Fonte: Atualização do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (ANA - em elaboração)

2.5.3 Economia Regional

2.5.3.1 Produto Interno Bruto e Valor Adicionado Bruto

A análise da economia da bacia inicia-se com a apresentação dos índices referentes ao PIB – Produto Interno Bruto dos municípios inseridos na bacia, sendo seus resultados sintetizados no Quadro 2.23. Os índices totais de PIB da bacia foram estimados em 26 bilhões de reais para o ano de 2020.

Os municípios com o maior PIB em 2020 na região foram Bom Despacho, Divinópolis, Itatiaiuçu, Itaúna, Nova Serrana e Pará de Minas que, somados, representam 66,7% do PIB desse conjunto de municípios. Por outro lado, Leandro Ferreira, Onça de Pitangui, Pedra do Indaiá e São Francisco de Paula, apresentam os menores índices totais, sendo sua soma correspondente a cerca de 1% do total da bacia. No que se refere ao PIB per capita, o destaque é dado para o município de Itatiaiuçu, com índice

de R\$ 137.630 reais anuais per capita, o que pode ser devido à presença de empreendimentos minerários de porte no município.

Quadro 2.23 – PIB dos municípios da bacia para o ano de 2018.

Município	População total 2020	PIB 2020 (Mil Reais)	PIB <i>per capita</i> (Mil Reais)
Araújos	9.401	304.778	32,420
Bom Despacho	51.028	1.314.608	25,762
Carmo da Mata	11.511	181.831	15,796
Carmo do Cajuru	22.693	407.510	17,958
Carmópolis de Minas	19.559	412.892	21,110
Cláudio	28.859	706.610	24,485
Conceição do Pará	5.533	258.570	46,732
Desterro de Entre Rios	7.255	136.118	18,762
Divinópolis	240.408	6.462.981	26,883
Florestal	7.533	112.131	14,885
Igaratinga	11.005	373.627	33,951
Itaguara	13.435	274.727	20,449
Itapeçerica	21.761	483.053	22,198
Itatiaiuçu	11.252	1.548.609	137,630
Itaúna	93.847	3.101.335	33,047
Leandro Ferreira	3.226	40.148	12,445
Maravilhas	8.046	140.686	17,485
Martinho Campos	13.443	333.759	24,828
Nova Serrana	105.520	2.368.040	22,442
Oliveira	41.840	857.307	20,490
Onça de Pitangui	3.152	51.372	16,298
Papagaios	15.800	259.373	16,416
Pará de Minas	94.808	2.893.644	30,521
Passa Tempo	8.057	243.877	30,269
Pedra do Indaiá	3.974	92.050	23,163
Perdigão	11.755	198.590	16,894
Piracema	6.398	147.033	22,981
Pitangui	28.215	527.091	18,681
Pompéu	32.035	782.138	24,415
Resende Costa	11.540	180.929	15,678
Santo Antônio do Monte	28.427	574.805	20,220
São Francisco de Paula	6.520	98.701	15,138
São Gonçalo do Pará	12.597	244.270	19,391
São Sebastião do Oeste	6.863	403.884	58,849
TOTAL	997.296	26.517.077	26,589

Fonte: IBGE, 2020.

Elaboração: Engecorps

Avaliando-se a composição setorial desse PIB municipal, tem suas informações expostas no Quadro 2.24, sendo as mais recentes disponíveis até o ano de 2017, incluindo as informações do VAB – Valor Adicionado Bruto. De uma forma geral, observa-se uma predominância do setor de serviços, sendo poucos casos em que o maior valor de VAB é apresentado em outros setores. Cabe o destaque para o já citado Itatiaiuçu que apresenta importante percentual de seu VAB para indústrias. Dentre os municípios da bacia, destaca-se também o caso de Divinópolis, com maior população e com importante participação do setor de serviços, seguindo característica da região. No setor agropecuário destacam-se os municípios Onça de Pitangui e Pedra do Indaiá, onde o percentual desta categoria é o maior em relação aos outros valores adicionados.

Quadro 2.24 – Composição Setorial do PIB e do VAB dos municípios da bacia.

Município	Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reais)	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes (Mil Reais)	Valor adicionado bruto a preços correntes (Mil Reais)			
			Agropecuária	Indústria	Serviços, exclusive administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
Araújos	304.778,00	22.648,00	108.758,00	19.133,00	114.917,00	39.322,00
Bom Despacho	1.314.608,00	140.721,00	83.981,00	189.254,00	692.007,00	208.646,00
Carmo da Mata	181.831,00	18.372,00	15.069,00	34.523,00	64.457,00	49.408,00
Carmo do Cajuru	407.510,00	39.783,00	36.004,00	76.600,00	156.946,00	98.178,00
Carmópolis de Minas	412.892,00	60.814,00	27.966,00	77.533,00	161.821,00	84.759,00
Cláudio	706.610,00	96.066,00	28.207,00	169.849,00	294.295,00	118.193,00
Conceição do Pará	258.570,00	27.865,00	13.175,00	117.648,00	70.224,00	29.659,00
Desterro de Entre Rios	136.118,00	5.647,00	11.990,00	44.179,00	44.382,00	29.920,00
Divinópolis	6.462.981,00	795.264,00	53.141,00	1.232.171,00	3.389.685,00	992.721,00
Florestal	112.131,00	9.186,00	7.811,00	9.352,00	52.287,00	33.494,00
Igaratinga	373.627,00	50.348,00	27.513,00	125.892,00	121.196,00	48.678,00
Itaguara	274.727,00	27.477,00	15.419,00	38.346,00	135.236,00	58.249,00
Itapecerica	483.053,00	39.388,00	52.541,00	120.176,00	182.734,00	88.214,00
Itatiaiuçu	1.548.609,00	63.094,00	22.526,00	1.039.756,00	363.294,00	59.939,00
Itaúna	3.101.335,00	460.473,00	22.533,00	946.708,00	1.259.695,00	411.926,00
Leandro Ferreira	40.148,00	1.452,00	6.381,00	2.916,00	12.208,00	17.191,00
Maravilhas	140.686,00	15.106,00	10.103,00	34.240,00	47.142,00	34.095,00
Martinho Campos	333.759,00	30.511,00	70.267,00	44.198,00	130.826,00	57.957,00
Nova Serrana	2.368.040,00	250.145,00	8.555,00	821.828,00	871.074,00	416.438,00
Oliveira	857.307,00	81.587,00	44.825,00	116.780,00	442.932,00	171.183,00
Onça de Pitangui	51.372,00	2.788,00	14.766,00	2.860,00	13.126,00	17.833,00
Papagaios	259.373,00	24.047,00	18.661,00	43.965,00	107.347,00	65.353,00
Pará de Minas	2.893.644,00	393.936,00	73.797,00	697.775,00	1.337.105,00	391.031,00

Município	Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reais)	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes (Mil Reais)	Valor adicionado bruto a preços correntes (Mil Reais)			
			Agropecuária	Indústria	Serviços, exclusive administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
Passa Tempo	243.877,00	39.273,00	15.404,00	84.550,00	69.559,00	35.092,00
Pedra do Indaiá	92.050,00	7.401,00	25.064,00	17.881,00	20.002,00	21.702,00
Perdigão	198.590,00	17.551,00	8.639,00	60.588,00	63.241,00	48.572,00
Piracema	147.033,00	6.879,00	10.572,00	50.676,00	50.634,00	28.272,00
Pitangui	527.091,00	50.810,00	47.081,00	80.960,00	242.456,00	105.785,00
Pompéu	782.138,00	71.379,00	137.262,00	127.003,00	312.911,00	133.583,00
Resende Costa	180.929,00	9.295,00	42.647,00	15.857,00	66.491,00	46.639,00
Santo Antônio do Monte	574.805,00	36.596,00	160.385,00	40.608,00	218.418,00	118.798,00
São Francisco de Paula	98.701,00	7.043,00	17.918,00	5.106,00	39.671,00	28.962,00
São Gonçalo do Pará	244.270,00	25.535,00	14.168,00	80.242,00	69.524,00	54.801,00
São Sebastião do Oeste	403.884,00	50.399,00	56.990,00	159.636,00	100.803,00	36.056,00
TOTAL	26.517.077,00	2.978.879,00	1.310.119,00	6.728.789,00	11.318.646,00	4.180.649,00

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA

Elaboração: Engecorps

2.5.3.2 Trabalho e Rendimento

Para esta análise, foi destacado o número de empresas existentes em cada município e o rendimento do trabalho, com informações mais recentes para o ano de 2018, conforme exposto no Quadro 2.25. Em geral, é possível observar que o rendimento assalariado médio na bacia gira em torno de 2 salários mínimos, porém apresentando valores significativamente mais elevados em Conceição do Pará (3,2 salários mínimos), Itatiaiuçu (3,5 salários mínimos) e São Sebastião do Oeste (2,6 salários mínimos) onde a atividade industrial é mais significativa.

Quadro 2.25 – Trabalho e Rendimento na Bacia.

Município	Nº de Empresas (2018)	Pessoal Ocupado (2018)	% População ocupada (2018)	Salário médio mensal 2018 (Nº de salários mínimos)
Araújos	277	2.055	22%	1,6
Bom Despacho	1.643	12.386	25%	1,8
Carmo da Mata	250	2.137	19%	1,9
Carmo do Cajuru	558	4.572	21%	1,9
Carmópolis de Minas	452	3.713	19%	1,8
Cláudio	819	9.518	34%	1,8

Município	Nº de Empresas (2018)	Pessoal Ocupado (2018)	% População ocupada (2018)	Salário médio mensal 2018 (Nº de salários mínimos)
Conceição do Pará	131	1.334	24%	3,2
Desterro de Entre Rios	136	964	13%	2,2
Divinópolis	8.165	66.899	28%	2,2
Florestal	193	1.295	18%	1,6
Igaratinga	358	3.268	31%	1,7
Itaguara	445	3.287	25%	1,8
Itapecerica	414	4.136	19%	2,0
Itatiaiuçu	272	3.071	28%	3,5
Itaúna	3.509	30.086	33%	2,3
Leandro Ferreira	75	390	12%	1,9
Maravilhas	219	1.482	19%	1,6
Martinho Campos	476	4.185	31%	1,8
Nova Serrana	2.495	29.147	29%	1,7
Oliveira	1.150	9.681	23%	1,7
Onça de Pitangui	51	252	8%	2,2
Papagaios	416	3.413	22%	1,6
Pará de Minas	3.005	29.787	32%	2,0
Passa Tempo	169	1.469	18%	2,0
Pedra do Indaiá	105	1.177	30%	1,7
Perdigão	339	2.836	25%	1,7
Piracema	134	728	11%	1,8
Pitangui	863	5.317	19%	1,7
Pompéu	894	5.999	19%	2,1
Resende Costa	377	1.585	14%	1,7
Santo Antônio do Monte	822	5.862	21%	1,7
São Francisco de Paula	111	686	10%	1,7
São Gonçalo do Pará	239	2.522	21%	1,8
São Sebastião do Oeste	174	3.577	54%	2,6

Fonte: IBGE, Cadastro Central de Empresas 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020

Elaboração: Engecorps

2.5.3.3 Agropecuária e Extração Vegetal

Para esta análise, foram buscadas e sistematizadas informações referentes aos estabelecimentos agrícolas e tipo de produção na bacia, conforme disposto no Quadro 2.26. O total de estabelecimentos com cultivo na bacia foi de pouco mais de 23 mil, com destaque para os municípios de Cláudio, Divinópolis, Itapecerica, Oliveira e Santo Antônio do Monte, com mais de 1.200 cada. A maior parte dos estabelecimentos tem plantio de lavouras temporárias em relação às permanentes.

Quadro 2.26 – Estabelecimentos agropecuários conforme tipo de produção – 2017.

Município	Número de estabelecimentos agropecuários	Lavouras - permanentes	Lavouras temporárias	Lavouras - área para cultivo de flores	Pastagens - naturais	Pastagens - plantadas em boas condições	Pastagens - pastagens plantadas em más condições	Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Matas ou florestas naturais	Matas ou florestas plantadas	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais
Araújos	361	11	191	1	296	37	11	261	3	39	38
Bom Despacho	1.121	53	421	9	199	1.007	26	915	15	64	27
Carmo da Mata	403	103	185	3	276	157	11	345	8	57	7
Carmo do Cajuru	1.032	321	702	1	348	629	16	859	16	270	25
Carmópolis de Minas	840	62	462	7	333	551	26	257	17	46	20
Cláudio	1.257	292	763	2	952	220	34	1.048	24	357	40
Conceição do Pará	447	17	334	-	120	330	27	376	19	32	26
Desterro de Entre Rios	1.123	335	787	2	886	191	18	527	13	204	17
Divinópolis	1.627	1.024	920	14	942	422	13	1.217	31	397	75
Florestal	247	5	128	3	14	191	45	205	9	6	4
Igaratinga	448	2	194	1	19	421	19	351	3	15	6
Itaguara	911	111	553	-	642	248	35	675	27	40	14
Itapecerica	1.202	342	661	3	542	965	38	1.025	32	561	50
Itatiaiuçu	236	38	157	4	53	116	6	184	13	66	5
Itaúna	618	26	375	10	298	317	5	519	14	99	6
Leandro Ferreira	265	11	162	-	33	227	4	191	3	13	44
Maravilhas	278	31	155	-	65	202	3	184	4	14	3
Martinho Campos	529	16	341	3	96	488	146	392	17	44	2
Nova Serrana	294	20	143	-	69	203	20	222	4	13	4

Município	Número de estabelecimentos agropecuários	Lavouras - permanentes	Lavouras temporárias	Lavouras - área para cultivo de flores	Pastagens - naturais	Pastagens - plantadas em boas condições	Pastagens - pastagens plantadas em más condições	Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	Matas ou florestas naturais	Matas ou florestas plantadas	Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais
Oliveira	1.202	272	493	4	623	621	34	897	43	240	40
Onça de Pitangui	283	27	181	1	47	231	7	224	25	11	41
Papagaios	308	10	169	1	47	244	15	191	6	52	10
Pará de Minas	795	71	469	7	207	561	40	620	52	47	38
Passa Tempo	574	151	367	1	352	429	45	429	19	115	21
Pedra do Indaiá	578	74	247	-	188	501	33	533	8	229	20
Perdigão	407	144	299	1	270	94	6	317	1	68	5
Piracema	482	114	340	5	296	336	31	324	3	52	6
Pitangui	494	49	312	4	215	202	46	356	16	28	19
Pompéu	815	79	593	1	210	704	55	489	69	165	26
Resende Costa	935	60	599	-	329	734	16	768	12	488	6
Santo Antônio do Monte	1.341	243	589	7	803	683	142	1.169	67	149	40
São Francisco de Paula	460	295	274	1	153	289	19	270	9	32	4
São Gonçalo do Pará	390	227	234	1	94	331	18	333	13	88	21
São Sebastião do Oeste	798	268	484	1	229	617	20	575	12	264	5
TOTAL	23.101	4.904	13.284	98	10.246	13.499	1.030	17.248	627	4.365	715

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário – 2017

Na sequência, o Quadro 2.27 apresenta os principais cultivos por município na bacia, destacando o volume de produção em toneladas por ano. Os principais produtos identificados na bacia quanto à produção agrícola foram cana-de-açúcar e milho forrageiro, com produções acima de um milhão de toneladas por ano de cada. Dentre os municípios da bacia, o destaque é dado para Pompéu e Bom Despacho para as duas produções em questão.

Quadro 2.27 – Principais cultivos agrícolas por volume de produção (tonelada por ano)

Município	Cana-de-açúcar	Milho em grão	Forrageiras para corte	Cana forrageira	Milho forrageiro
Araújos	970	69	-	7.625	25.504
Bom Despacho	116.942	5.609	-	10.662	130.104
Carmo da Mata	4.310	2.444	432	6.026	16.172
Carmo do Cajuru	1.743	565	8.367	7.498	38.558
Carmópolis de Minas	2.288	2.084		5.288	17.186
Cláudio	2.779	2.710	844	4.538	43.146
Conceição do Pará	1.821	364	2.377	6.572	4.625
Desterro de Entre Rios	4.647	1.306	1.161	5.390	12.222
Divinópolis	1.424	1.538	6.532	6.389	31.085
Florestal	1.377	65	7.864	1.444	9.797
Igaratinga	-	148	3.365	13.626	15.805
Itaguara	25.232	267	975	64.518	20.599
Itapeçerica	7.986	1.803	6.065	7.012	31.084
Itatiaiuçu	956	325	1.298	2.889	7.849
Itaúna	286	1.100	13.383	3.893	24.320
Leandro Ferreira	-	243	-	11.214	11.433
Maravilhas	874	154	1.896	6.623	12.778
Martinho Campos	-	3.978	477	27.094	78.689
Nova Serrana	285	59	615	2.320	8.863
Oliveira	64	3.393	1.029	3.393	49.614
Onça de Pitangui	-	369	1.394	1.456	24.913
Papagaios	490	2.424	-	4.481	5.080
Pará de Minas	1.718	577	12.308	4.970	32.783
Passa Tempo	543	624	3.008	4.902	21.147
Pedra do Indaiá	116	1.018	1.776	1.936	15.201
Perdigão	1.065	144	491	1.141	15.256
Piracema	4.464	168	1.038	12.522	7.445
Pitangui	7.959	3.836	375	7.649	15.455

Município	Cana-de-açúcar	Milho em grão	FORAGEIRAS para corte	Cana forrageira	Milho forrageiro
Pompéu	980.915	17.323	1.916	111.388	137.897
Resende Costa	487	4.276	262	4.418	44.239
Santo Antônio do Monte	9.596	1.313	1.842	3.891	103.713
São Francisco de Paula	621	3.251	-	1.647	16.892
São Gonçalo do Pará	3.441	702	3.849	1.826	4.606
São Sebastião do Oeste	632	731	2.088	7.509	11.799
TOTAL	1.186.031	64.980	87.027	373.750	1.045.859

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário – 2017

A região também possui relevante produção pecuária, cujos rebanhos estão indicados no Quadro 2.28. Nesse caso, destacam-se os municípios de Bom Despacho, Pompéu e Santo Antônio do Monte quanto à bovinocultura. Em relação ao efetivo de suínos, o destaque é para Pará de Minas que possui, sozinho, cerca de 35% do rebanho total dos municípios da bacia. Tratando do efetivo de aves, Pará de Minas também tem destaque, com mais de 20% do efetivo dos municípios da bacia. Nesse último caso do efetivo de aves, municípios como Pitangui e São Sebastião do Oeste também podem ser destacados, com mais de 10% do efetivo dos municípios da bacia em cada um deles.

Quadro 2.28 – Efetivo dos principais rebanhos da bacia.

Município	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos
Araújos	21.746	-	407	-	-	-	-	335	26.226
Bom Despacho	74.286	-	2.199	5	58	119	152	55.203	884.330
Carmo da Mata	24.415	345	1.343	-	63	-	144	488	30.487
Carmo do Cajuru	30.695	216	1.131	19	22	-	57	2.593	897.979
Carmópolis de Minas	28.158	94	1.302	-	34	22	329	928	21.608
Cláudio	43.663	-	1.308	-	45	324	242	32.396	43.249
Conceição do Pará	16.183	-	249	-	8	17	76	18.577	1.556.755
Desterro de Entre Rios	14.459	-	884	52	62	25	-	1.472	22.045
Divinópolis	51.543	293	2.242	14	67	137	210	1.757	1.188.178
Florestal	10.771	-	722	23	78	220	103	11.363	705.291
Igaratinga	21.524	-	585	-	8	24	-	21.174	2.109.169
Itaguara	22.837	81	683	13	62	19	71	6.088	12.814

Município	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asininos	Muare	Caprinos	Ovinos	Suínos	Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos
Itapecerica	51.617	76	1.715	7	54	42	290	7.560	1.445.113
Itatiaiuçu	5.994		360	-	3	-	-	97	2.004
Itaúna	29.032	50	928	-	17	-	109	18.480	432.978
Leandro Ferreira	19.360	298	552	-	31	17	223	450	9.577
Maravilhas	16.889	-	468	-	10	-	74	3.272	237.864
Martinho Campos	52.902	-	693	6	64	-	44	11.933	850.164
Nova Serrana	13.815	-	823	-	19	92	79	359	960.087
Oliveira	37.948	2.891	1.436	-	24	21	1.562	52.030	23.598
Onça de Pitangui	11.749	-	464	-		-	-	26.482	589.881
Papagaios	23.913	-	518	-	23	111	-	22.568	213.350
Pará de Minas	36.458	1.034	1.271	-	29	37	89	194.481	7.167.055
Passa Tempo	20.127	688	1.511	-	91	33	113	4.631	14.115
Pedra do Indaiá	22.755	74	637	-	30	-	17	2.149	805.766
Perdigão	14.056	-	473	-	15	142	22	5.401	80.498
Piracema	18.438	24	722	-	40	-	-	9.028	10.559
Pitangui	28.400	-	399	-	42	-	-	1.769	4.180.946
Pompéu	97.958	-	1.445	-	88	19	-	2.207	48.032
Resende Costa	21.516	-	1.396	17	51	14	10	1.025	16.987
Santo Antônio do Monte	83.230	488	1.833	6	79	21	278	1.902	1.285.405
São Francisco de Paula	14.020	-	529	-	9	-	-	630	6.858
São Gonçalo do Pará	17.391	17	481	-	11	13	39	15.891	497.165
São Sebastião do Oeste	27.510	-	984	29	48		28	9.444	5.769.997
TOTAL	1.025.358	6.669	32.693	191	1.285	1.469	4.361	544.163	32.146.130

Fonte: IBGE - Censo Agropecuário – 2017

2.6 DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A crescente demanda de uso da água, seja para o abastecimento público, agrícola ou industrial, e também a qualidade da água superficial e subterrânea disponível, estão diretamente relacionadas à mudança de uso e ocupação do solo. Já é reconhecido que diversos problemas de água têm sua origem nos usos do solo ou atividades relacionadas, assim é essencial conectar o planejamento do uso do solo ao dos recursos hídricos (MITCHELL, 2005).

Acompanhar as mudanças nos usos e ocupações do solo das áreas da bacia hidrográfica indica uma importante ferramenta de controle sobre a gestão dos recursos hídricos. A detecção de mudanças de uso e ocupação de solo é chave para

diagnosticar novas demandas hídricas, pois esta técnica consiste no processo de identificação das diferenças no estado dos objetos ou dos fenômenos observados em diferentes tempos (SINGH, 1989).

Nesse contexto, o sensoriamento remoto tornou-se uma valiosa fonte de informações sobre as mudanças do uso de solo, pois ele permite a coleta periódica de dados da realidade à distância de forma sinótica.

Diante disso, para entender as mudanças do uso e ocupação do solo na CH SF2 é imprescindível conhecer sua situação atual, bem como identificar as modificações ocorridas na paisagem ao longo dos últimos 20 anos, tornando possível avaliar as alterações ocorridas e entender as tendências de expansão e dinâmica de uso do solo num cenário futuro.

2.6.1 Metodologia

A análise temporal da paisagem requer insumos da mesma base e com a mesma precisão e em função disso, optou-se por usar os mapas de uso do solo oriundos do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias) que possui, entre seus objetivos, produzir e disponibilizar mapas regulares de uso do solo do território nacional.

O MapBiomias utiliza como base primária as imagens históricas dos satélites da família Landsat e utiliza metodologia de classificação baseada em extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine que oferece imensa capacidade de processamento na nuvem, e atua no nível do pixel com múltiplas camadas de informação, incluindo as bandas disponíveis e os índices que podem ser gerados com elas (MAPBIOMAS)⁸. Além disso, utiliza uma estratégia setorizada, sob a qual as regiões homogêneas de um dado bioma são identificadas e classificadas separadamente.

Ao final, os mapas produzidos são entregues com alta acurácia global (74,8% para o nível 3, mais detalhado, no bioma Cerrado e 85,8% no bioma Mata Atlântica), o que é

⁸ MapBiomias. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acessado em 01 de abril de 2019.

considerado bastante elevado, dada a compatibilidade com escalas entre 1:50.000 e 1:100.000 e abrangência histórica entre 1985 e 2019.

Assim, para apresentar a dinâmica de uso e ocupação do solo na CH SF2 foi realizada uma operação de mosaico e recorte para os mapas dos biomas Cerrado e Mata Atlântica de 2000, 2010 e 2019 para a área de estudo. E na sequência, uma vez que esses mapas compartilham da mesma matriz, realizou-se uma tabulação cruzada, tendo como resultado a matriz de transição que, em linhas gerais apresenta quais foram as mudanças observadas no período e quais foram as classes afetadas.

No item 2.7.2 é descrita a situação atual do Uso e Ocupação do Solo, considerando o mapeamento de 2019, ao passo que no item 2.7.3, é realizado um estudo das transições ocorridas no período de 2000, 2010 e 2019, identificando os principais vetores de alterações na paisagem.

Optou-se por manter a chave de interpretação utilizada no Mapbiomas, a saber: Infraestrutura Urbana, Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Massa d'água, Pastagem, Lavoura Perene, Cana-de-Açúcar, Soja, Outras Lavouras Temporárias, Outras Áreas Não-Vegetadas, Floresta Plantada, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Mineração e Afloramento Rochoso.

2.6.2 Situação Atual

A CH SF2 está inserida onde originalmente havia os domínios dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e suas áreas de transição, se estendendo por 12.233 km². Hoje essa região está fortemente antropizada, diretamente relacionada ao processo histórico de ocupação, sendo que ainda restam 25,3% da cobertura original. Quando comparado aos 32,9% de remanescente de cobertura vegetal nativa do Estado de Minas Gerais⁹, pode-se dizer que a CH SF2 está abaixo da média estadual.

O Quadro 2.29 apresenta a área de cobertura vegetal remanescente na CH SF2, bem como as demais classes de uso e ocupação do solo de acordo com o mapeamento

⁹ de acordo com Mapa da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (estudo elaborado pelo Instituto Estadual de Florestas em parceria com a Universidade Federal de Lavras em 2009), com dados atualizados em 2019 (Carvalho, et. al (2008))

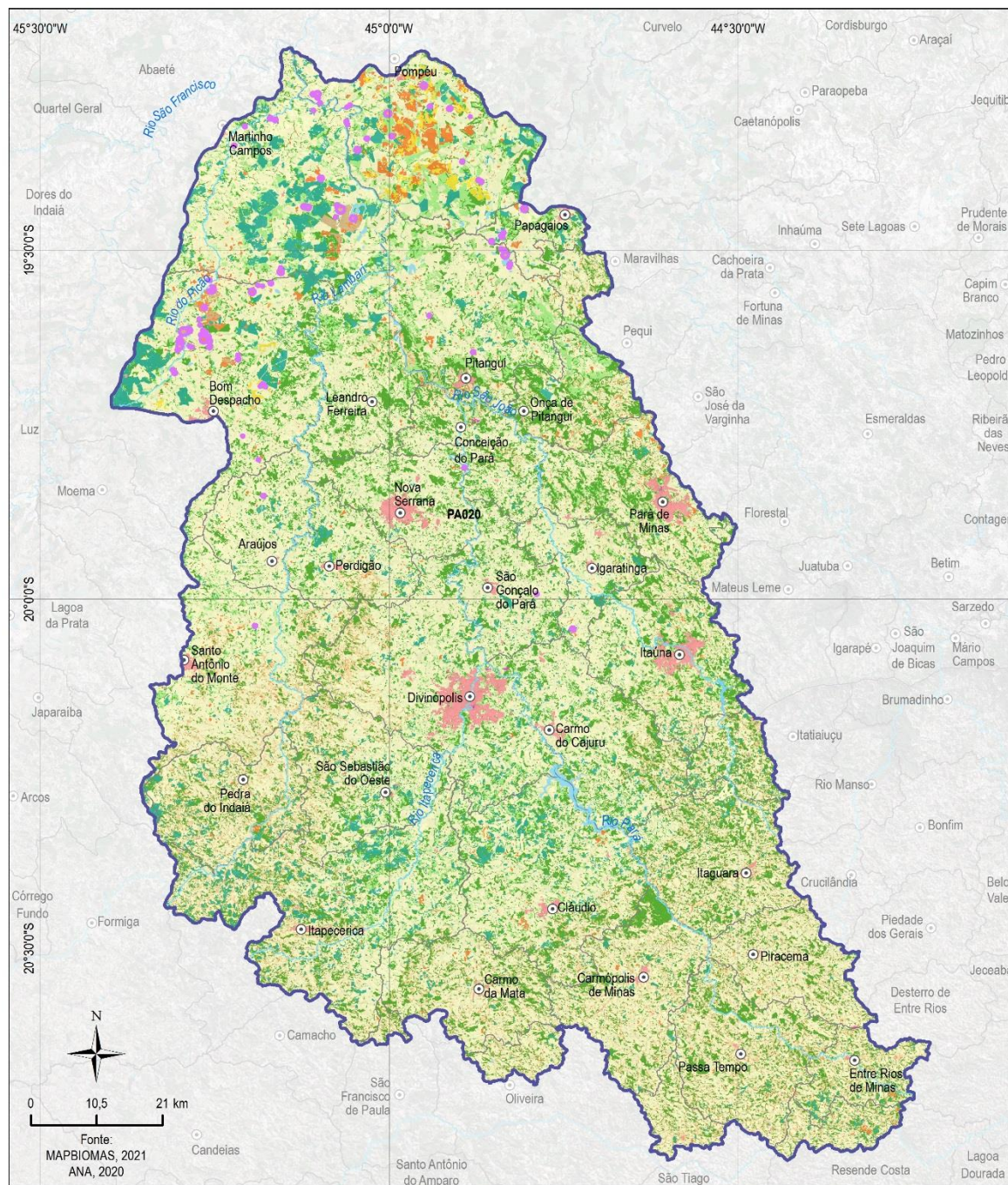
do MapBiomias no ano de 2019. E a Figura 2.32 mostra a distribuição espacial destes tipos de uso.

Quadro 2.29 – Uso e Ocupação do Solo Atual

Classes de Uso e Ocupação	2019	
	km ²	%
Infraestrutura urbana	196,4	1,6%
Cana-de-açúcar	45,8	0,4%
Soja	26,7	0,2%
Outras lavouras temporárias	190,6	1,6%
Lavoura perene	5,6	0,05%
Pastagem	6.896,0	56,4%
Floresta plantada	608,2	5,0%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1.112,6	9,1%
Outras áreas não-vegetadas	14,0	0,1%
Formação florestal	2.259,0	18,5%
Formação savânica	816,7	6,7%
Formação campestre	15,9	0,1%
Afloramento Rochoso	5,0	0,04%
Mineração	2,0	0,02%
Massa d'água	38,4	0,3%
Total	12.233,0	100%

Fonte: Projeto MapBiomias
Elaboração: Engecorps, 2021

Apesar de ter uma área significativa ainda recoberta por vegetação, 3.091,7 km² (25,3%), entre formações Florestais (18,5%), Savânicas (6,7%) e Campestres (0,1%), segundo o mapeamento de 2019 do MapBiomias, estes remanescentes não estão distribuídos de forma homogênea. É importante frisar que as matas estão fortemente fragmentadas, muitas vezes restritas às matas ciliares, e em áreas de maiores declividades, tal como pode ser observado na Figura 2.32, sobretudo na porção central e sul da CH SF2.



LEGENDA

○ Sede municipal	Uso do Solo	Infraestrutura urbana
□ Limite municipal	Formação florestal	Outras áreas não vegetadas
~ Curso d'água	Formação savânica	Afloramento rochoso
Massa d'água	Floresta plantada	Mineração
CH SF2 - Rio Pará	Formação campestre	Rio, lago e oceano
○ Pivô central	Pastagem	Lavoura perene
	Cana	Soja
	Mosaico de agricultura e pastagem	Outras lavouras temporárias

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.32 – Uso e Ocupação do Solo Atual na CH SF2.

A classe de uso do solo que mais se destaca é a pastagem, que ocupa 6.896 km², 56,4% da área total da SF2 distribuída por toda a bacia, estando mais presente no setor norte da bacia, entre os municípios de Martinho Campos e Perdigão, e no setor central. Este tipo de uso está relacionado à produção pecuária dessa região.

As Florestas Plantadas, correspondentes à silvicultura, compreendem uma área de 608,2 km², ou 5% da área total da bacia, localizadas quase totalmente no setor norte da SF2, principalmente nos municípios de Bom Despacho, Martinho Campos e Pompéu, embora também seja encontrado esse tipo de plantação em áreas mais ao sul, notadamente nos municípios de São Sebastião do Oeste, Pedra do Indaiá, Itapeçerica e Cláudio. São compostas por florestas de eucaliptos e pinus para a produção de carvão vegetal em indústrias locais. Vale mencionar que a silvicultura local está atrelada ao intenso uso de produtos fitossanitários, bem como o próprio impacto no solo inerente às práticas de monocultura de espécies como o Eucalipto.

A agricultura por sua vez responde por apenas 2,2% da área total da SF2, concentrada principalmente na sua porção norte, com destaque para o cultivo da soja, milho, cana-de-açúcar, normalmente associados aos terrenos com menor declividade e altitude do setor norte.

A Soja responde por 26,7 km² (0,2%) da CH SF2, e se encontra esparsamente distribuída entre os municípios do setor norte da bacia, com destaque para Bom Despacho, Martinho de Campos e Pompeu. É importante destacar que nesta classe estão as áreas irrigadas por pivô central a uma pequena distância da rede de drenagem, notadamente o rio Pará e um de seus principais afluentes, o rio do Picão.

Atualmente o cultivo da Cana-de-Açúcar nesta região responde por apenas 45,8 km² (0,4%), estando toda ela concentrada nos limites territoriais de Pompéu e Bom Despacho, localizados no setor norte da CH SF2. De forma geral, ocupam locais com relevo menos movimentado onde as condições para o plantio e sua mecanização são mais adequadas.

As “Lavouras Perenes” e “Outras Lavouras Temporárias” estão aqui representadas especialmente pelo cultivo de pomares com produção de banana, maracujá,

tangerina, entre outros¹⁰ e do milho, respectivamente. Essas duas classes compreendem juntas a 1,6% da área total da bacia (196,4 km²), mais concentradas no setor norte da bacia, principalmente nos municípios de Pompéu, Martinho Campos e Bom Despacho, embora também possa ser encontrada de forma mais esparsa nos demais municípios.

De acordo com o mapeamento de áreas irrigadas por pivôs centrais da ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico¹¹ atualizada para o ano de 2019, mesmo ano do mapa de uso do solo utilizado neste estudo, constatou-se a existência de 23,7 km² irrigadas por esta técnica nos limites da CH SF2, o que representa um aumento de quase 14 vezes em relação aos 1,6 km² existente nessa área em 2000.

Esse conjunto de pivôs centrais irriga principalmente culturas de soja e outras culturas temporárias. É importante destacar que o conjunto da área irrigada está localizada no setor norte da SF2, a maior parte dentro do território municipal de Bom Despacho, Martinho Campos e Pompeu.

De acordo com Rodrigues *et.al.* (2001 *apud* COSTA, 2006) o uso desse método de irrigação vem crescendo no Brasil, sobretudo nas regiões sudeste e centro-oeste, devido à uniformidade da distribuição de água pelas culturas, com controle da quantidade de água utilizada e menor dispêndio de mão-de-obra. Quando o sistema é bem dimensionado e regulado, pode resultar em um impacto menor nos cursos d'água, tanto por utilizar comparativamente menos água que outros sistemas de irrigação, como por ter maior controle da lâmina d'água, o que ajuda a evitar ou diminuir o carreamento de sedimentos e agrotóxicos para a rede de drenagem.

Por sua vez, a “Área Urbanizada” responde por 196,4 km² da bacia (1,6%), e estão vinculadas principalmente às sedes municipais, sendo que os municípios mais populosos estão localizados no setor central da bacia, a saber, Nova Serrana, Pará de Minas, Divinópolis e Itaúna. Juntos esses quatro municípios respondem por 53,3% da população total da CH SF2.

¹⁰ IBGE. Censo Agropecuário, 2017.

¹¹ ANA. Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil, 2021

2.6.3 Dinâmica e Tendências

O estudo da dinâmica das paisagens permite analisar as transformações do meio físico bem como das atividades humanas ao longo do tempo em uma determinada área, podendo ser compreendidas como interpretações de momentos em uma paisagem dentro de uma escala temporal, visando auxiliar os agentes de planejamento a compreender a dinâmica da área e os problemas ambientais consequentes. Nesse sentido, esta análise demonstra-se fundamental na medida em que permite reconhecer tendências de expansão antrópicas que podem ser vistas como vetores de transformação da disponibilidade e qualidade da água na SF2.

Para isto, foram utilizados os mapeamentos de 2000, 2010 e 2019 do Projeto MapBiomias a fim de possibilitar a análise dos fatores de pressão identificados na bacia. De acordo com a análise comparativa entre estes mapeamentos verifica-se que alterações significativas ocorreram no uso e ocupação da SF2 ao longo do período analisado.

O Quadro 2.30 mostra as áreas ocupadas por cada uma das classes de uso e ocupação do solo em três momentos, 2000, 2010 e 2019 e a diferença de área para cada período, o que permite avaliar quais foram os principais ganhos e perdas ao longo dessas quase duas décadas.

Quadro 2.30 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo

Classe de Uso e Ocupação do Solo	2000 (km ²)	2010 (km ²)	2019 (km ²)	Diferença de área 2000 a 2010 (km ²)	Diferença de área 2010 a 2019 (km ²)
Infraestrutura urbana	132,2	162,3	196,4	30,1	34,0
Cana-de-açúcar	0,4	17,1	45,8	16,7	28,7
Soja	0,0	5,2	26,7	5,2	21,5
Outras lavouras temporárias	17,8	72,6	190,6	54,8	118,0
Lavoura perene	0,0	0,0	5,6	0,0	5,6
Pastagem	7.812,5	7.541,8	6.896,0	-270,7	-645,8
Floresta plantada	166,2	443,8	608,2	277,6	164,4
Mosaico de Agricultura e Pastagem	829,3	785,4	1.112,6	-43,9	327,2
Outras áreas não-vegetadas	10,5	11,2	14,0	0,8	2,8
Formação florestal	2.189,6	2.195,0	2.259,0	5,4	64,0
Formação savânica	996,1	924,1	816,7	-72,0	-107,4
Formação campestre	22,9	19,7	15,9	-3,1	-3,8

Classe de Uso e Ocupação do Solo	2000 (km ²)	2010 (km ²)	2019 (km ²)	Diferença de área 2000 a 2010 (km ²)	Diferença de área 2010 a 2019 (km ²)
Afloramento Rochoso	4,6	4,1	5,0	-0,5	0,9
Mineração	2,2	2,0	2,0	-0,2	0,0
Massa d'água	48,9	48,6	38,4	-0,3	-10,2
Total	12.233,0	12.233,0	12.233,0	-	-

Fonte: Projeto MapBiomias
Elaboração: Engecorps, 2021

Dentre as dinâmicas observadas no período completo, entre 2000 e 2019, a que merece maior atenção é o avanço significativo das áreas destinadas às Florestas Plantadas (silviculturas de pinus e eucaliptos), que passou de 166,2 km² no ano de 2000, para 443,8 km² em 2010 e 608,2 km² em 2019, registrando um crescimento total de 266%. Esse resultado corrobora os dados da Pesquisa de Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Formação Florestal também apresentou um ganho de área, entretanto, bem menos significativo, havendo aumento de 5,4 km² no período de 2000 a 2010 e 64 km² no período de 2010 a 2019, o que representa um ganho total de 3,2% da área existente em relação à 2000.

Por outro lado, as Formações Savânica (principalmente) e Campestre perderam um total de 75,1 km² no período de 2000 a 2010 e depois em um ritmo um pouco mais acelerado no período de 2010 a 2019, quando houve uma redução de 111,2 km² da área de abrangência dessas classes. Somados os dois períodos, houve uma perda de 18,3% da área de Formações Savânica e Campestre entre 2000 e 2019.

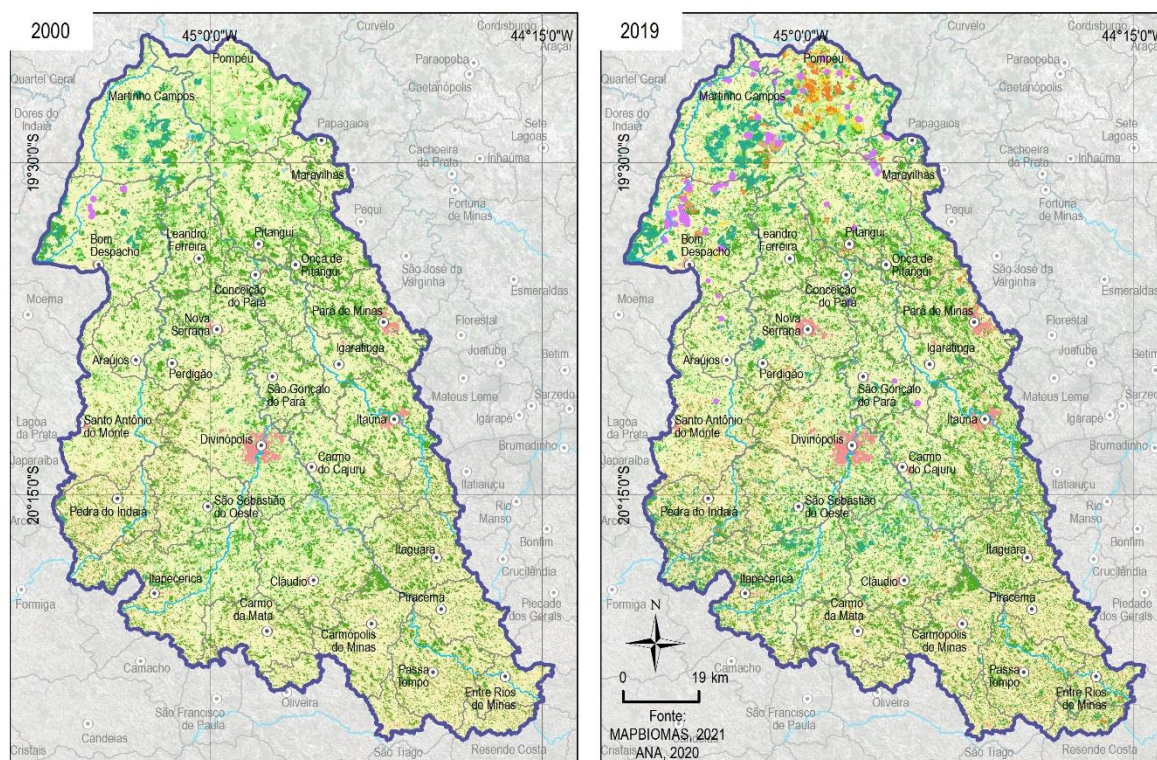
Embora tenham áreas menos expressivas quando considerada a área total, é possível verificar a chegada e a expansão de algumas culturas agrícolas na CH SF2, como a soja e a cana-de-açúcar, que surgiram por volta do ano de 2000. A cana-de-açúcar passou de uma área insignificante em 2000 para 17,1 km² em 2010 e 45,8 km² em 2019, com crescimento de 168%. E a soja não apresentava registro em 2000, em 2010 ocupava uma área de 5,2 km² e depois 26,7 km² em 2019, com um crescimento de 413%.

Outras Lavouras Temporárias, como milho, sorgo, feijão e tomate, por exemplo, também têm produções significativas, principalmente nos municípios de Pompeu, Martinho Campos, Bom Despacho, Pará de Minas e Onça de Pitangui, segundo a Pesquisa Agropecuária Municipal (IBGE, 2019). Entre 2000 e 2019 houve um aumento significativo da área produzida, que passou de 17,8 km² em 2000 para 190,6 km² em 2019, que corresponde a um crescimento de 971%.

Quanto às lavouras perenes observa-se que surgiram depois de 2010, sendo registrada uma área de 5,6 km² em 2019, destacando-se principalmente pomares e bananais, localizados no setor norte na SF2.

As áreas ocupadas por pastagem tiveram uma redução significativa nos dois períodos analisados, tendo as maiores perdas absolutas em área: 270,7 km² no período de 2000 a 2010, e 645,8 km² no período seguinte, entre 2010 e 2019, terminando esse período de 19 anos com uma redução de 12% da sua área ocupada na bacia.

A Figura 2.33 apresenta os mapas de uso e ocupação do solo da CH SF2 para anos de 2000 e 2019, onde é possível verificar a dinâmica da paisagem, principalmente, o crescimento da agricultura, especialmente as Lavouras Temporárias, incluindo Soja e Cana-de-açúcar, e as Florestas Plantadas em detrimento das classes Florestais e Pastagem.



LEGENDA

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⊙ Sede municipal ▭ Limite municipal ⊗ CH SF2 - Rio Pará — Curso d'água ⊕ Massa d'água ○ Pivô central | <p>Uso do Solo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▭ Afloramento rochoso ▭ Cana ▭ Floresta plantada ▭ Formação campestre ▭ Formação florestal ▭ Formação savânica ▭ Infraestrutura urbana | <ul style="list-style-type: none"> ▭ Lavoura perene ▭ Mineração ▭ Mosaico de agricultura e pastagem ▭ Outras lavouras temporárias ▭ Outras áreas não vegetadas ▭ Pastagem ▭ Rio, lago e oceano ▭ Soja |
|---|--|---|

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 2.33 – Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo na CH SF2 entre 2000 e 2019.

Conforme mencionado anteriormente, a tabulação cruzada entre os mapas permite verificar diretamente quais foram as classes afetadas na variação das áreas na paisagem, em outras palavras, identificar as atividades do ano 2000 que cederam espaço para acomodar os usos existentes em 2019.

Para esta análise foi considerada como classe de origem o ano de 2000 e classe de destino o ano de 2019, reconhecendo que os usos intermediários, que ocorreram em 2010, não afetam o resultado.

Com isso, o Quadro 2.31 apresenta a matriz simplificada de transição para este período (entre 2000 e 2019) para as classes com alteração superior a 10 km². Assim, a primeira coluna apresenta a classe de origem, ou seja, a classe a que um dado grupo de pixels foi classificado no ano de 2000, a segunda coluna indica a classe de destino, ou seja, a classe a que esse grupo de pixels foi classificado em 2019. A terceira coluna indica a área afetada e na última coluna a variação que essa transição corresponde em relação à área total.

Quadro 2.31 – Matriz de Transição dos Mapas de Uso do Solo (2000 a 2019)

Classe 2000 (origem)	Classe 2019 (destino)	km ²	bacia (%)
Formação florestal	Pastagem	254,0	2,1%
Formação florestal	Mosaico de Agricultura e Pastagem	99,7	0,8%
Formação florestal	Floresta plantada	77,9	0,6%
Formação florestal	Formação savânica	33,8	0,3%
Formação savânica	Pastagem	208,5	1,7%
Formação savânica	Formação florestal	113,5	0,9%
Formação savânica	Floresta plantada	43,6	0,4%
Formação savânica	Outras lavouras temporárias	13,8	0,1%
Formação savânica	Mosaico de Agricultura e Pastagem	11,7	0,1%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	Pastagem	161,7	1,3%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	Formação florestal	146,3	1,2%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	Floresta plantada	23,2	0,2%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	formação savânica	10,3	0,1%
Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	519,2	4,2%
Pastagem	floresta plantada	301,2	2,5%
Pastagem	formação florestal	285,5	2,3%
Pastagem	formação savânica	175,4	1,4%
Pastagem	outras lavouras temporárias	160,3	1,3%
Pastagem	infraestrutura urbana	49,9	0,4%
Pastagem	cana-de-açúcar	36,9	0,3%
Pastagem	soja	24,3	0,2%

Fonte: Projeto MapBiomias
Elaboração: Engecorps, 2019

Além da matriz de transição apresentada no Quadro 2.31, os resultados também são exibidos através do diagrama de Sankey apresentado na Figura 2.34, que permite visualizar mais claramente como ocorreram as transições e quais foram mais significativas.

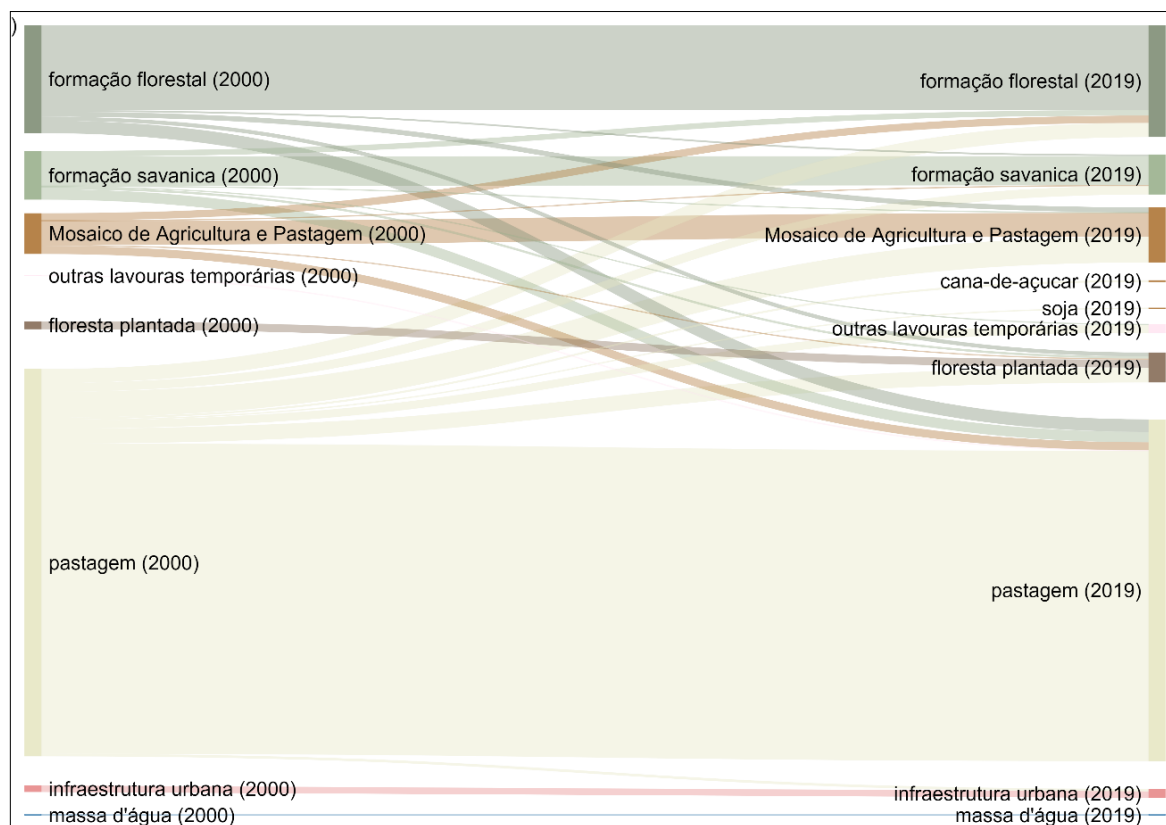


Figura 2.34 – Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na SF2 período 2000 a 2019.

Com base nesses dados e na comparação visual entre os mapas apresentados é possível verificar que a Pastagem foi a principal classe a ceder área para o avanço da Floresta Plantada, bem como para as demais atividades agrícolas. Em contrapartida, as áreas que deixaram de ser ocupadas por vegetal natural (formações Florestal, Campestre ou Savânica) deram lugar principalmente às pastagens. Esse resultado sugere uma dinâmica para esta paisagem que consiste na transição das vegetações naturais por pastagens para posteriormente serem ocupadas por atividades agrícolas.

Como é possível observar na Figura 2.35, a maior parte das Florestas Plantadas encontram-se próximos aos rios do Picão, Lambari e Baixo Pará, de forma que os vetores de expansão seguem na direção dos divisores de água, com padrão de crescimento das manchas existentes, além da formação de novas manchas de plantação à oeste do rio Pará no município de Pompeu.

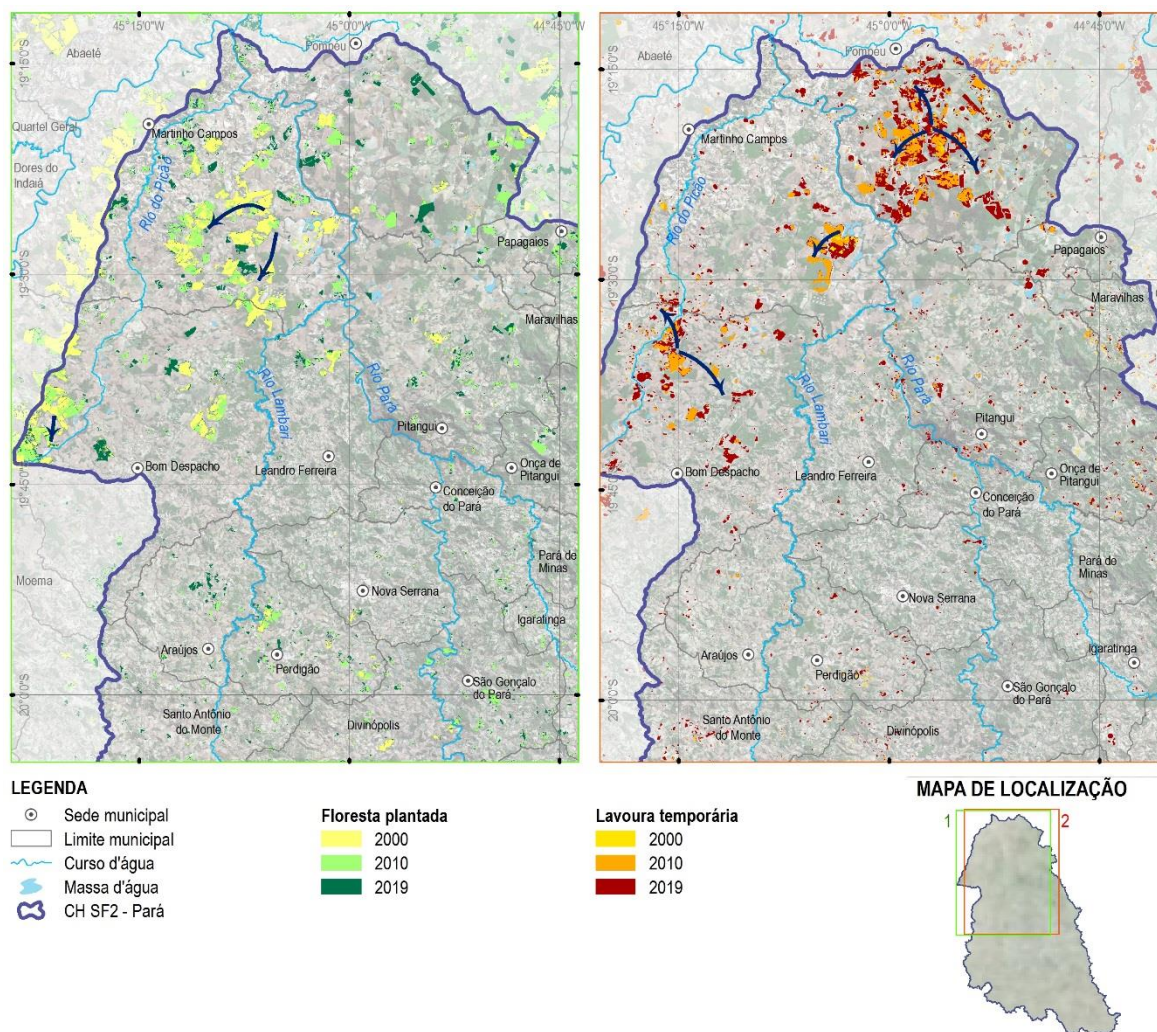


Figura 2.35 – Vetores de expansão das áreas ocupadas por Florestas Plantadas e Lavouras Temporárias na SF2.

A Figura 2.35 mostra os principais vetores de expansão das Lavouras Temporárias, entre elas a soja, o milho e cana-de-açúcar, que ocorrem especialmente no setor norte da SF2. Esta classe de uso do solo ocorre principalmente nos terrenos menos elevados e com declividades baixas, com cotas entre 650 e 750 metros e declividades inferiores a 8% da Depressão do Alto São Francisco. A expansão registrada em 2010, e posteriormente em 2019, ocorre nos limites dessa unidade a leste e no alto dos morros testemunhos pertencentes a ela e dispostos longitudinalmente no município de Tiros.

3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

As informações de vazões de escoamento superficial são relevantes para dar suporte ao processo de modelagem da qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Pará. No contexto dos estudos de disponibilidade hídrica, foram inicialmente identificadas as informações de monitoramentos existentes e dados disponíveis. Em seguida, nesse primeiro momento de diagnóstico, as informações foram espacializadas com vistas a verificar a abrangência na bacia em termos de controle dos principais corpos hídricos de relevância. Na sequência, foram estimadas as principais vazões de referência, utilizadas nas análises de outorgas e possíveis de uso como base para o processo de modelagem de qualidade, bem como referências para outorgas de lançamentos de efluentes com base no enquadramento a ser proposto. Por fim, as vazões de referência calculadas são comparadas com resultados de estudos anteriores como o caso do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PRHSF 2016-2025 e o Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH da bacia hidrográfica do rio Pará, aprovado em 2008.

3.1.1 Análise dos monitoramentos disponíveis

Conforme exposto anteriormente, a primeira etapa desta análise tratou do levantamento da base de dados de estações fluviométricas com dados disponíveis junto ao sítio eletrônico do Hidroweb, módulo de monitoramento do SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Nesse sentido, todas as estações fluviométricas existentes na CH SF2 com dados disponíveis foram avaliadas quanto à sua operação, séries de dados disponíveis e falhas.

As informações foram sistematizadas, identificando-se o nome da estação, seu respectivo código, o curso de água em que está localizada, se está em operação ou inoperante, a área de drenagem, o ano de início do monitoramento e o ano da leitura mais recente. Foram analisados os dados do número de anos sem falhas de leitura, o número de anos sem falhas de leitura considerando uma tolerância de 10% dentro de cada ano e a porcentagem de falhas de leitura. Os dados estão apresentados no Quadro 3.1. A localização das estações e os respectivos status (operante/inoperante) encontram-se representados na Figura 3.1, na sequência.

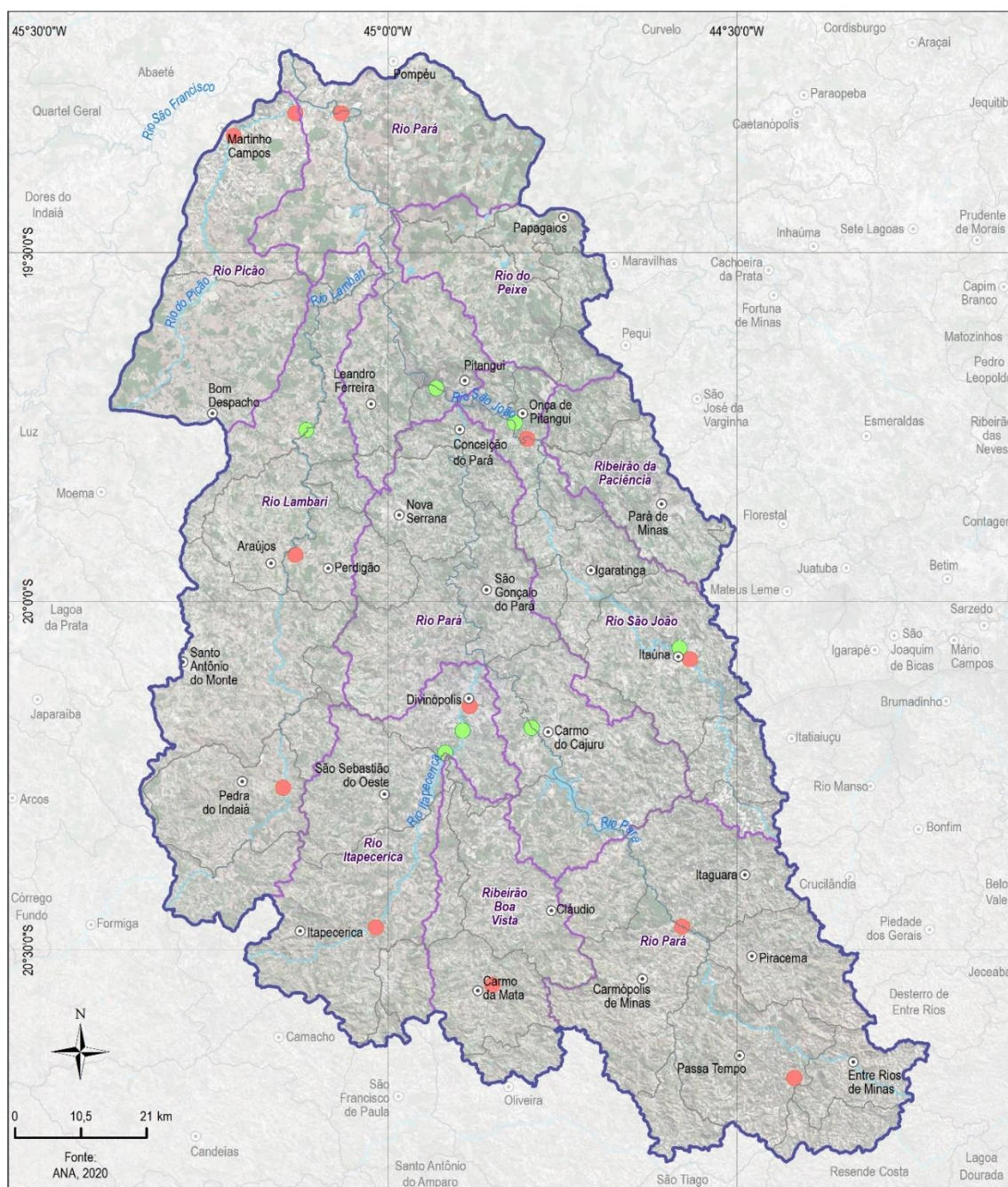
A análise das informações apresentadas no quadro e figura em sequência, mostra uma boa abrangência em termos espaciais e numérico de estações fluviométricas na bacia. No entanto, observa-se espacialmente e, também com base nos dados das estações, que a maior parte delas operou por um período, mas encontra-se inoperante, não continuando o acompanhamento do escoamento de vazões na bacia. De toda forma, observa-se que os principais cursos de água da bacia possuem estações em operação e controlando áreas de drenagem importantes, sendo o caso do próprio rio Pará e dos rios Itapecerica, Lambari e São João, o que faz com que possam ser utilizados para esta análise referindo-se à estimativa das principais vazões de referência e base de dados para os estudos de modelagem.

Vale ressaltar, entretanto, que esse aspecto será mais bem explorado na etapa do programa de efetivação do enquadramento, uma vez que é fundamental a boa abrangência das estações para o devido acompanhamento das condições de vazões e, de forma conjunta com o monitoramento de qualidade, estimar e acompanhar as cargas escoadas ao longo dos corpos hídricos da bacia e sua sazonalidade. Dessa forma, é possível que sejam propostas novas estações, ou mesmo a retomada de algumas inoperantes para que o monitoramento seja suficiente para acompanhar de forma adequada a condição dos cursos de água da bacia.

Quadro 3.1 – Estações de Monitoramento Fluviométrico Hidroweb na CH SF2.

Código	Nome	Rio	Sub-bacia	Município	Ano Início	Ano Fim	Número de anos sem falha	Nº anos s/falha tolerância 10% dentro de cada ano	% de falhas	em operação	Área de drenagem km²	Longitude	Latitude
40105000	Fazenda Campo Grande	Rio Pará	Alto Rio Pará	Passa Tempo	1939	1979	21	23	33%	não	361,0	-44,417	-20,683
40130000	Ponte do Vilela	Rio Pará	Alto Rio Pará	Itaguara	1938	1979	40	41	0%	não	1650,0	-44,578	-20,466
40150000	Carmo do Cajuru*	Rio Pará	Médio Rio Pará	Carmo do Cajuru	1936	2019	79	82	0%	sim	2500,0	-44,794	-20,181
40160000	Lamounier	Ribeirão Fartura ou Gama	Rio Itapecerica	Itapecerica	1938	1963	22	24	0%	não	157,0	-45,017	-20,467
40170000	Mariândia (Ponte BR-494)*	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica	Divinópolis	1965	2019	49	53	0%	sim	1040,0	-44,918	-20,217
40180000	Carmo da Mata	Ribeirão Boa Visanta / Córrego Folha Larga	Ribeirão Boa Vista	Carmo da Mata	1938	1980	34	35	15%	não	188,0	-44,85	-20,55
40185000	Pari*	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica	Divinópolis	1973	2019	44	46	0%	sim	1910,0	-44,893	-20,185
40190002	Divinópolis	Rio Itapecerica	Rio Itapecerica	Divinópolis	1936	1977	30	30	20%	não	1960,0	-44,883	-20,15
40270000	Itaúna	Rio São João	Rio São João	Itaúna	1938	1974	8	8	76%	não	288,0	-44,567	-20,083
40269900	Itaúna Montante*	Rio São João	Rio São João	Itaúna	1976	2019	40	41	2%	sim	338,0	-44,582	-20,067
40300000	Jaguaruna	Rio São João	Rio São João	Onça de Pitangui	1938	1976	33	36	3%	não	1490,0	-44,8	-19,767
40300001	Jaguaruna Jusante*	Rio São João	Rio São João	Conceição do Pará	1976	2019	41	42	0%	sim	1560,0	-44,818	-19,744
40330000	Velho da Taipa*	Rio Pará	Baixo Rio Pará	Conceição do Pará	1938	2019	80	80	0%	sim	7350,0	-44,931	-19,694
40350000	Usina Camarão	Rio Lambari	Rio Lambari	Pedra do Indaiá	1938	1989	39	39	23%	não	274,0	-45,15	-20,267
40380000	Araújos	Rio Lambari	Rio Lambari	Araújos	1939	1981	39	39	3%	não	1250,0	-45,133	-19,933
40400000	Estação Álvaro da Silveira*	Rio Lambari	Rio Lambari	Bom Despacho	1935	2019	70	75	8%	sim	1820,0	-45,117	-19,754
40450000	Porto Pará	Rio Pará	Baixo Rio Pará	Pompéu	1939	1965	13	20	8%	não	11200,0	-45,067	-19,3
40500000	Martinho Campos*	Rio Picão	Rio Picão	Martinho Campos	1965	2019	48	50	2%	não	769,0	-45,221	-19,332
40505000	Abaixo Usina Pari	Rio Picão	Rio Picão	Martinho Campos	1944	1965	19	21	5%	não	887,0	-45,133	-19,3

*Estações selecionadas para estimativa das vazões de referência



LEGENDA

- | | |
|--------------------|--|
| ○ Sede municipal | Estações de monitoramento fluviométrico |
| ▭ Limite municipal | ● Inoperante |
| ~ Curso d'água | ● Operante |
| Massa d'água | |
| CH SF2 - Rio Pará | |
| Sub-bacia | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 3.1 – Estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2.

3.1.2 Estimativa das principais vazões de referência para os principais cursos de água da bacia – vazão $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlt}

Seguindo as análises realizadas para a bacia, foram selecionadas as estações com menores índices de falhas, maiores séries históricas e que se encontram em operação, com abrangência nos principais corpos hídricos da bacia. A essas estações foi agregada a estação Martinho Campos no rio Picão que, apesar de ser apresentada no SNIRH como inoperante, tem dados disponíveis até 2019 e série de 50 anos de dados com baixo percentual de falhas. Além disso, agrega informações a outro curso de água relevante para a bacia.

As vazões de referência foram calculadas para as estações em questão com base nas séries históricas disponíveis e têm suas informações apresentadas no Quadro 3.2 em termos de vazões $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlt} , além de seus rendimentos específicos por área de drenagem.

Na sequência, os resultados obtidos foram comparados com as informações dos planos já desenvolvidos e que também calcularam vazões de referência para a bacia como é o caso do PRHSF e do PDRH Pará. Mesmo que tenham utilizado informações de séries históricas com menor período de tempo, é importante seu uso como base de comparação com os resultados obtidos com as séries mais completas, de forma a verificar as tendências para os últimos anos, ressaltando-se, inclusive, a crise hídrica ocorrida na bacia hidrográfica do rio São Francisco no período de 2014-2018 e que também foi sentida na bacia do rio Pará.

O PDRH Pará apresentou resultados para as vazões de referência de acordo com o exposto no Quadro 3.3 para as mesmas estações adotadas no presente estudo. De uma forma geral, nota-se coerência nos valores de vazões médias de longo termo, com uma leve redução nos rendimentos específicos com a extensão das séries até o ano de 2019. No caso das vazões mínimas com 95% de permanência no tempo e $Q_{7,10}$, observa-se uma queda mais sensível, o que pode ser reflexo das vazões escoadas no período de crise hídrica nos últimos anos na bacia que apresentaram valores bastante baixos e que, com isso, influenciam mais fortemente as estimativas de vazões de referência mínimas.

Na sequência, o PRHSF apresentou, para a bacia hidrográfica do rio Pará, os índices de vazões de referência expostos no Quadro 3.4, calculados e expostos naquele plano apenas para a bacia do rio Pará como um todo. Seus valores podem ser comparados com os resultados da estação Velho da Taipa (40330000) que é a mais a jusante no rio Pará, sendo mostrados como bastante coerentes, principalmente no que se refere às vazões mínimas, em que o presente estudo estimou rendimento específico com 95% de permanência em 3,5 L/s.km² e o PRHSF apresentou 3,4 L/s.km². Da mesma forma para a Q_{7,10}, o rendimento específico foi adotado como 3,0 L/s.km² no presente estudo e 2,9 no PRHSF para a bacia do rio Pará como um todo.

Quadro 3.2 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2

Código	Nome	Rio	Área de drenagem (km ²)	Q _{mt} (m ³ /s)	Rendimento Específico Médio (L/s.km ²)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Rendimento Específico 95 (L/s.km ²)	Q _{7,10} (m ³ /s)	Rendimento Específico 7,10 (L/s.km ²)
40150000	Carmo do Cajuru	Rio Pará	2.500	35,811	14,3	11,752	4,7	8,663	3,5
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	Rio Itapecerica	1.040	14,269	13,7	2,477	2,4	1,629	1,6
40185000	Pari	Rio Itapecerica	1.910	25,600	13,4	4,792	2,5	3,483	1,8
40269900	Itaúna Montante	Rio São João	338	4,198	12,4	0,615	1,8	1,007	3,0
40300001	Jaguaruna Jusante	Rio São João	1.560	18,395	11,8	3,064	2,0	3,281	2,1
40330000	Velho da Taipa	Rio Pará	7.350	97,845	13,3	25,891	3,5	21,760	3,0
40400000	Estação Álvaro da Silveira	Rio Lambari	1.820	25,183	13,8	5,334	2,9	4,434	2,4
40500000	Martinho Campos	Rio Picão	769	7,497	9,8	0,813	1,1	1,142	1,5

Fonte: Dados básicos do SNIRH

Elaboração: Engecorps (2021).

Quadro 3.3 – Vazões de referência das estações de monitoramento fluviométrico na CH SF2 conforme PDRH Pará de 2008.

Código	Nome	Rio	Área de drenagem (km ²)	Qmlt (m ³ /s)	Rendimento Específico Médio (L/s.km ²)	Q95 (m ³ /s)	Rendimento Específico 95 (L/s.km ²)	Q7,10 (m ³ /s)	Rendimento Específico 7,10 (L/s.km ²)
40150000	Carmo do Cajuru	Rio Pará	2.500	35,7	14,3	14,7	5,9	7,8	3,1
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	Rio Itapeçerica	1.040	14,7	14,1	3,7	3,6	2,4	2,3
40185000	Pari	Rio Itapeçerica	1.910	27,9	14,6	7,3	3,8	4,6	2,4
40269900	Itaúna Montante	Rio São João	338	4,5	13,3	2,3	6,8	2,3	6,8
40300001	Jaguaruna Jusante	Rio São João	1.560	21,8	14,0	5,8	3,7	4,2	2,7
40330000	Velho da Taipa	Rio Pará	7.350	107,1	14,6	30,4	4,1	23,6	3,2
40400000	Álvaro da Silveira	Rio Lambari	1.820	26,4	14,5	7,2	4,0	4,4	2,4
40500000	Martinho Campos	Rio Picão	769	8,2	10,7	2,4	3,1	1,3	1,7

Fonte: PDRH Pará – Tese (2008)

Quadro 3.4 – Vazões de referência calculadas para a bacia hidrográfica do rio Pará como um todo no PRHSF.

Índice	Série de dados	Vazão (m ³ /s)	Rendimento específico (L/s.km ²)
Q _{média}	1931 a 2001	168,0	13,3
	1931 a 2013	154,7	12,2
Q ₉₅	1931 a 2001	38,8	3,1
	1931 a 2013	43,0	3,4
Q _{7,10}	1931 a 2001	36,0	2,8
	1931 a 2013	36,3	2,9

Fonte: PRHSF (2016)¹²

4. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS USOS E INTERFERÊNCIAS NA BACIA – ÁGUAS SUPERFICIAIS

4.1 CADASTRO DE OUTORGAS – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

4.1.1 Águas Superficiais

Para esta análise, inicialmente foram levantadas informações junto ao site do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) sobre outorgas de águas superficiais emitidas pela ANA para os corpos de água de domínio da União. Nessa análise não foi identificada nenhuma outorga emitida pela ANA, notadamente por não ter corpos hídricos de domínio da União nesta bacia.

Em seguida, foi utilizada a base de outorgas disponibilizada pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas para análise de outorgas de águas de domínio do Estado de Minas Gerais. A base de dados foi analisada e sistematizada por sub-bacia, sendo apresentado o total obtido no Quadro 4.1. A base de dados não teve análise específica neste momento por finalidade de uso, uma vez que as informações apresentadas pelo IGAM mostram várias finalidades de uso para cada outorga, não sendo possível identificar o uso principal em relação a aspectos quantitativos. Nesse sentido, como exemplo, há outorgas que, ao mesmo tempo, apresentam como finalidade o uso para dessedentação animal, consumo humano, aquicultura e paisagismo, não sendo possível identificar qual seria a principal demanda em termos

¹² <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/>

quantitativos. Essas análises serão realizadas, entretanto, no subitem que trata da identificação dos usos preponderantes e mais restritivos, como será exposto mais adiante neste documento, assim como será explanada a metodologia adotada. De toda forma, trata-se de um ponto de sugestão de melhoria para a base de dados do IGAM, em que poderia ser relevante apresentar um campo extra relacionando o uso principal, como ocorre na base de dados de outorgas da ANA.

Além das outorgas superficiais convencionais, o IGAM disponibilizou, também, a relação de outorgas coletivas, que consiste na emissão de uma outorga única para todos os usuários de uma área onde fora emitida uma Declaração de Área de Conflito. As outorgas coletivas são apresentadas também no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Número de outorgas e vazões outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia bacia do rio Pará, para águas superficiais

Macro divisão	Sub-bacia	Nº de outorgas			Vazão máxima (m³/s)			Vazão média por outorga (m³/s)
		Superficiais	Superficiais coletivas	Total	Outorga superficial	Outorga superficial coletiva	Total	
Alto Pará	Alto Rio Pará	39	-	39	0,322	-	0,322	0,008
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	21	-	21	0,119	-	0,119	0,006
	Rio Itapecerica	22	-	22	0,307	-	0,307	0,014
	Médio Rio Pará	47	-	47	0,671	-	0,671	0,014
Baixo Pará	Rio São João	45	-	45	0,574	-	0,574	0,013
	Ribeirão da Paciência	2	7	9	-	0,128	0,128	0,014
	Rio Lambari	58	-	58	0,668	-	0,668	0,012
	Rio do Peixe	6	-	6	0,061	-	0,061	0,010
	Rio Picão	14	9	23	0,180	0,189	0,369	0,016
	Baixo Rio Pará	67	-	67	2,271	-	2,271	0,034
Total		321	16	337	5,173	0,317	5,489	0,016

Dentre as sub-bacias consideradas, destaca-se a porção do rio Pará, com cerca de 60% do total outorgado na bacia, sendo 41% na sub-bacia do Baixo Rio Pará, possivelmente em função de ser o rio principal e, com isso, apresentar maior disponibilidade hídrica para captação de água. Na sequência, sub-bacias dos rios São João e Lambari também apresentam montantes relevantes de demandas outorgadas, acima de 0,500m³/s.

4.1.2 Águas Subterrâneas

A análise de outorgas de águas subterrâneas seguiu procedimento análogo ao de águas superficiais, neste caso considerando que todas são emitidas pelo IGAM, em função da dominialidade estadual. Suas informações foram também sistematizadas por sub-bacia, sendo apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Vazões máximas outorgadas pelo IGAM, por sub-bacia na bacia hidrográfica do rio Pará, para águas subterrâneas

Macro divisão	Sub-bacia	Nº outorgas	Vazão máxima (m ³ /h)
Alto Pará	Alto Rio Pará	46	294,956
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	49	203,776
	Rio Itapecerica	66	493,029
	Médio Rio Pará	108	443,749
Baixo Pará	Rio São João	148	1.618,892
	Ribeirão da Paciência	98	632,456
	Rio Lambari	50	312,215
	Rio do Peixe	23	461,130
	Rio Picão	30	199,075
	Baixo Rio Pará	35	322,677
Não identificado*		1	7,840
Total		654	4.989,795

*Outorga sem coordenadas de localização

Tratando dos usos de águas subterrâneas autorizados, destaque é dado para as sub-bacias do rio São João e do Médio Rio Pará, que apresentam 23% e 17%, respectivamente, do total autorizado na bacia, sendo motivo de atenção quanto ao uso e comprometimento de sua disponibilidade.

4.1.3 Usos Insignificantes

O IGAM disponibilizou, ainda, base de usos da água considerados insignificantes, que tratam, para águas superficiais, daqueles com vazão igual ou inferior a 1,0 L/s e, para águas subterrâneas, de demandas inferiores a 10m³/dia. Essas bases também foram sintetizadas e estão expostas no Quadro 4.3 para as demandas de águas superficiais e no Quadro 4.4 para as demandas de águas subterrâneas.

De uma forma geral, observa-se uma vazão considerável de demandas consideradas como uso insignificante na bacia, com mais de 1,0m³/s de águas superficiais e de águas subterrâneas como cadastros de usos insignificantes.

Quadro 4.3 – Usos insignificantes de águas superficiais, por sub-bacia, na bacia do rio Pará

Macro divisão	Sub-bacia	Nº cadastros	Vazão máxima (L/s)
Alto Pará	Alto Rio Pará	419	143,667
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	156	35,892
	Rio Itapecerica	239	73,449
	Médio Rio Pará	600	224,861
Baixo Pará	Rio São João	281	133,528
	Ribeirão da Paciência	366	181,119
	Rio Lambari	557	186,721
	Rio do Peixe	89	50,954
	Rio Picão	88	64,169
	Baixo Rio Pará	123	93,170
Não identificado*		8	2,680
Total		2926	1.190,210

*Cadastro de uso insignificante sem coordenadas de localização

Quadro 4.4 – Usos insignificantes de águas subterrâneas, por sub-bacia, na bacia do rio Pará

Macro divisão	Sub-bacia	Nº cadastros	Vazão máxima (m ³ /h)
Alto Pará	Alto Rio Pará	348	299,332
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	122	141,176
	Rio Itapecerica	507	781,093
	Médio Rio Pará	807	930,004
Baixo Pará	Rio São João	429	478,764
	Ribeirão da Paciência	376	370,8065
	Rio Lambari	605	1.133,714
	Rio do Peixe	70	117,777

Macro divisão	Sub-bacia	Nº cadastros	Vazão máxima (m³/h)
	Rio Picão	182	283,849
	Baixo Rio Pará	155	158,825
Não identificado*		7	5,340
Total		3608	4.700,681

*Cadastro de uso insignificante sem coordenadas de localização

O Quadro 4.5 e o Quadro 4.6 a seguir apresentam uma síntese dos valores anteriormente apresentados de vazões outorgadas e cadastradas como uso insignificante, para águas superficiais e subterrâneas.

Quadro 4.5 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas superficiais

Macro divisão	Sub-bacia	Vazão máxima (m³/s)			
		Outorgas Superficiais	Outorgas Coletivas	Usos Insignificantes superficiais	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,322	-	0,144	0,466
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,119	-	0,036	0,155
	Rio Itapecerica	0,307	-	0,073	0,380
	Médio Rio Pará	0,671	-	0,225	0,896
Baixo Pará	Rio São João	0,574	-	0,134	0,708
	Ribeirão da Paciência	-	0,128	0,181	0,309
	Rio Lambari	0,668	-	0,187	0,855
	Rio do Peixe	0,061	-	0,051	0,112
	Rio Picão	0,180	0,189	0,064	0,433
	Baixo Rio Pará	2,271	-	0,093	2,364
Não identificado*		-	-	0,003	0,003
Total		5,173	0,317	1,190	6,680
Porcentagem		77,4%	4,7%	17,8%	100%

*Cadastro de uso insignificante sem coordenadas de localização

Quadro 4.6 – Síntese das vazões outorgadas e cadastradas (usos insignificantes), para águas subterrâneas

Macro divisão	Sub-bacia	Vazão máxima (m³/s)		
		Outorgas subterrâneas	Usos Insignificantes subterrâneos	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,082	0,083	0,165
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,057	0,039	0,096
	Rio Itapecerica	0,137	0,217	0,354

Macro divisão	Sub-bacia	Vazão máxima (m ³ /s)		
		Outorgas subterrâneas	Usos Insignificantes subterrâneos	Total
	Médio Rio Pará	0,123	0,258	0,382
Baixo Pará	Rio São João	0,450	0,133	0,583
	Ribeirão da Paciência	0,176	0,103	0,279
	Rio Lambari	0,087	0,315	0,402
	Rio do Peixe	0,128	0,033	0,161
	Rio Picão	0,055	0,079	0,134
	Baixo Rio Pará	0,090	0,044	0,134
Não identificado*		0,002	0,001	0,004
Total		1,386	1,306	2,692
Porcentagem		51,5%	48,5%	100%

*Outorga ou cadastro de usos insignificante sem coordenadas de localização

Especificamente para as águas superficiais, observa-se que o montante de autorizações de uso insignificante de águas superficiais refere-se a quase 18% do total outorgado, o que mostra necessidade de atenção com tais usos, uma vez que os usos insignificantes podem estar comprometendo de forma relevante a disponibilidade hídrica das sub-bacias em que encontram-se autorizados. Em sub-bacias como a do Ribeirão da Paciência, destaca-se que o total de usos insignificantes corresponde a quase 60% do total outorgado, motivo de preocupação naquela sub-bacia.

No caso de águas subterrâneas, verifica-se que o total considerado como uso insignificante corresponde a quase 50% do total outorgado na bacia para a mesma modalidade de uso, o que se mostra preocupante, sendo relevante discutir alternativas de revisão do critério de uso insignificante.

Com relação ao comparativo entre outorgas superficiais e subterrâneas, pode-se notar que a grande parte das outorgas concedidas são de águas subterrâneas, que correspondem a quase 70% do total de outorgas. Em termos de vazão, porém, o total outorgado de águas superficiais é quase 4 vezes maior que a vazão total de outorgas subterrâneas, correspondendo a cerca de 80% da vazão outorgada. Considerando-se

também os usos insignificantes, a relação de vazões de fontes superficiais e subterrâneas é de cerca de 2,5 para 1.

4.2 DEMANDAS DE USOS CONSUNTIVOS – ÁGUAS SUPERFICIAIS

Para estimativa das demandas de usos consuntivos por sub-bacia, foram tomados por base os seguintes estudos e bases de dados:

- Demanda Hídrica Total e Setorial por Microbacia – 2017 (ANA);
- Evaporação Líquida de Reservatórios Artificiais – 2017 (ANA);
- Base hidrográfica por sub-bacias, 2009 (IGAM).

As vazões de retirada, consumo e retorno adotadas da publicação da ANA de usos consuntivos foram sistematizadas por finalidade e por sub-bacia, sendo o ano de referência 2017. As demandas consideradas pela base da ANA são consumo humano urbano e rural, indústria de transformação, mineração, geração termelétrica, dessedentação animal, agricultura irrigada e evaporação nas superfícies de reservatórios artificiais.

A metodologia da ANA consiste na adoção de coeficientes técnicos atrelados a variáveis inventariadas, obtidos de fontes como o IBGE, o SNIS, a ONS, a CNAE, a própria ANA (estudos anteriores) e também de normas, como a ABNT, dentre outros.

Assim, para cálculo das demandas para consumo humano urbano, por exemplo, é calculado ou adotado o consumo per capita médio diário, associado à população de determinado município, além da adoção de coeficiente de retorno recomendado em norma (NBR 9649). Para consumo humano rural, é adotado o consumo médio per capita da literatura e o mesmo coeficiente de retorno.

Para dessedentação animal, consideram-se os consumos médios diários por cabeça, para os diferentes tipos de rebanhos (bovino, bubalino, caprino, suíno, aves, etc) constantes na literatura e as estimativas do número de cabeças.

Para indústria de transformação, consideram-se coeficientes de retirada (em litros/empregado/dia) e porcentagens de consumo de acordo com as tipologias de indústrias, associados ao número de empregados obtidos de bases censitárias.

Para a mineração, são utilizados coeficientes de volume de água necessário para extração dos diversos tipos de minério e respectivas porcentagens de consumo, associado à produção mineral.

Para irrigação, são considerados parâmetros associados ao clima (evapotranspiração e precipitação), à cultura (tipo, ciclos, calendário de colheita e área irrigada) e ao sistema de irrigação (eficiência e perdas por evaporação e/ou arraste), que permitem o cálculo das vazões de retirada e de retorno.

Para termoelectricidade, o consumo de água está associado ao ciclo termodinâmico e ao sistema de resfriamento adotado em cada usina termelétrica, de modo que há parâmetros de volume de água de retirada por kWh produzido, com respectivas porcentagens de consumo, obtidos da literatura que associados ao inventário de usinas existentes no país, dão as vazões de retirada e consumo para este setor.

Por fim, para estimativa do volume de retirada por evaporação em reservatórios, são utilizados no estudo da ANA modelos matemáticos que têm como dados de entrada a altitude e latitude do local, os valores de temperatura média, umidade relativa, precipitação anual média e insolação. No caso da evaporação, é considerado que a vazão de consumo é igual à vazão de retirada, portanto retorno nulo.

Para cálculo das demandas por sub-bacia, foram consideradas as vazões por ottobacias (Microbacias) estimadas pela publicação da ANA, sendo cada uma dessas ottobacias classificadas nas sub-bacias integrantes da CH SF2. Para isso, foram intersectados os mapas de ottobacias da ANA com o de sub-bacias do IGAM. Para as ottobacias divididas em mais de uma sub-bacia, calculou-se a porcentagem, em área, da ottobacia incidente em cada uma das sub-bacias e foi classificada a ottobacia na sub-bacia onde se encontra a sua maior proporção.

As informações são sistematizadas no Quadro 4.7 para as demandas de retiradas, no Quadro 4.8 para os consumos e no Quadro 4.9 para os retornos. Vale destacar que a base de usos consuntivos da ANA não discrimina as informações entre uso de águas superficiais ou subterrâneas, considerando sua metodologia de cálculo.

A análise das informações apresentadas mostra uma característica de divisão dos montantes de forma próxima entre quatro finalidades distintas, sendo o consumo humano urbano responsável por 28% das retiradas, a agricultura irrigada tratando de 25% das retiradas, 19% para indústria de transformação e 17% para dessedentação animal.

Os destaques em termos de sub-bacias podem ser dados para as bacias dos rios Picão e Pará em termos de usos para agricultura irrigada e rios Lambari e Itapecerica em usos para abastecimento humano urbano. Para demanda industrial, os destaques são para as bacias dos rios Pará e Itapecerica e, no caso da dessedentação animal, nas sub-bacias dos rios Pará e Lambari.

Uma análise comparativa entre as vazões outorgadas e cadastradas com as demandas estimadas pela ANA seria de grande valia. Porém, a comparação numérica entre o Quadro 4.5 e Quadro 4.6 do capítulo anterior com o Quadro 4.7 a seguir não é válida, uma vez que as outorgas e os cadastros de usos insignificantes são em termos de vazões máximas, enquanto as demandas estimadas pela ANA são em termos de vazão média. Para tornar possível esta análise, seria necessário ter disponíveis informações de vazões médias de outorgas e cadastros, o que não consta das bases de dados de outorgas.

Quadro 4.7 – Vazões de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2

Macro divisão	Sub bacia	Consumo Humano Urbano		Consumo Humano Rural		Indústria de Transformação		Mineração		Geração Termelétrica		Dessedentação Animal		Agricultura Irrigada		Evaporação em Reservatórios		Total	
		Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%	Vazão de retirada (m³/s)	%
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,0614	22%	0,0175	6%	0,0195	7%	0,0198	7%	0,0000	0%	0,1058	37%	0,0611	21%	0,0000	0%	0,2850	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,1396	47%	0,0073	2%	0,0370	13%	0,0023	1%	0,0000	0%	0,0670	23%	0,0414	14%	0,0000	0%	0,2945	5%
	Rio Itapecerica	0,4541	50%	0,0109	1%	0,2519	28%	0,0042	0%	0,0289	3%	0,0977	11%	0,0585	6%	0,0000	0%	0,9062	16%
	Médio Rio Pará	0,2334	23%	0,0227	2%	0,2776	27%	0,0076	1%	0,0173	2%	0,1308	13%	0,0808	8%	0,2426	24%	1,0129	17%
Baixo Pará	Rio São João	0,3341	36%	0,0147	2%	0,1052	11%	0,0602	6,5%	0,0000	0%	0,1160	13%	0,2241	24%	0,0668	7,2%	0,9212	16%
	Ribeirão da Paciência	0,1499	57%	0,0041	2%	0,0902	34%	0,0016	1%	0,0000	0%	0,0001	0%	0,0163	6%	0,0000	0%	0,2622	5%
	Rio Lambari	0,1040	21%	0,0163	3%	0,0668	13%	0,0016	0%	0,0000	0%	0,2017	40%	0,1121	22%	0,0038	1%	0,5064	9%
	Rio do Peixe	0,0179	14%	0,0037	3%	0,0038	3%	0,0004	0%	0,0000	0%	0,0465	36%	0,0580	45%	0,0000	0%	0,1303	2%
	Rio Picão	0,1097	15%	0,0033	0%	0,0335	4%	0,0002	0%	0,0000	0%	0,0972	13%	0,5030	67%	0,0044	1%	0,7512	13%
	Baixo Rio Pará	0,1310	18%	0,0095	1%	0,2061	28%	0,0066	1%	0,0000	0%	0,0884	12,0%	0,2870	39%	0,0056	1%	0,7341	13%
Total		1,7352	30%	0,1100	2%	1,0916	19%	0,1044	2%	0,0462	1%	0,9512	16%	1,4423	25%	0,3231	6%	5,8040	100%

Quadro 4.8 – Vazões Consumidas, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2

Macro divisão	Sub bacia	Vazão Consumida (m³/s)								Total
		Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,0123	0,0140	0,0052	0,0062	0,0000	0,0722	0,0509	0,0000	0,1608
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,0279	0,0058	0,0098	0,0011	0,0000	0,0465	0,0379	0,0000	0,1290
	Rio Itapecerica	0,0908	0,0087	0,0532	0,0020	0,0002	0,0674	0,0538	0,0000	0,2762
	Médio Rio Pará	0,0467	0,0182	0,0589	0,0036	0,0001	0,0900	0,0675	0,2426	0,5276
Baixo Pará	Rio São João	0,0668	0,0117	0,0256	0,0168	0,0000	0,0798	0,2000	0,0668	0,4675
	Ribeirão da Paciência	0,0300	0,0033	0,0207	0,0007	0,0000	0,0000	0,0151	0,0000	0,0698
	Rio Lambari	0,0208	0,0130	0,0139	0,0008	0,0000	0,1383	0,1022	0,0038	0,2928
	Rio do Peixe	0,0036	0,0030	0,0008	0,0002	0,0000	0,0324	0,0479	0,0000	0,0878
	Rio Picão	0,0219	0,0026	0,0082	0,0001	0,0000	0,0664	0,4431	0,0044	0,5467
	Baixo Rio Pará	0,0262	0,0076	0,0541	0,0032	0,0000	0,0614	0,2505	0,0056	0,4086
Total		0,3470	0,0880	0,2503	0,0347	0,0004	0,6544	1,2689	0,3231	2,9668

Quadro 4.9 – Vazões de Retorno, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2

Macro divisão	Sub bacia	Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Vazão de Retorno (m³/s)						Total
				Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,0491	0,0035	0,0142	0,0136	0,0000	0,0336	0,0101	0,0000	0,1242
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,1117	0,0015	0,0272	0,0012	0,0000	0,0205	0,0035	0,0000	0,1655
	Rio Itapecerica	0,3633	0,0022	0,1988	0,0022	0,0287	0,0303	0,0046	0,0000	0,6300
	Médio Rio Pará	0,1867	0,0045	0,2188	0,0039	0,0172	0,0408	0,0133	0,0000	0,4853
Baixo Pará	Rio São João	0,2673	0,0029	0,0796	0,0434	0,0000	0,0362	0,0242	0,0000	0,4537
	Ribeirão da Paciência	0,1199	0,0008	0,0696	0,0008	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,1924
	Rio Lambari	0,0832	0,0033	0,0529	0,0009	0,0000	0,0634	0,0099	0,0000	0,2135
	Rio do Peixe	0,0143	0,0007	0,0030	0,0002	0,0000	0,0141	0,0101	0,0000	0,0425
	Rio Picão	0,0877	0,0007	0,0253	0,0001	0,0000	0,0308	0,0599	0,0000	0,2045
	Baixo Rio Pará	0,1048	0,0019	0,1519	0,0034	0,0000	0,0270	0,0364	0,0000	0,3255
Total		1,3881	0,0220	0,8413	0,0697	0,0459	0,2967	0,1734	0,0000	2,8372

4.3 DEMANDAS DE USOS NÃO CONSUNTIVOS

Na CH SF2 são identificados empreendimentos hidrelétricos, sendo duas usinas hidrelétricas (UHEs) e 15 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e centrais geradora hidrelétrica (CGHs), apresentados no Sistema de Informações de Geração da ANEEL, cuja data base dos dados é 01 de agosto de 2021, conforme Quadro 4.10 e Figura 4.1. Além disso, há 4 PCHs em fase de estudos, também disponibilizadas no SIGA da ANEEL.

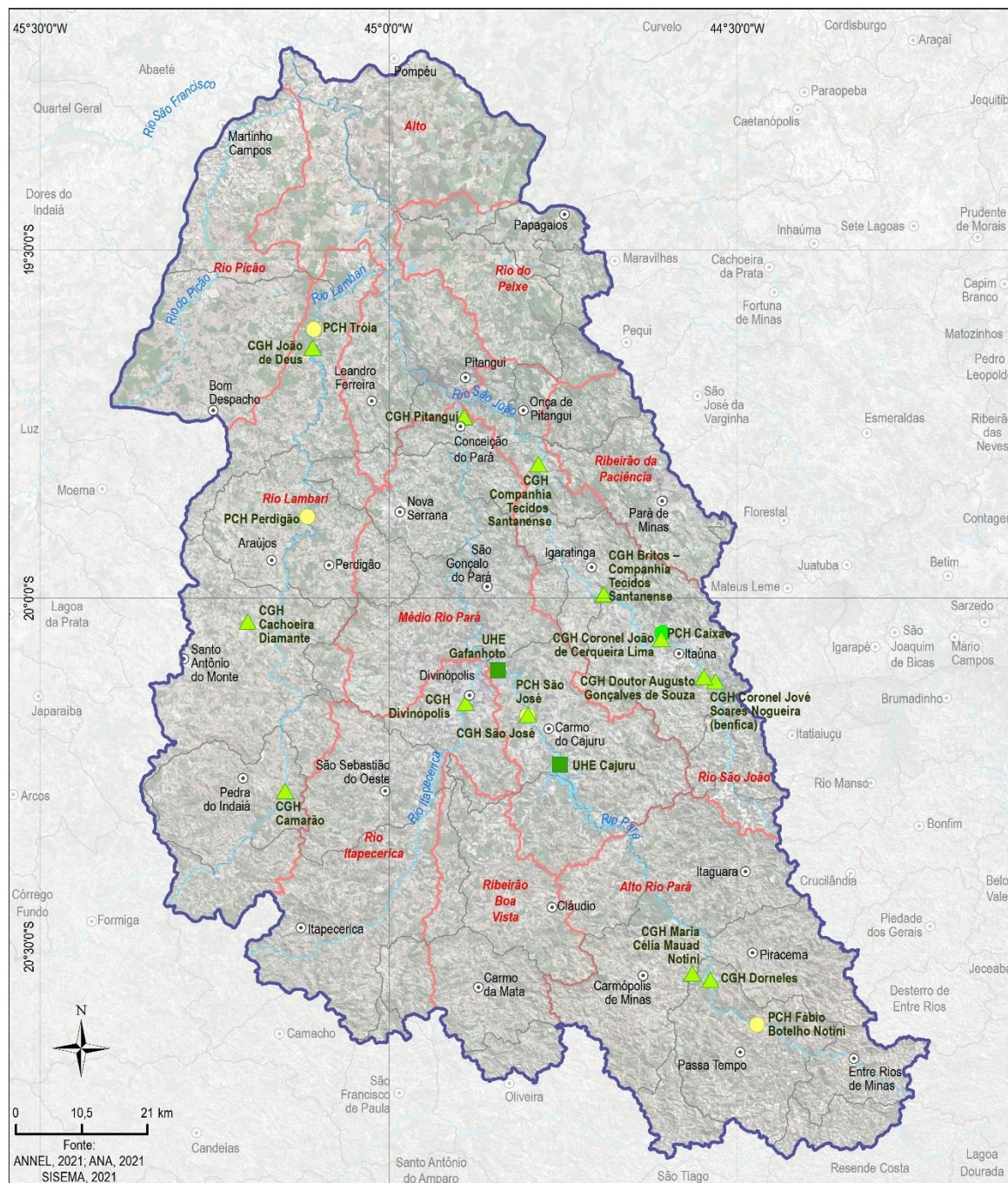
Quadro 4.10 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF2

	Empreendimento	Curso d'água	Sub-bacia	Município (s)	Potência outorgada (MW)
Empreendimento em operação	UHE Cajuru	Rio Pará	Médio Rio Pará	Carmo do Cajuru	7,200
	UHE Gafanhoto	Rio Pará	Médio Rio Pará	Divinópolis	14,000
	PCH Caixão	Rio São João	Rio São João	Itaúna	1,172
	CGH Britos – Companhia Tecidos Santanense	Rio São João	Rio São João	Igaratinga, Itaúna	0,626
	CGH Cachoeira Diamante	Ribeirão Diamante	Rio Lambari	Santo Antônio do Monte	0,500
	CGH Camarão	Rio Lambari	Rio Lambari	Pedra do Indaiá	0,910
	CGH Companhia Tecidos Santanense	Rio São João	Rio São João	Pará de Minas	1,472
	CGH Coronel João de Cerqueira Lima	Rio São João	Rio São João	Itaúna	1,500
	CGH Coronel Jové Soares Nogueira (benfica)	Rio São João	Rio São João	Itaúna	0,850
	CGH Divinópolis	Rio Itapeçerica	Rio Itapeçerica	Divinópolis	0,999
	CGH Dorneles	Rio Pará	Alto Rio Pará	Passa Tempo	4,770
	CGH Doutor Augusto Gonçalves de Souza	Rio São João	Rio São João	Itaúna	2,500
	CGH João de Deus	Rio Lambari	Rio Lambari	Bom Despacho	1,570
	CGH Maria Célia Mauad Notini	Ribeirão do Curral Recreio	Alto Rio Pará	Carmópolis de Minas, Passa Tempo	1,575
	CGH Pitanguí	Rio Pará	Médio Rio Pará	Conceição do Pará	1,456
	CGH Retiro do Indaiá	Rio Lambari	Rio Lambari	Bom Despacho	0,990
CGH São José	Rio Pará	Médio Rio Pará	Divinópolis	0,588	
Empreendimento em estudo	PCH Fábio Botelho Notini	Rio Pará	Alto Rio Pará	Passa Tempo	9,200
	PCH São José	Rio Pará	Médio Rio Pará	Divinópolis	7,200
	PCH Perdígão	Rio Lambari	Rio Lambari	Perdigão, Araújos	12,000

Empreendimento		Curso d'água	Sub-bacia	Município (s)	Potência outorgada (MW)
	PCH Tróia	Rio Lambari	Rio Lambari	Bom Despacho, Leandro Ferreira	6,300

Fonte: SIGA ANEEL (2021)

O PDRH da SF2 ainda apresenta como outro uso não consuntivo a navegação, embora bastante restrita, uma vez que os rios componentes da bacia possuem baixa navegabilidade. Apenas o rio principal possui alguma navegabilidade, para barcos de pequeno porte, na região do Baixo Pará.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Sub-bacia
- Aproveitamento energético**
- ▲ CGH em operação
- ▲ PCH em estudo
- PCH em operação
- UHE em estudo
- UHE em operação

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.1 – Aproveitamentos hidrelétricos na CH SF2.

4.4 ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES MAIS RESTRITIVOS

Para esta análise, foram utilizadas informações das outorgas de águas superficiais e subterrâneas, segundo sua distribuição espacial e suas diferentes finalidades de uso. Nesse sentido, a metodologia proposta foi a que segue:

- Outorgas estaduais coletivas:
 - Para outorgas que apresentam mais de uma finalidade, foi adotada a finalidade mais restritiva segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357/2005 e a DN – Deliberação Normativa Conjunta entre o Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, dentre outros aspectos¹³;
 - Para as finalidades “Consumo Agroindustrial” e “Consumo Industrial” foram classificadas como “Indústria e Mineração”.
 - Nessa análise, foram identificadas, quatro finalidades diferentes: Abastecimento Público, Consumo Humano, Irrigação e Indústria e Mineração.
- Outorgas estaduais superficiais e subterrâneas e Usos insignificantes superficiais e subterrâneos:
 - Para outorgas que apresentam mais de uma finalidade, foi adotada a finalidade mais restritiva segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN Conjunta do COPAM e CERH nº 01/2008;
 - As finalidades “Consumo Agroindustrial”, “Consumo Industrial” e “Extração mineral” foram classificadas como “Indústria e Mineração”;

¹³ Conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, os usos da água estão na seguinte ordem, do mais restritivo ao menos restritivo: 1 - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; 2 - Proteção das comunidades aquáticas; 3 - Recreação de contato primário; 4 - Aquicultura; 5 - Abastecimento para consumo humano; 6 - Recreação de contato secundário; 7 - Pesca; 8 - Irrigação; 9 - Dessedentação de animais; 10 - Navegação; 11 - Harmonia paisagística.

- As finalidades “Lavagem de Veículos”, “Paisagismo”, “Aspersão de vias”, “Contenção de sedimentos”, “Controle de cheias”, “Regularização de vazão”, “Transposição de corpo d’água”, “Desassoreamento ou limpeza”, “Disposição de rejeitos”, “Geração de energia”, “Recreação”, “Pesquisa mineral”, “Recirculação de água”, “Urbanização”, “Clarificação de água”, “Lançamento de efluentes”, “Disposição de rejeitos” e as outorgas sem finalidade identificada foram classificadas como “Outros/ Não identificado”.

Essa metodologia foi adotada em função da qualidade das águas dos corpos hídricos dever ser suficiente para atender às demandas mais restritivas em termos de qualidade, de acordo com os atos legais supracitados. Assim, nesse caso, mesmo que os usos outorgados apresentem mais de uma finalidade, foi adotada a mais restritiva em termos de qualidade e que deverá ser atendida de acordo com a classe a ser discutida e estabelecida em momento futuro deste estudo.

Foram consideradas, ao todo, sete finalidades diferentes: Abastecimento Público, Consumo Humano, Aquicultura, Irrigação, Dessedentação Animal, Indústria e Mineração e Outros/ Não Identificado.

Da Figura 4.2 até a Figura 4.4 é apresentada a localização das captações outorgadas, segundo tipo de outorga (estadual superficial, estadual superficial coletiva e estadual subterrânea) e por finalidade de uso, para cada uma das sub-bacias da CH SF2. A Figura 4.5 e a Figura 4.6 apresentam a distribuição das captações de usos insignificantes, superficiais e subterrâneos, respectivamente.

Como já exposto anteriormente, não há outorgas de águas de domínio da União nesta bacia.

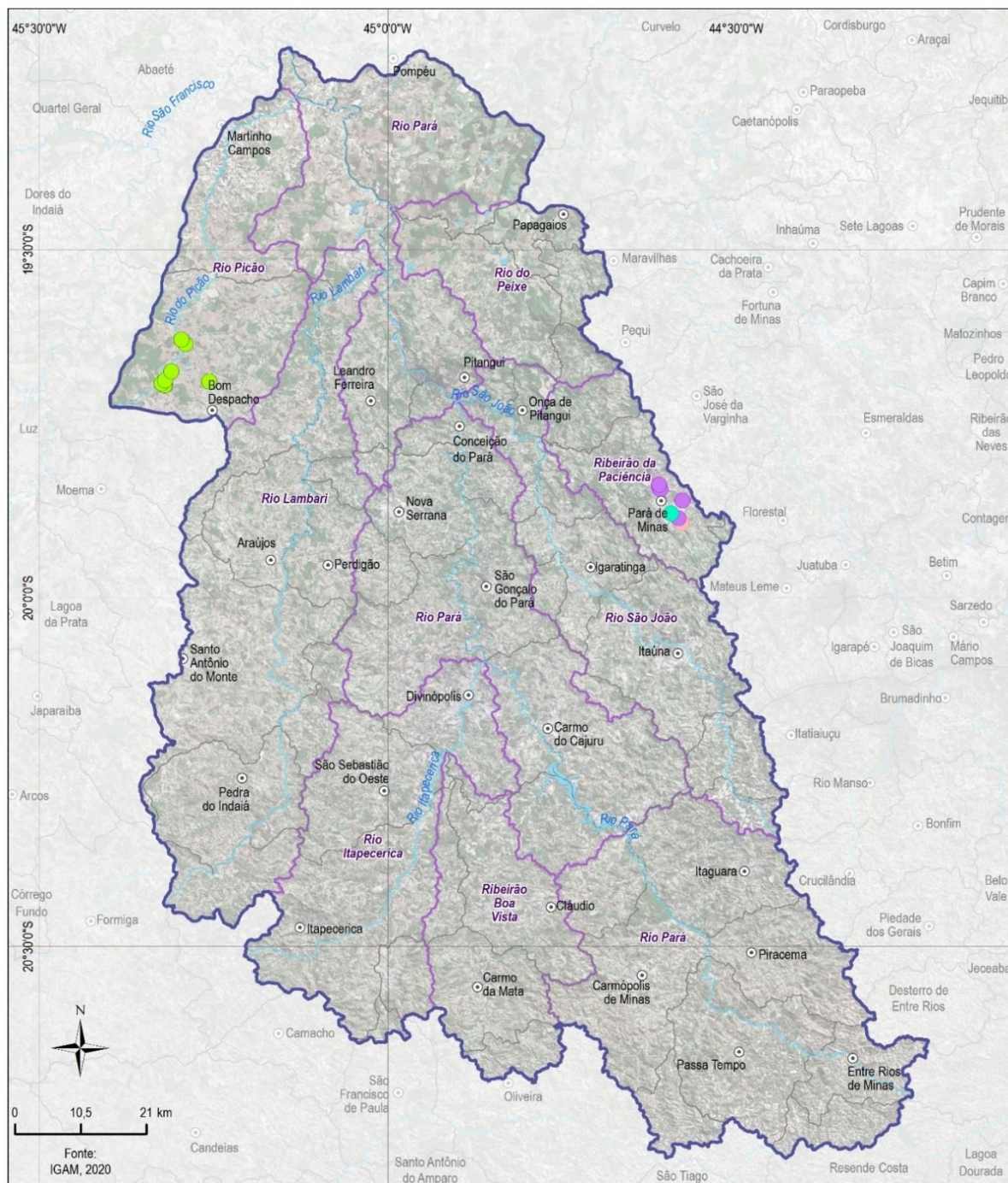
Com relação às outorgas estaduais coletivas, observa-se que estão concentradas nas sub-bacias do rio Picão e do ribeirão da Paciência, tendo como principal finalidade a Irrigação e a Indústria, respectivamente.

As outorgas de águas superficiais estão, em sua maior parte, localizadas na sub-bacia do Baixo rio Pará, com 21%, seguido pela sub-bacia do Rio Lambari, com 18%. A principal finalidade é a indústria e mineração (38%), seguido pela irrigação (25%).

Já com relação às outorgas estaduais de águas subterrâneas, estão bem distribuídas nas sub-bacias. A sub-bacia do rio São João é a que apresenta a maior quantidade de outorgas emitidas (23%), seguido pela sub-bacia do Médio rio Pará (17%). Com relação à finalidade, a principal é o consumo humano, que concentra 61%, seguido pela indústria e mineração (22%).

Os registros de usos insignificantes na CH SF2 estão concentrados na sub-bacia do Médio rio Pará, tanto para as captações superficiais (21%) como para as subterrâneas (22%), seguido pela sub-bacia do Rio Lambari, com 19% e 17%, respectivamente para águas superficiais e subterrâneas. Com relação às principais finalidades, os registros estão bem distribuídos nas captações superficiais, destacando-se a dessedentação animal (38%), a irrigação (15%), o consumo humano (14%) e a aquicultura (14%). Já nas captações subterrâneas as finalidades estão altamente concentradas para o uso com a finalidade de consumo humano (84%), seguido da dessedentação animal (9%).

Vale destacar, novamente, que a presente análise foi feita considerando-se os usos preponderantes mais restritivos, ou seja, os principais usos em termos de demandas de qualidade da água, uma vez que o presente estudo trata do enquadramento dos corpos de água em classes. Ademais, uma análise quantitativa seria também interessante, porém, assim como exposto anteriormente, fica registrado o fato das bases de dados de outorgas ou cadastros não separarem as demandas quantitativas por finalidade de uso e, assim, tal análise não é possível de ser realizada.



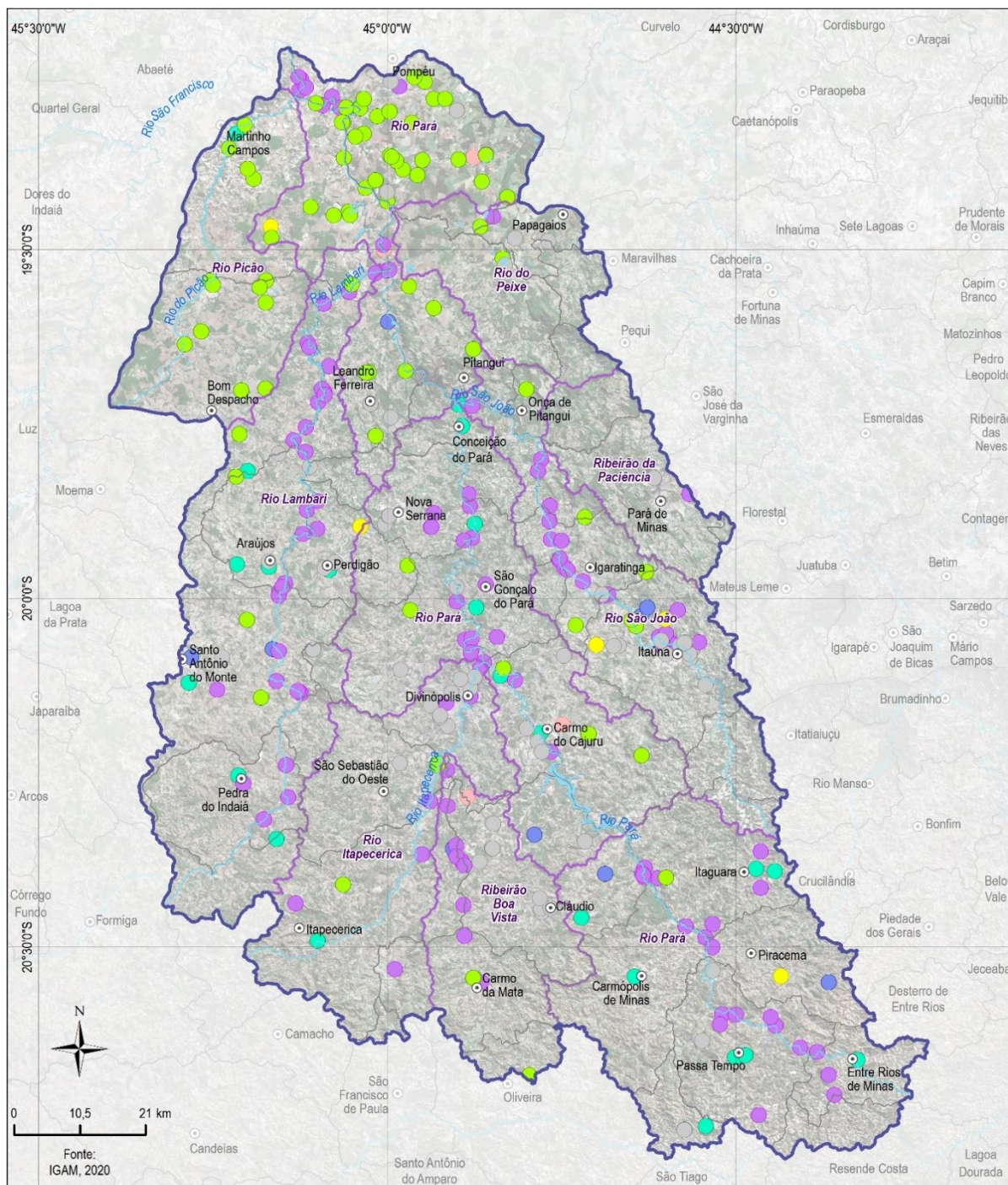
LEGENDA

- | | | | |
|---|-------------------|---|-----------------------|
| ○ | Sede municipal | ● | Outorgas coletivas |
| □ | Limite municipal | ● | Abastecimento Público |
| — | Curso d'água | ● | Consumo humano |
| — | Massa d'água | ● | Indústria e Mineração |
| — | CH SF2 - Rio Pará | ● | Irrigação |
| — | Sub-bacia | | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.2 – Espacialização das outorgas de águas estaduais superficiais coletivas na CH SF2.



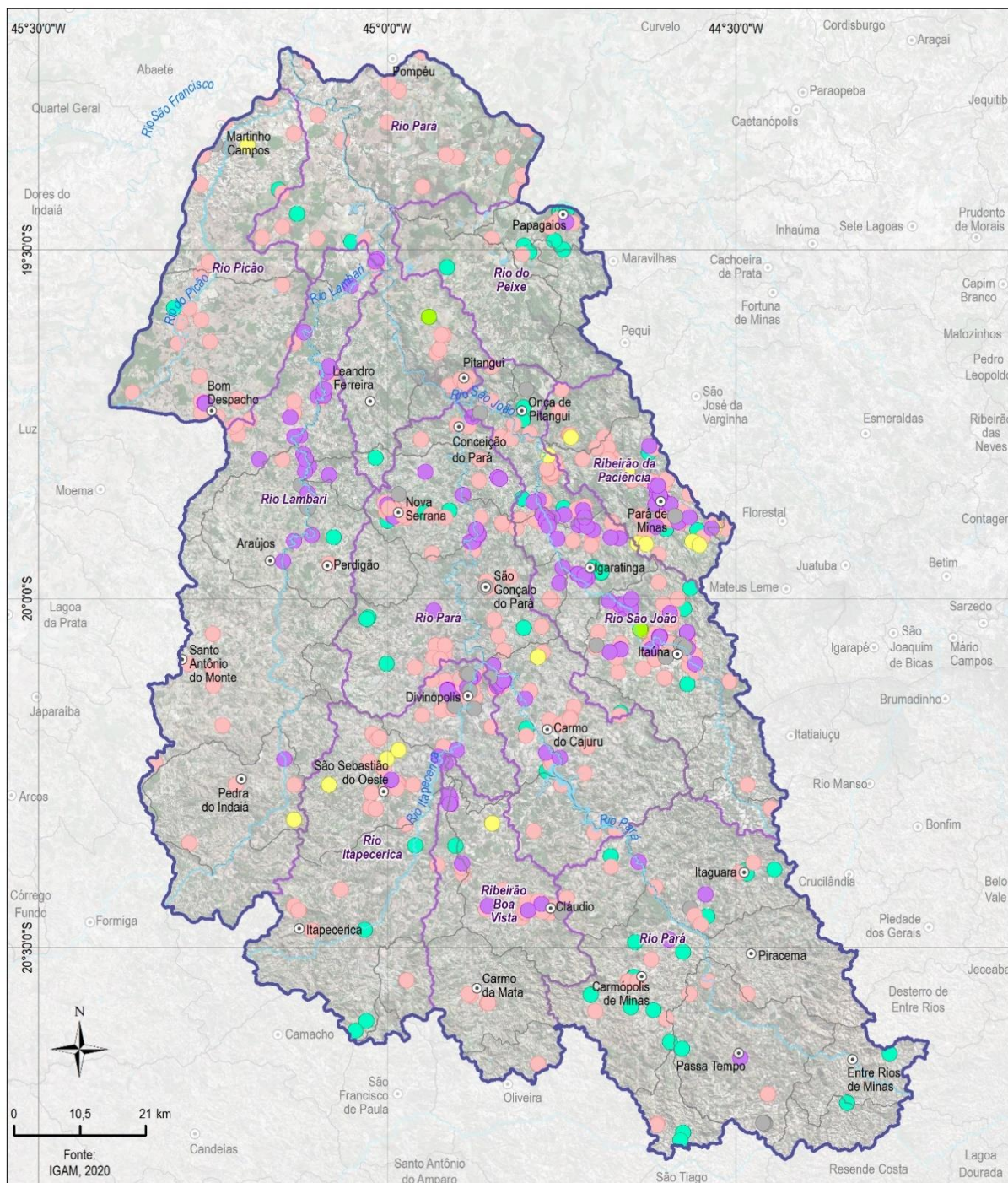
LEGENDA

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| ○ Sede municipal | Outorgas superficiais |
| ▭ Limite municipal | ● Abastecimento público |
| — Curso d'água | ● Aquicultura |
| ▭ Massa d'água | ● Consumo humano |
| ▭ CH SF2 - Rio Pará | ● Dessedentação de animais |
| ▭ Sub-bacia | ● Indústria e Mineração |
| | ● Irrigação |
| | ● Não identificado/Outros |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.3 – Espacialização das outorgas de águas estaduais superficiais na CH SF2.



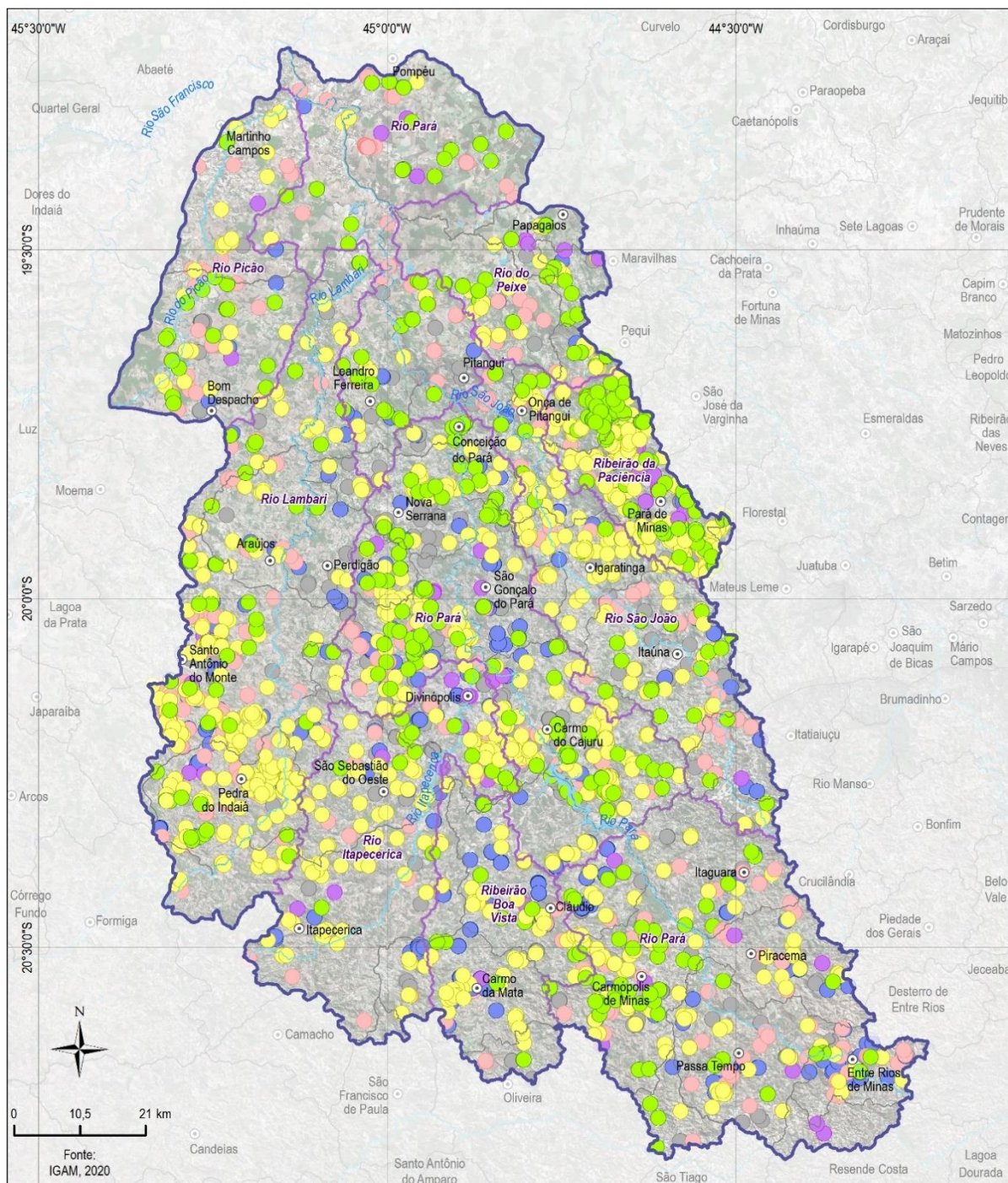
LEGENDA

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| ○ Sede municipal | Outorgas subterrâneas |
| □ Limite municipal | ● Abastecimento público |
| — Curso d'água | ● Aquicultura |
| ■ Massa d'água | ● Consumo humano |
| ○ CH SF2 - Rio Pará | ● Dessedentação animal |
| ○ Sub-bacia | ● Indústria e Mineração |
| | ● Irrigação |
| | ● Não identificado/Outros |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.4 – Espacialização das outorgas de águas estaduais subterrâneas na CH SF2.



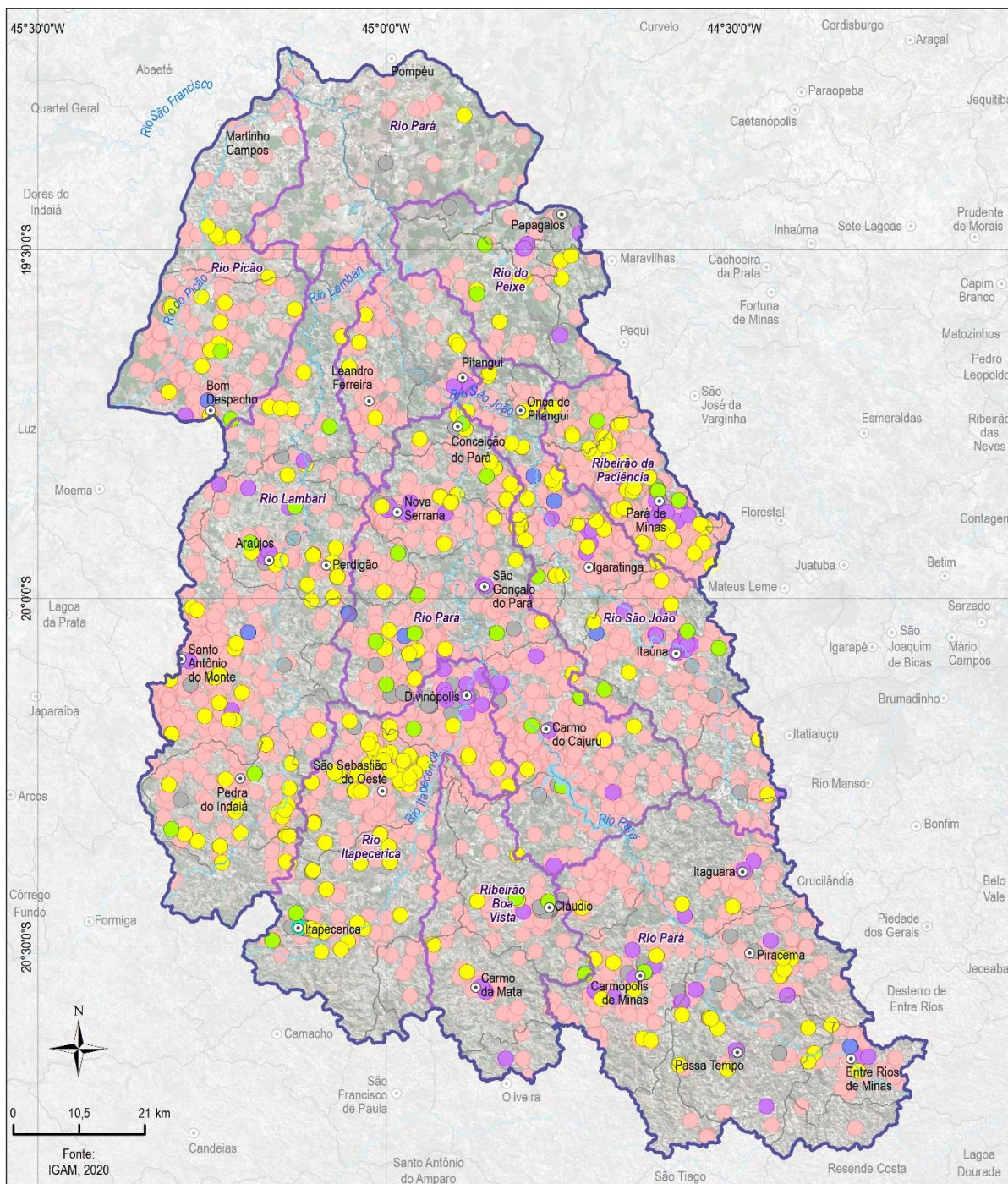
LEGENDA

- | | |
|---------------------|---|
| ○ Sede municipal | Uso insignificante - superficial |
| ▭ Limite municipal | ● Abastecimento Público |
| — Curso d'água | ● Aquicultura |
| ▭ Massa d'água | ● Consumo humano |
| ▭ CH SF2 - Rio Pará | ● Dessedentação animal |
| ▭ Sub-bacia | ● Indústria e Mineração |
| | ● Irrigação |
| | ● Não identificado/Outros |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.5 – Espacialização de usos insignificantes de águas superficiais na CH SF2.



LEGENDA

- | | |
|---------------------|---|
| ○ Sede municipal | Uso insignificante - subterrâneo |
| □ Limite municipal | ● Abastecimento Público |
| — Curso d'água | ● Aquicultura |
| ■ Massa d'água | ● Consumo humano |
| ○ CH SF2 - Rio Pará | ● Dessedentação animal |
| ○ Sub-bacia | ● Indústria e Mineração |
| | ● Irrigação |
| | ● Não identificado/Outros |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.6 – Espacialização de usos insignificantes de águas subterrâneas na CH SF2.

A mesma análise dos usos preponderantes foi feita com as demandas de usos consuntivos da ANA, apresentadas no Item 4.2. Para tanto, para identificação dos usos preponderantes em cada uma das sub-bacias da CH SF2, segundo as demandas de usos consuntivos da ANA, foi proposta a seguinte metodologia.

Soma das finalidades cuja retirada corresponde a 90% do total de retiradas da sub-bacia. A partir daí, é estabelecida a principal finalidade na sub-bacia. Nos casos em que a principal finalidade e a segunda tiverem diferença inferior a 10%, são consideradas as duas. Caso o mesmo ocorra para a terceira finalidade com maior vazão, esta também está sendo considerada.

Para tanto, foram calculadas, para cada sub-bacia, a partir das vazões de retirada, a porcentagem de cada finalidade em relação à vazão total de retirada, as quais são apresentadas no Quadro 4.11.

A Figura 4.7 e a Figura 4.8 mostram os usos preponderantes para cada uma das sub-bacias, segundo os critérios adotados.

Quadro 4.11 – Porcentagem de Retirada, por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2

Macro divisão	Sub bacia	Porcentagem de Retirada (%)								
		Consumo Humano Urbano	Consumo Humano Rural	Indústria de Transformação	Mineração	Geração Termelétrica	Dessedentação Animal	Agricultura Irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	22%	6%	7%	7%	0%	37%	21%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	47%	2%	13%	1%	0%	23%	14%	0%	5%
	Rio Itapecerica	50%	1%	28%	0%	3%	11%	6%	0%	16%
	Médio Rio Pará	23%	2%	27%	1%	2%	13%	8%	24%	17%
Baixo Pará	Rio São João	36%	2%	11%	6,5%	0%	13%	24%	7,2%	16%
	Ribeirão da Paciência	57%	2%	34%	1%	0%	0%	6%	0%	5%
	Rio Lambari	21%	3%	13%	0%	0%	40%	22%	1%	9%
	Rio do Peixe	14%	3%	3%	0%	0%	36%	45%	0%	2%
	Rio Picão	15%	0%	4%	0%	0%	13%	67%	1%	13%
	Baixo Rio Pará	18%	1%	28%	1%	0%	12,0%	39%	1%	13%
Total		30%	2%	19%	2%	1%	16%	25%	6%	100%



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará

□ Sub-bacia

Usos preponderantes (soma acima de 90%)

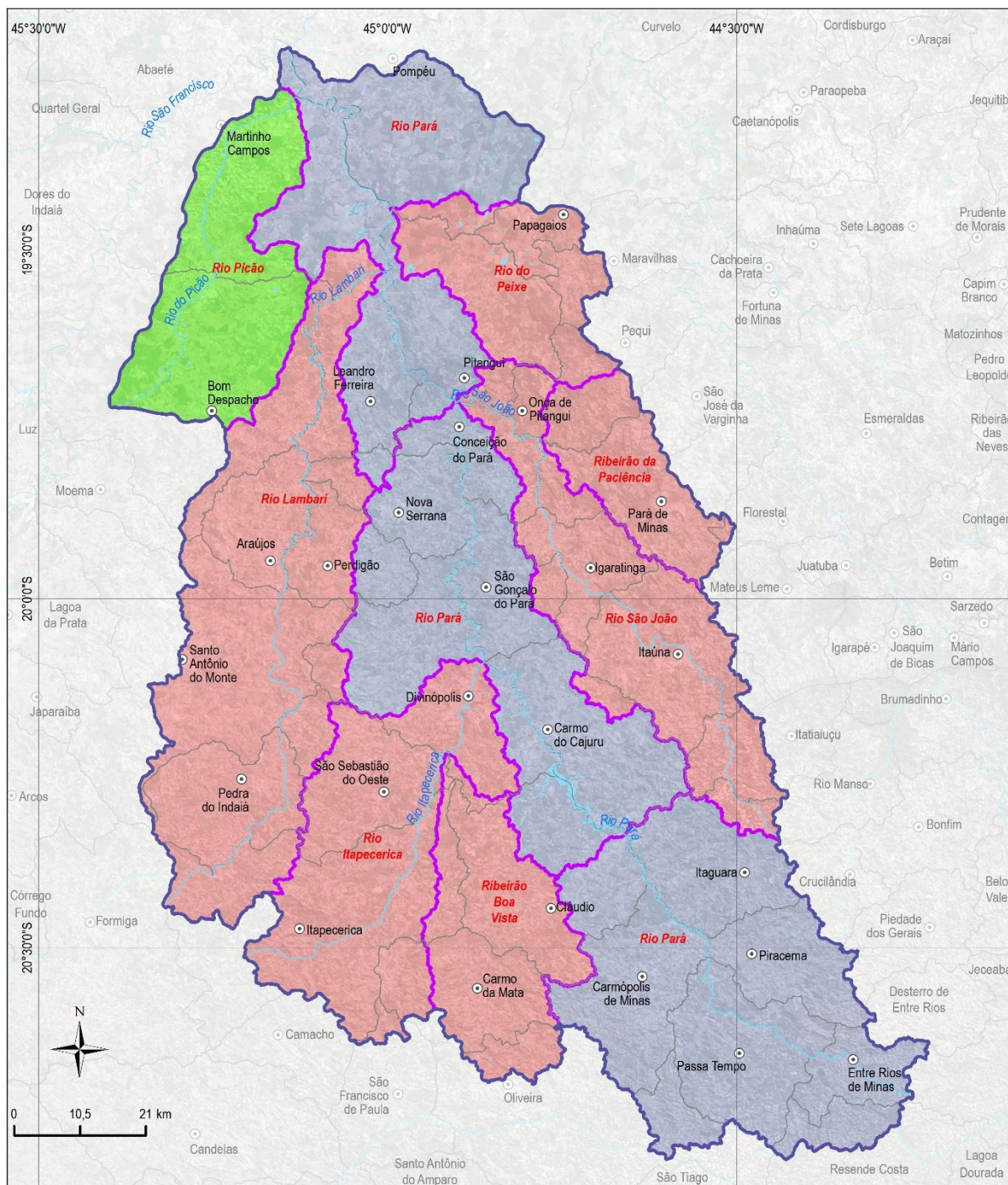
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessedentação Animal
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessedentação Animal, Indústria de Transformação

- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessedentação Animal, Evaporação em Reservatórios, Indústria de Transformação
- Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessedentação Animal, Indústria de Transformação
- Consumo Humano Urbano, Indústria de Transformação

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.7 – Usos preponderantes na CH SF2, considerando o critério em que a soma corresponde a 90% do total de vazão de retirada de usos consuntivos.



LEGENDA

- | | | | |
|---|-------------------|---|--|
| ○ | Sede municipal | Principal uso | |
| □ | Limite municipal | | Agricultura Irrigada |
| — | Curso d'água | | Agricultura Irrigada, Consumo Humano Urbano, Dessedentação |
| — | Massa d'água | | Animal, Evaporação em Reservatórios e Indústria de Transformação |
| — | CH SF2 - Rio Pará | | Consumo Humano Urbano |
| — | Sub-bacia | | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.8 – Principais usos por sub-bacia, considerando a metodologia de análise para todas as finalidades mais restritivas adotadas.

Pode-se observar do Quadro 4.10 e do mapa da Figura 4.7, que são expressivos os usos para consumo humano urbano na maior parte das sub-bacias. Para a sub-bacia do rio Picão, o principal uso é para a agricultura irrigada. Particularmente na sub-bacia do rio Pará, observa-se uso bastante distribuído da água, abrangendo usos para o setor industrial, a agricultura irrigada, a dessedentação animal, o consumo humano urbano e a própria evaporação em reservatórios artificiais, que somam 95% do total da vazão na sub-bacia.

5. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

5.1 ANÁLISE DE ESTUDOS EXISTENTES

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – PDRH Pará (TESE, 2008) identificou quatro sistemas aquíferos, assim distribuídos: Sistema Gnáissico Granítico (81%), Sistema Pelítico (11%), Sistema Quartzítico (5%) e Sistema Pelítico Carbonático (3%). Esses aquíferos apresentam produtividade média a fraca, conforme mostrado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Vazões específicas dos aquíferos da Bacia do Rio Pará.

Vazões específicas por sistemas aquíferos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará			
Sistema Aquífero	Valor médio (L/s.m)	Valor máximo (L/s.m)	Valor mínimo (L/s.m)
Gnáissico-Granítico	0,17	2,22	0,0004
Pelítico	0,62	15,43	0,002
Quartzítico	0,27	2,31	0,005
Pelítico-Carbonático	3,54	303,0	0,0008

Fonte: PDRH Pará – TESE (2008)

O plano diretor enfatizou quase que exclusivamente os recursos hídricos superficiais e contribuiu muito pouco com a melhora do conhecimento hidrogeológico da bacia. Não há referência sobre a qualidade e nem sobre o enquadramento das águas subterrâneas da bacia, uma vez que as diretrizes de classificação e ambientais para esse fim foram publicadas também em 2008 (Resolução CONAMA nº 396).

5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados levantados para elaboração da etapa de diagnóstico das águas subterrâneas da Bacia do Rio Pará estão listados no Quadro 5.2. Foram obtidos documentos e arquivos digitais nos formatos *shape* e *raster* para análise e interpretação com auxílio de ferramentas de geoprocessamento, nos seguintes órgãos ou sistemas:

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico;
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- SEMAD – Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;
- HIDROWEB – Portal integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH);
- SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil;
- RIMAS – Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil;
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais;
- SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração;
- IDE SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
- SIGA – CBHSF – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco;
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- SNISB-ANA – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- MAPBIOMAS – Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil;
- SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Quadro 5.2 – Relação de documentos e arquivos levantados para elaboração do diagnóstico das águas subterrâneas na Bacia do Rio Pará

DOCUMENTOS E ARQUIVOS LEVANTADOS			
Ano	Origem	Descrição	Fontes de referência
2020	ANA - Atlas de abastecimento urbano	Shape geosoft_poços: contendo 96 informações de poços e 3 informações de nascentes das bacias estudadas.	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog
		Shape de outorgas subterrâneas contendo 868 informações de poços.	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog
2008 a 2014	CBHSF-IGAM	Shape outorgas subterrâneas do IGAM contendo 2.084 informações de poços outorgados.	https://siga.cbhsaofrancisco.org.br
		Shape contendo dados de monitoramento de qualidade de águas superficiais de 89 pontos.	https://siga.cbhsaofrancisco.org.br
		Shape de outorgas insignificantes IGAM contendo um total de 3.156 captações sendo 781 nascentes, 2.374 cisternas e 1 de poço tubular.	http://usoinsignificante.igam.mg.gov.br
2018 a 2021	SEMAD	Shape contendo dados de outorgas subterrâneas de 6 cisternas e 69 poços profundos, totalizando 75 informações.	http://igam.mg.gov.br/outorga
2021	Hidroweb	Shape contendo identificação, localização e atividade de 268 estações pluviométricas inseridas na área de estudo.	https://www.snirh.gov.br/hidroweb
		Shape contendo identificação, localização e atividade de 377 contendo de estações pluviométricas inseridas na área de estudo.	https://www.snirh.gov.br/hidroweb

DOCUMENTOS E ARQUIVOS LEVANTADOS			
Ano	Origem	Descrição	Fontes de referência
2021	SIAGAS - CPRM	Dados cadastrais de 1.686 poços levantados na área estudada contendo, entre outras, informações de níveis de água, vazões explotadas, usos, profundidade, etc.	http://siagasweb.cprm.gov.br
2021	SIAGAS - RIMAS	Dados de 9 poços do programas RIMAS de monitoramento quantitativo, incluindo resultados analíticos de 11 parâmetros hidroquímicos e planilha com dados de monitoramento de nível de água.	http://rimasweb.cprm.gov.br
2021	INPE - Topodata	Modelo Digital de Elevação em arquivo raster, resolução espacial de 30 m.	http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados
2019	FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente	Declaração de carga poluidora de 630 empreendimentos	http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora
2020		Lista de áreas contaminadas	http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas
2021	SIGMINE - ANM	Shape contendo 5.984 processos minerários	https://dados.gov.br/dataset/sistema-de-informacoes-geograficas-da-mineracao-sigmine
2020	ANA Agência Nacional de Águas	Shape GEOFT_BHO_CURSO_DAGUA: rios Sdhape DispH_v27nov20_Snirh: disponibilidade hídrica Shape GEOFT_BHO_MASSA_DAGUA: reservatórios	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog
2020	IBGE	Shape MG_Municipios_2020	https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio
2015	IDE - SISEMA	Shape de manchas urbanas 2015	https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/

DOCUMENTOS E ARQUIVOS LEVANTADOS			
Ano	Origem	Descrição	Fontes de referência
2014	CPRM	Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Escala 1:2.500.000.	CDROOM
2021	SIGA - CBHSF	Dados sobre outorgas, irrigação e infraestruturas	https://siga.cbhsaofrancisco.org.br\
2021	SEMAD	Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental	http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca
2021	SNISB - ANA	Shape das barragens de rejeito de mineração	https://pnsh.ana.gov.br/home
2019	SEMAD	Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais	http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA_2020_FINAL_15_03.pdf
2021	Mapbiomas	Raster de dados de uso e ocupação do solo	https://mapbiomas.org/
2019	SNIRH	Shape com localização e dados das ETEs	https://www.snirh.gov.br

Além desses, também foram pesquisados estudos técnicos-científicos – como teses, dissertações, eventos, relatórios técnicos etc. – com abrangência na CH SF2. Contudo, não foram encontrados documentos que proporcionassem informações além das utilizadas no presente estudo e que fossem consideradas relevantes para o enquadramento das águas subterrâneas dessa bacia.

5.3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

A base adotada para a caracterização e distribuição das unidades geológicas aflorantes na Bacia do Rio Pará compreendeu um recorte do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, elaborado e disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil em arquivo shape (CPRM, 2007) contendo, dentre outras, informações sobre as unidades litoestratigráficas e litologias presentes. A opção pela utilização da base da CPRM (2007) deve-se ao fato de que constitui informação padronizada e sistemática da geologia e hidrogeologia em nível nacional, evitando-se combinação de mapas elaborados em diferentes escalas, com diferentes critérios de interpretação e de sistematização, que poderiam resultar num mosaico de informações desconexas. A utilização de base padronizada permite a comparação de características geológicas e da distribuição das rochas nos diferentes compartimentos do território nacional.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pará (CH SF2), localizada no trecho do Alto São Francisco, estende-se pela porção meridional pelo Cráton do São Francisco, unidade geotectônica formada no final do Ciclo Orogênico Transamazônico, entre 2,26 Ga e 1,86 Ga, que ocupa grande parte do território de Minas Gerais.

O registro geológico preservado no Cráton do São Francisco compreende rochas metamorfisadas e deformadas tectonicamente, com idades que vão do Eoarqueano (4 Ga a 3,6 Ga) ao Neoproterozoico (1 Ga milhão de anos a 541 Ma), reunidas nos supergrupos Rio das Velhas, Minas, Itacolomi, Espinhaço, Grupo Bambuí e suítes granitoides. Sobre essas rochas antigas desenvolveram-se sucessões sedimentares paleozoicas e mesozoicas, representadas na Bacia Sanfranciscana pelos grupos Santa Fé, Areado, Mata da Corda e Urucuia, além de coberturas cenozoicas colúvio-aluviais e eluviais (Machado & Silva, 2010).

O substrato geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (CH SF2) é constituído por rochas formadas em diferentes Eras, que abrangem um período de tempo de 4 Ga da história do planeta e reúne 33 unidades litoestratigráficas (Quadro 5.3 e Figura 5.1).

Na bacia hidrográfica do rio Pará predominam rochas arqueanas reunidas nas unidades Maquiné, Itaúna, Nova Lima, Lavras, Divinópolis, Belo Horizonte, Bonfim e Rio das Velhas, compostas por litotipos como granitos, granodioritos, tonalitos, metabásicas, xistos, filitos, quartzitos e metabasaltos, além de formações ferríferas bandadas, que se estendem por superfície de 9.250 km², correspondente a 76% da área total da bacia. Aflorando em áreas reduzidas, que somam pouco mais de 175 km², ocorrem rochas como filitos, itabiritos, quartzitos, dolomitos, xistos, granitos, granodioritos e migmatitos, pertencentes às unidades litoestratigráficas paleoproterozoicas Minas, Caraça, Cauê, Piracicaba, Alto Jacarandá, Alto Maranhão, Passa Tempo e Sabará. As unidades neoproterozoicas Paraopeba, Lagoa do Jacaré e Serra de Santa Helena, compostas por metassedimentos arenosos, carbonáticos, sílticos e argilosos cobrem área de quase 1.100 km², correspondente a 9% da superfície da bacia. Estendendo-se por área de 1.700 km² – correspondente a 14% da superfície da bacia hidrográfica – sobre os terrenos precambrianos, jazem coberturas sedimentares cenozoicas agrupadas nas unidades Coberturas detrítico-lateríticas, Depósitos aluvionares e Depósitos colúvio-aluviais, constituídas de areias, lateritas, argilas, cascalhos e arenitos. No geral, a distribuição dos litotipos aflorantes na bacia do rio Pará revela a predominância de rochas graníticas e metamórficas pré-cambrianas em 86% da área.

Quadro 5.3 – Distribuição das Unidades Geológicas da Bacia do Rio Pará.

Distribuição das unidades geológicas da Bacia do Rio Pará					
Era	Nome da unidade	Sigla da unidade	Litologia	Área (km ²)	% da Área Total
Sedimentos cenozoicos	Depósitos aluvionares	Q2a	Areia, Cascalho	475,71	3,89%
	Coberturas detrítico-lateríticas com concreções ferruginosas	ENdl	Areia, Argila, Laterita, Cascalho	0,04	0,00%
	Depósitos colúvio-aluviais	NQca	Arenito, Conglomerado, Diamictito, Lamito, Arenito Conglomerático	0,72	0,01%

Distribuição das unidades geológicas da Bacia do Rio Pará					
Era	Nome da unidade	Sigla da unidade	Litologia	Área (km ²)	% da Área Total
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	NQdl	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita	1.223,85	10,01%
Neoproterozoico	Paraopeba	NP2bp	Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Marga, Ritmito, Siltito	86,98	0,71%
	Lagoa do Jacaré	NP2lj	Calcarenito, Calcário, Siltito	11,96	0,10%
	Serra de Santa Helena	NP2sh	Folhelho, Siltito	998,65	8,17%
Paleoproterozoico	Minas	PP12m	Filito, Itabirito, Dolomito, Quartzito	38,86	0,32%
	Caraça	PP1mc	Filito, Quartzito	0,40	0,00%
	Cauê	PP1mic	Itabirito, Dolomito	0,78	0,01%
	Piracicaba	PP1mp	Filito, Xisto, Dolomito, Quartzito	0,23	0,00%
	Alto Jacarandá	PP2Y2aj	Granito	46,30	0,38%
	Alto Maranhão	PP2Y2am	Granito, Granodiorito, Tonalito, Migmatito	1,49	0,01%
	Passa Tempo	PP2Y2pt	Granito	87,62	0,72%
	Sabará	PP2ms	Xisto, Metagrauvaca	0,97	0,01%
Arqueano	Bonfim - Granodioritos	A3Y1bg	Granodiorito	1,63	0,01%
	Lavras - Granitos Anatéticos	A3Y1ga	Granito	156,67	1,28%
	Lavras - Gnaisses granulíticos	A3Y1gg	Gnaisse Granulítico	873,46	7,14%
	Granitos róseos	A3Y1gr	Granito	48,81	0,40%
	Nova Lima	A34rn	Xisto, Metagrauvaca, Metamáfica	382,87	3,13%
	Rio das Velhas	A34rv	Filito, Quartzito, Metagrauvaca, Mica xisto	17,49	0,14%
	Bonfim	A3bf	Gnaisse	2,42	0,02%
	Belo Horizonte	A3bh	Gnaisse	60,89	0,50%
	Divinópolis	A3d	Granito, Granodiorito	5.957,25	48,73%
	Lavras	A3la	Granito, Granitóide, Migmatito	752,01	6,15%
	Nova Lima, associação vulcânica-química	A3rq	Formação Ferrífera Bandada, Metabasalto Komatiítico, Metachert	0,77	0,01%
	Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica	A3ru	Metagabro, Serpentinóide	161,60	1,32%
	Granitóides sin- a tarditectônicos	A4V2	Granito, Granodiorito, Tonalito	313,31	2,56%

Distribuição das unidades geológicas da Bacia do Rio Pará					
Era	Nome da unidade	Sigla da unidade	Litologia	Área (km ²)	% da Área Total
	Intrusivas Graníticas a Tonalíticas	A4V2i	Granito, Tonalito	204,42	1,67%
	Itaúna	A4V2ti	Tonalito Itauna	174,54	1,43%
	Maquiné	A4rm	Quartzito, Metaconglomerado, Quartzo-mica xisto	110,76	0,91%
Arqueano ou Proterozoico	Rochas metaultramáficas	APmu	Metaultramáfica	8,78	0,07%
-	Rochas metabásicas	PR_delta	Metabasalto	23,87	0,20%
Total				12.226,11	100%

Fonte: Mapa geológico CPRM (2007).

As estruturas geológicas presentes na bacia hidrográfica do rio Pará (Figura 5.1) são representadas por diques, falhas inversas, falhas normais, falhas indiscriminadas, falhas ou zonas de cisalhamento extensionais, falhas ou zonas de cisalhamento compressionais, falhas ou zonas de cisalhamento indiscriminadas, falhas ou zonas de cisalhamento transcorrentes e lineamentos estruturais (CPRM, 2007). Essas estruturas foram originadas no decorrer da evolução do Cráton do São Francisco, a partir do Arqueano, por conta de sucessivas deformações originadas de colisões e fragmentações, resultando nos estilos estruturais ora reconhecidos. Segundo Alkmim (2004), a história tectônica do cráton pode ser resumida em termos dos seguintes estágios:

- Estágio I: Aglutinação e consolidação de uma grande massa continental arqueana;
- Estágio II: Individualização do continente Paramirim;
- Estágio III: Edificação do orógeno paleoproterozoico, durante o Evento Transamazônico;
- Estágio IV: A Tafrogênese Estateriana;
- Estágio V: A Tafrogênese Toniana;
- Estágio VI: As Orogêneses Brasileiras.

Não existem estudos estruturais específicos desenvolvidos na bacia do rio Pará. Apesar da importância geológica dos aspectos tectono-estruturais da área, ainda não foram realizados estudos hidrogeológicos para avaliação da participação das megaestruturas no escoamento subterrâneo regional.

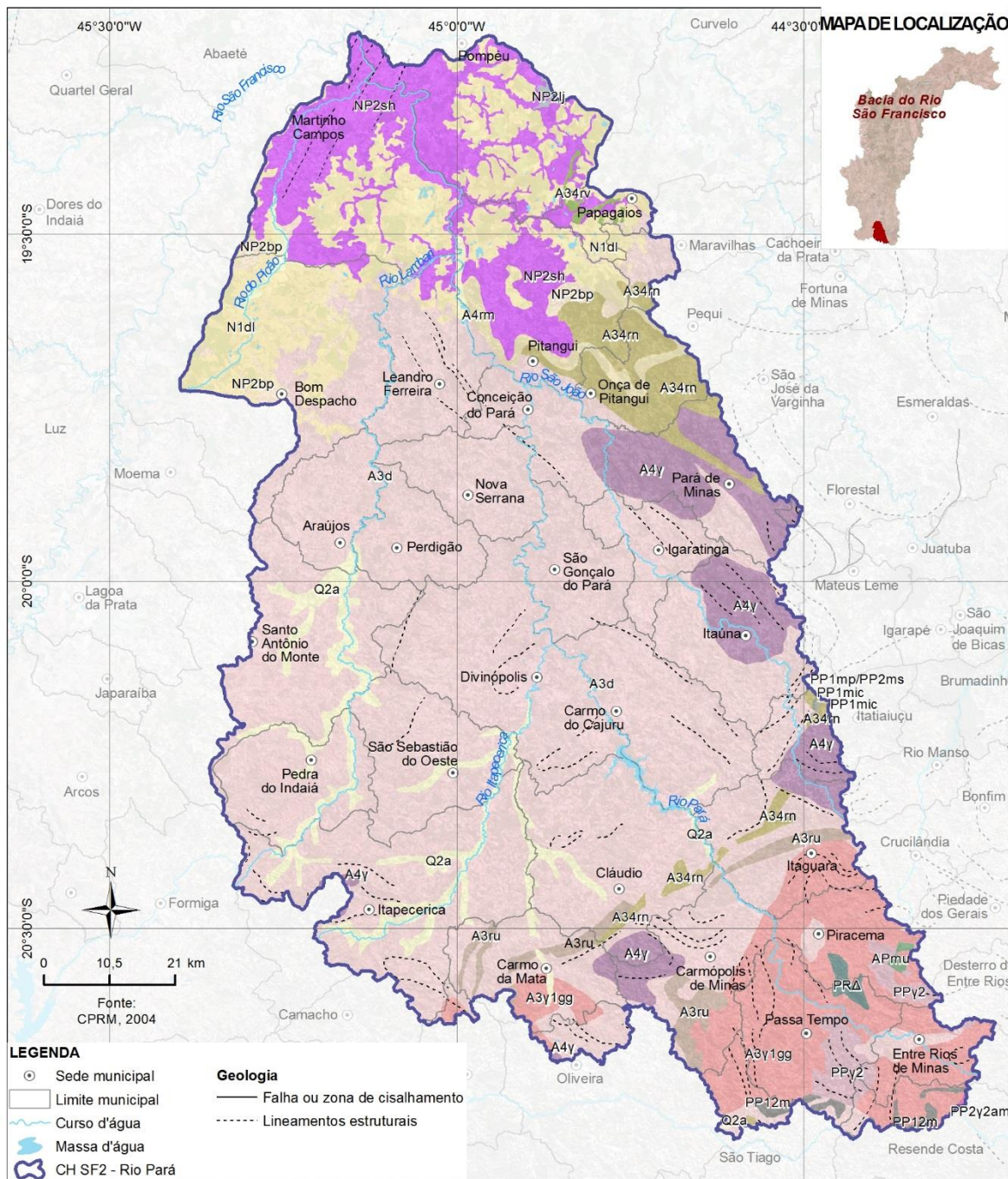


Figura 5.1 – Mapa Geológico da Bacia do Rio Pará (CPRM, 2007).

5.4 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Os reservatórios de água subterrânea, designados de aquíferos, são formados por diferentes tipos de rocha cujas características de permoporosidade permitem armazenar e transmitir quantidades consideráveis de água em condições naturais. Quando portadores de água de boa qualidade, podem ser utilizados economicamente para abastecimento humano, principalmente de pequenas cidades ou núcleos urbanos ou, ainda, de modo complementar ao abastecimento superficial, além de outros usos como industrial, irrigação, comercial, pecuária, mineração etc.

É importante destacar alguns conceitos utilizados em hidrogeologia para a classificação e caracterização dos aquíferos. São designados de natureza livre ou freáticos os aquíferos nos quais a zona saturada está sob pressão atmosférica e o limite superior dessa zona representa a superfície potenciométrica; os aquíferos confinados, por sua vez, são aqueles em que o nível de água encontra-se com pressão maior do que a atmosférica, ou seja, a superfície potenciométrica eleva-se acima da zona saturada ou topo do aquífero; já os aquíferos semiconfinados são similares aos confinados, porém, permitem a recarga ou a descarga de água através das camadas semiconfinantes, tanto acima como abaixo de seus limites, dependendo das relações de pressão com os aquíferos contíguos.

Do ponto de vista do armazenamento de água, a propriedade mais importante dos aquíferos é a porosidade, definida pela relação entre o volume de poros e o volume total da rocha. De modo prático, a porosidade pode ser classificada em: granular, no caso de rochas sedimentares, onde a água preenche os espaços entre os grãos da rocha; fissural, no caso de rochas fraturadas, onde a água preenche as fendas e outras descontinuidades rochosas; porosidade por dissolução, no caso de rochas carbonáticas, onde a água preenche cavidades originadas por dissolução dos componentes rochosos; e porosidade granular/fissural, no caso de rochas sedimentares e/ou metassedimentares com porosidade dupla (fissural e granular). Uma vez que o escoamento subterrâneo depende da conexão entre poros e fissuras, o parâmetro que define o volume de água que efetivamente pode ser liberado da rocha por drenagem gravitacional e tem importância fundamental na avaliação da quantidade de água disponível no aquífero é a porosidade eficaz (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – Valores de porosidade eficaz de rochas

Valores de porosidade eficaz		
Tipo de rocha	Porosidade eficaz (%)	Fonte
Argila	2	Johnson (1967)
Areia argilosa	7	
Silte	18	
Areia fina	21	
Areia média	26	
Areia grossa	27	
Areia conglomerática	25	
Cascalho fino	25	
Cascalho médio	23	
Cascalho grosso	22	
Granito	<0,2	
Calcário maciço	<0,5	
Dolomita	<0,5	
Basalto denso	<1	
Basalto vesicular	5	
Arenito	10	
Calcário detrítico	3	

Do ponto de vista do movimento, a propriedade das rochas que controla fluxo das águas subterrâneas é a condutividade hidráulica ou permeabilidade. Aquíferos possuem condutividades hidráulicas que variam de 10^{-3} m/d a 10^4 m/d. Quando o meio rochoso transmite água muito lentamente, ou seja, é pouco permeável a semipermeável, é classificado como aquífero. Se o meio é praticamente impermeável, ainda que não necessariamente seco, é definido como aquíclode (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 – Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica.

Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica											
Condutividade hidráulica (m/d)	1E-06	1E-05	1E-04	1E-03	1E-02	1E-01	1E+00	1E+01	1E+02	1E+03	1E+04
Classificação da permeabilidade	Impermeável		Pouco permeável		Moderadamente permeável		Permeável		Muito permeável		
Classificação do aquífero	Aquiclode		Aquitardo		Aquífero pobre		Aquífero regular a bom		Aquífero excelente		

Classificação de aquíferos em função da condutividade hidráulica					
Exemplo de materiais	Argila compacta	Lamito arenoso	Areia fina / muito fina	Areia limpa	Cascalho limpo
	Piçarra	Lamito	Areia argilosa	Cascalho e areia	
	Granito	Argila arenosa	Calcário fraturado	Areia média a grossa	

Modificado de Custodio e Llamas, 1996.

Além de sua utilização como fonte de suprimento direto de recursos hídricos para abastecimento público e demais usos, as águas subterrâneas desempenham papel determinante na sustentabilidade dos cursos de água superficiais ao contribuir, principalmente nos períodos de estiagem, com a manutenção do escoamento de base fluvial.

As águas subterrâneas estão armazenadas em reservatórios de porosidade granular, fissural, granular/fissural e vugular, discriminados em termos de sistemas aquíferos com base em suas características litológicas e de porosidade. Esses sistemas foram distinguidos com base nos subdomínios definidos no Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, elaborado e disponibilizado em arquivo *shape* pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), e aqui adotados com o propósito de uniformização e padronização dos sistemas aquíferos.

Na bacia do Rio Pará (CH SF2) são distinguidos os sistemas aquíferos Cristalino, Metassedimentar, Cárstico, Coberturas Cenozoicas e Aluvionar (Figura 5.2 e Quadro 5.6).

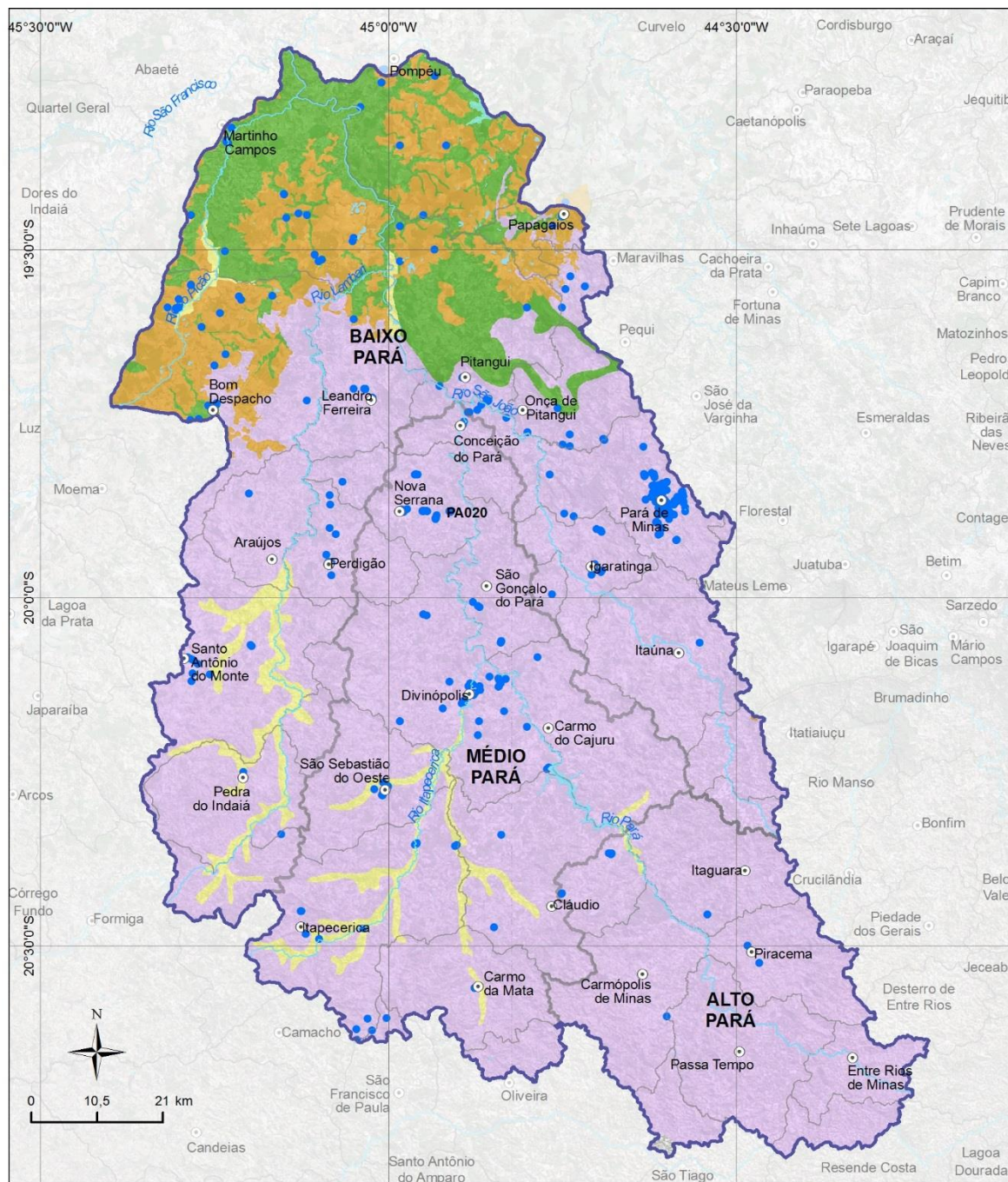
Quadro 5.6 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Rio Pará

Sistemas Aquíferos	Área (km ²)	% da Área	Porosidade	Extensão	Continuidade	Natureza
Aluvionar	475,71	3,89%	Granular	Local	Contínuo	Livre
Coberturas cenozoicas	1.224,60	10,02%	Granular	Local	Contínuo	Livre
Cárstico	11,96	0,10%	Vugular	Local	Descontínuo	Livre
Metassedimentar	1.196,39	9,79%	Granular/ Fissural	Regional	Descontínuo	Livre a semiconfinado
Cristalino	9.317,45	76,21%	Fissural	Regional	Descontínuo	Livre
Total	12.226,11	100,00%				

As unidades geológicas/aquíferas presentes na bacia do rio Pará foram reunidas em sistemas aquíferos, conforme mostrado na Figura 5.2.

Quadro 5.7 – Sistemas Aquíferos da Bacia do Rio Pará e unidades geológicas/aquíferas constituintes

Sistemas aquíferos	Unidades geológicas / aquíferas
Aluvionar	Depósitos aluvionares
Coberturas cenozoicas	Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas
	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas
	Depósitos colúvio-aluviais
Cárstico	Lagoa do Jacaré
Cristalino	Alto Jacarandá
	Alto Maranhão
	Belo Horizonte
	Bonfim
	Bonfim - Granodioritos
	Caraça
	Cauê
	Divinópolis
	Granitóides sin- a tarditectônicos
	Granitos róseos
	Intrusivas Graníticas a Tonalíticas
	Itaúna
	Lavras
	Lavras - Gnaisses granulíticos
	Lavras - Granitos Anatéticos
	Maquiné
	Minas
	Nova Lima
	Nova Lima, associação vulcânica máfica-ultramáfica
	Nova Lima, associação vulcânica-química
	Passa Tempo
	Piracicaba
	Rio das Velhas
Rochas metabásicas	
Rochas metaultramáficas	
Sabará	
Metassedimentar	Paraopeba
	Serra de Santa Helena



LEGENDA

- Poços CPRM
- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- ⬭ Macro-divisões hidrográficas

Subdomínio

- ☐ Aluvionar
- ☐ Coberturas cenozoicas
- ☐ Carstico
- ☐ Metassedimentar
- ☐ Cristalino

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.2 – Sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará (CPRM, 2007).

5.4.1 Sistemas Aquíferos

5.4.1.1 Sistema Aquífero Cristalino

O Sistema Cristalino estende-se por área de 9.300 km² da porção centro-sul da bacia do rio Pará, correspondente a 76% da superfície total. Constituído principalmente por granitos, o armazenamento de água subterrânea nesse sistema é do tipo fissural, preenchendo fendas, fraturas, falhas e outras descontinuidades das rochas genericamente designadas cristalinas. As porosidades e permeabilidades primárias dessas rochas são extremamente baixas (Quadro 5.4 e Quadro 5.5), contudo, esforços tectônicos e processos intempéricos podem dar origem a fraturas e aumentar a permeabilidade em 10³ a 10⁴ vezes (Acworth, 1987). Por outro lado, ocorre diminuição da permeabilidade com o aumento da profundidade, em decorrência do fechamento das fraturas devido às condições de elevada pressão litostática.

Embora de extensão regional, esse sistema aquífero não é homogêneo, nem contínuo e nem isotrópico, podendo apresentar grandes variações nas características de permeabilidade em áreas contíguas, comprovadas pelas vazões extremamente variáveis obtidas em perfurações de poços, inclusive com vazões nulas (poços secos). Ressalta-se que poços secos não são outorgados e raramente são documentados por meio de relatórios, de modo que essa parcela de insucessos não contempla integralmente as estatísticas oficiais.

A zona de saturação dos aquíferos fissurais encontra-se, normalmente, sob pressão atmosférica, caracterizando condições freáticas, mas eventualmente pode exibir caráter semiconfinado. As fraturas saturadas de água podem apresentar diferentes cargas hidráulicas e o nível de água medido no poço representa uma combinação dessas cargas. Os níveis de água do aquífero em condições freáticas oscilam para cima, em resposta às precipitações, e para baixo, em resposta à descarga natural, evapotranspiração e bombeamento de poços.

Na bacia do rio Pará, o clima é tropical e apresenta média anual elevada de precipitação que alcança 1.402 mm (TESE, 2008). Essas condições favorecem a existência de um manto de alteração, de espessura variável, que se sobrepõe às rochas do Sistema Aquífero Cristalino. Esse manto apresenta comportamento de um

aquífero granular, sendo relativamente mais poroso e permeável do que as rochas do substrato, favorecendo o armazenamento de água e a recarga, por drenança, do sistema fissural abaixo.

5.4.1.2 Sistema Aquífero Metassedimentar

O Sistema Aquífero Metassedimentar aflora no extremo norte da Bacia do Rio Pará, onde cobre área de cerca de 1.200 km², equivalente a menos de 10% da superfície do terreno.

As rochas desse aquífero são compostas de antigos depósitos sedimentares formados por intercalações de arenitos, siltitos, folhelhos e calcários, que passaram por processos metamórficos de baixo grau e deformações tectônicas, dando origem a rochas metassedimentares. As rochas desse aquífero possuem dupla porosidade, do tipo granular/fissural, que propicia maior volume poroso e melhores condições de armazenamento quando comparado com sistemas de porosidade unicamente fissural.

O Sistema Aquífero Metassedimentar é de extensão regional, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico. As variações nas propriedades de permoporosidade das rochas desse sistema devem-se à frequência e características das descontinuidades rúpteis, tais como espaçamento, abertura, preenchimento e rugosidade; e à porosidade granular secundária, resultante das modificações da porosidade primária ou original em decorrência da compactação, litificação, cimentação, dissolução, processos metamórficos e alterações posteriores. As variações de permoporosidade também se devem à própria origem das sucessões sedimentares, compostas por empilhamento de rochas de diferentes granulometrias em camadas alternadas e recorrentes. Assim como o Sistema Cristalino, as vazões extraídas por poços são extremamente variadas, mesmo em áreas contíguas, e com frequentes resultados insatisfatórios. Destaca-se, também, que grande parte dos poços secos perfurados no Sistema Aquífero Metassedimentar não estão cadastrados nos órgãos gestores e, conseqüentemente, não contemplam as estatísticas oficiais.

A zona de saturação do Sistema Metassedimentar, a exemplo do Sistema Cristalino, encontra-se geralmente sob pressão atmosférica, mas eventualmente pode apresentar caráter semiconfinado. Os níveis de água registrados nos poços

perfurados nesse sistema refletem uma combinação das distintas cargas hidráulicas das fraturas. Conforme referido há pouco, o clima tropical com elevada pluviosidade na área da bacia favorece a existência de uma zona de alteração de espessura variável, capeando as rochas metassedimentares. Essa zona de alteração comporta-se como um sistema de porosidade granular e permite o armazenamento de água e a recarga, por drenança, das rochas sotopostas.

5.4.1.3 Sistema Aquífero Carstico

As rochas carbonáticas reunidas no Sistema Aquífero Cárstico distribuem-se irregularmente pela bacia, onde ocupam área reduzida de 12 km², ou seja, 0,1% da superfície. Nesse sistema, a água subterrânea encontra-se armazenada em condutos, fendas e cavidades de proporções variadas, originadas pela dissolução do material carbonático constituinte da rocha e alargamento de estruturas tectônicas preexistentes pela circulação de águas ácidas. O Sistema Aquífero Cárstico é caracterizado como de extensão local nessa bacia, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico e de natureza livre. De acordo com ANA (2018), os sistemas porosos e cársticos são sistemas promissores para aproveitamento da água subterrânea, já que ocorrem em terrenos onde a água da chuva pode se infiltrar e ser armazenada, fluindo com velocidade mais elevada ao longo do maciço rochoso, participando dos processos de alimentação dos sistemas fluviais e recarga dos aquíferos mais profundos. Por outro lado, recarga rápida promovida pela entrada de águas superficiais torna o sistema mais vulnerável à contaminação. Um problema comum em áreas carstificadas é a susceptibilidade ao colapso e à subsidência dos terrenos, causadas por processos naturais e/ou interferências antrópicas. A extração de água subterrânea é uma das causas de instabilidade dos terrenos devendo, portanto, ser monitorada pelos órgãos gestores ambientais.

5.4.1.4 Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas

As coberturas sedimentares cenozoicas ocupam área de mais de 1.200 km² da porção norte da bacia do rio Pará, correspondente a cerca de 10% da área total, onde cobrem principalmente unidades rochosas constituintes do Sistema Metassedimentar. O Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas possui características litológicas que favorecem a infiltração e acúmulo de águas superficiais. Todavia, as espessuras

reduzidas desse sistema, da ordem de algumas dezenas de metros, não possibilitam um grande armazenamento de água subterrânea. Por outro lado, esse sistema auxilia na recarga dos sistemas aquíferos inferiores e contribui com o escoamento de base da rede fluvial instalada. O Sistema Aquífero Coberturas Cenozoicas é de natureza livre, contínuo e de porosidade granular.

5.4.1.5 Sistema Aquífero Aluvionar

O Sistema Aquífero Aluvionar ocupa área irregular e pouco expressiva, da ordem de 480 km² da bacia do rio Pará. Compreende intercalações de sedimentos arenosos e argilosos recentes depositados nas planícies aluvionares associadas aos cursos de água superficiais. Por localizar-se em regiões de vales, junto aos talwegues dos rios, esse sistema recebe e armazena a água proveniente das precipitações, que escoam pela bacia de drenagem em direção aos cursos superficiais. O excesso de água das cheias que extravasa além da calha dos rios também contribui com o armazenamento de água do Sistema Aquífero Aluvionar. De boa porosidade granular e natureza livre, o armazenamento de água desse sistema subterrâneo é muito limitado em razão de suas dimensões, contudo, tem importância relevante na manutenção do escoamento de base dos rios. Como inconveniente, o sistema apresenta maior vulnerabilidade às contaminações causadas por águas superficiais poluídas e por atividades antrópicas desenvolvidas em sua superfície.

5.4.2 Potencialidades dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará

O termo potencialidade é empregado com diferentes definições nos estudos hidrogeológicos. Neste diagnóstico, potencialidade é definida como a vazão explotável ou recomendada de extração dos aquíferos, ou seja, a vazão que pode ser extraída de forma sustentável por longos períodos e com rebaixamentos moderados da espessura saturada, conforme DAEE (2005). Corresponde à vazão que pode ser extraída do aquífero com base somente em suas propriedades hidrodinâmicas, como transmissividade, coeficiente de armazenamento (para sistemas confinados) e porosidade efetiva ou eficaz (para sistemas não confinados). Essas propriedades hidrodinâmicas são de difícil obtenção, pois necessitam da realização de testes de bombeamento de longa duração com monitoramento simultâneo do poço bombeado

e de pelo menos um poço de observação, razão pela qual, esses parâmetros são escassos.

Um método alternativo de caracterização das potencialidades dos aquíferos é a utilização do parâmetro vazão específica ou capacidade específica (q/s), que corresponde ao quociente da vazão de produção pelo rebaixamento do poço e sua unidade é $m^3/h/m$; em outras palavras, discrimina a vazão que se pode extrair para cada metro de rebaixamento do poço. Esse parâmetro é facilmente obtido nos testes de bombeamento rotineiros e não necessita poços de observação, sendo o parâmetro selecionado neste diagnóstico para avaliação das potencialidades dos sistemas aquíferos. Todavia, ressalva-se que a vazão específica é fortemente afetada pelas características construtivas dos poços, refletindo também, em sua grandeza, as perdas de carga devidas ao dano de formação, exigindo-se certa cautela na sua interpretação (Paula e Silva, 2003).

Dentre todos os cadastros levantados neste diagnóstico, o único cadastro técnico disponível que trata das águas subterrâneas é o do SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (<http://siagasweb.cprm.gov.br>). Apesar das várias inconsistências dos dados, como campos sem preenchimento, discriminações conflitantes dos sistemas aquíferos, campos com valores anômalos, buscou-se, por meio de análise expedita, adequar as informações existentes aos propósitos deste diagnóstico, mesmo que eventuais imprecisões possam ter ocorrido neste ajuste.

Na bacia hidrográfica do rio Pará foram levantadas 330 captações subterrâneas, sendo 302 poços tubulares, 19 poços cacimbas, um poço ponteira e oito captações sem identificação. Nesse grupo constam 51 poços classificados como secos, correspondentes a 15% desse universo, e 196 captações contendo dados de vazão e de vazão específica dos sistemas aquíferos Cristalino e Metassedimentar. O Quadro 5.8 apresenta valores mínimo, máximo, médio e mediana de vazão específica desses aquíferos.

Quadro 5.8 – Vazões específicas dos sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará

Vazões específicas (q/s= m ³ /h/m) dos sistemas aquíferos					
Sistemas aquíferos	q/s mínimo	q/s máximo	q/s médio	q/s mediana	Nº captações
Cristalino	7,00E-03	7,50E+00	5,41-01	1,73E-01	178
Metassedimentar	2,90E-02	2,59E+01	3,36+00	1,70E-01	18

O Sistema Aquífero Cristalino apresentou vazão específica mínima de $7,0E^{-3}$ m³/h/m, máxima de 7,50 m³/h/m, média de $5,41 E^{-1}$ m³/h/m, em 178 captações cadastradas (Quadro 5.8). O Sistema Aquífero Metassedimentar registrou vazão específica mínima de $2,90 E^{-2}$ m³/h/m, máxima de $2,59 E^1$ m³/h/m e média de 3,36 m³/h/m, em 18 captações cadastradas (Quadro 5.8). As vazões específicas medianas dos dois sistemas são da ordem de $1,70 E^{-1}$ m³/h/m.

O histograma de vazões específicas dos sistemas aquíferos da bacia do rio Pará (Quadro 5.3) mostra predominância das classes de valores de até 0,1 m³/h/m até 0,5 m³/h/m, em 74% das captações no Aquífero Cristalino, e em 79% das captações no Aquífero Metassedimentar. As classes de vazões específicas entre 1,0 m³/h até maior do que 2,0 m³/h ocorrem com probabilidades menores, entre 4% e 15%.

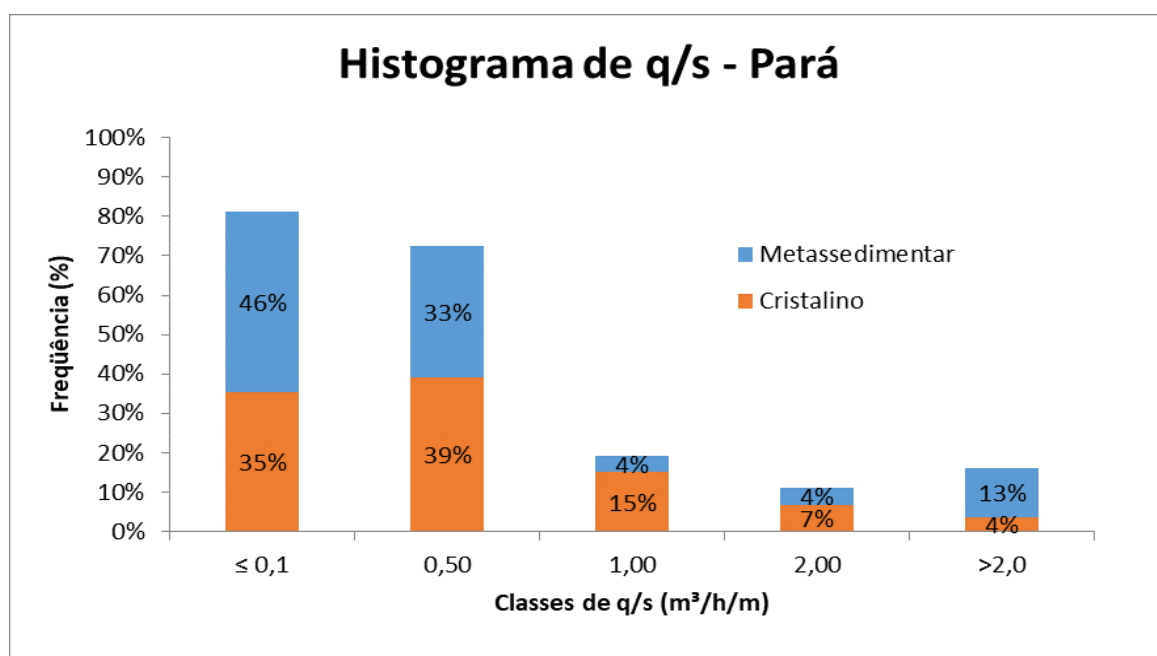


Figura 5.3 – Histograma de q/s dos sistemas aquíferos da Bacia do Rio Pará.

Não existe uma classificação de potencialidades padronizada em função dos valores de vazão específica, de modo que foi utilizado, como referência, a classificação baseada em DAEE/UNESP (2013) mostrada no Quadro 5.9, para os aquíferos da bacia.

Quadro 5.9 – Classificação das potencialidades hídras em função da vazão específica

Classificação das potencialidades em função da vazão específica (m ³ /h/m)		
Mínimo	Máximo	Classificação
0	0,1	Muito baixa
>0,1	0,5	Baixa
>0,5	1,0	Mediana
>1,0	2,0	Alta
>2,0	-	Muito alta

Segundo a referida classificação, a potencialidade hídrica dos aquíferos Cristalino e Metassedimentar na bacia do rio Pará é predominantemente muito baixa a baixa, mas com eventuais variações entre mediana e muito alta.

5.4.3 Potenciometria dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará

No contexto da gestão integrada de recursos hídricos, os aquíferos livres têm importância fundamental, pois recebem água diretamente das precipitações atmosféricas e as descarregam naturalmente na rede de drenagem das bacias hidrográficas, sendo responsáveis diretamente pela manutenção das vazões dos rios nos períodos de estiagem.

A despeito de localmente existirem condições de confinamento, principalmente nas regiões mais profundas dos aquíferos, em praticamente todas as camadas superiores dos terrenos geológicos ocorrem aquíferos de natureza livre.

A superfície que delimita o topo da zona saturada nos aquíferos livres é conhecida como lençol freático ou superfície potenciométrica, e representa a distribuição bidimensional no terreno das cargas hidráulicas dos aquíferos. O traçado da potenciometria indica, entre outros, a direção e gradiente do fluxo subterrâneo, daí sua importância na gestão dos recursos hídricos.

Muitos estudos têm demonstrado que, em regiões úmidas, a superfície livre dos aquíferos superficiais normalmente apresenta conformação semelhante à da superfície topográfica (p. ex. Fetter, 2001; DAEE, 1974). Em termos práticos, essa configuração demonstra que o fluxo subterrâneo natural se dá das altitudes mais altas para as mais baixas dos terrenos e apresenta tendência de escoamento no sentido das drenagens, que representam os locais de descarga natural dos aquíferos.

Neste diagnóstico foram utilizados dados de profundidade de nível de água e de altitude do terreno, extraídos de pontos selecionados do cadastro técnico do SIAGAS, para elaboração da superfície potenciométrica. O método consistiu na determinação da equação de correlação entre a altitude do terreno e a cota do nível de água naquele ponto. A equação determinada tem como variável a altitude do terreno, de modo que sua aplicação sobre o grid do Modelo Digital de Terreno (MDT) reproduz a carga hidráulica dos aquíferos superficiais (potenciometria), em toda a extensão do terreno modelado.

Para obtenção da equação de correlação, foram plotados em gráfico 397 dados de carga hidráulica (altitude menos nível de água) *versus* altitude do terreno, obtidos de poços existentes nas bacias do Pará, Rio Pará e Rio Paraopeba. O resultado mostrou uma correlação linear com coeficiente de determinação maior que 99% e gerou a equação indicada no gráfico da Figura 5.4.

A superfície potenciométrica foi construída por meio da aplicação da equação de correlação aos dados altimétricos do Modelo Digital de Terreno (MDT), dando origem ao *raster* representativo da distribuição das cargas hidráulicas no terreno. As equipotenciais foram geradas a partir desse *raster* com emprego da ferramenta *Contour* do módulo *3D Analyst* do ArcGis, em intervalos de 100 m. Feições anômalas e inconsistências foram filtradas e eliminadas e as equipotenciais foram suavizadas para melhorar a estética do mapa (Figura 5.5). Finalmente, foram inseridas direções de fluxo subterrâneo em pontos aleatórios, distribuídos pelo terreno.

As cargas hidráulicas variaram de 571 m a 1282 m, indicando sentido de fluxo geral de sul para norte da bacia.

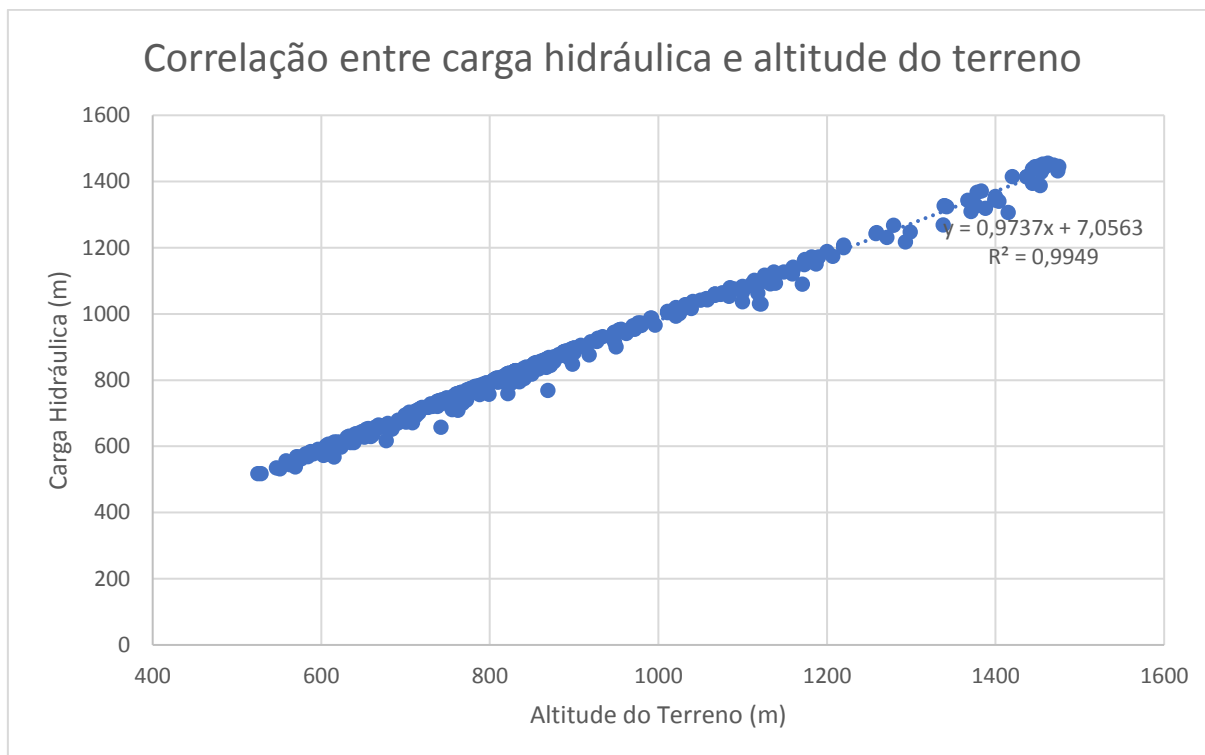
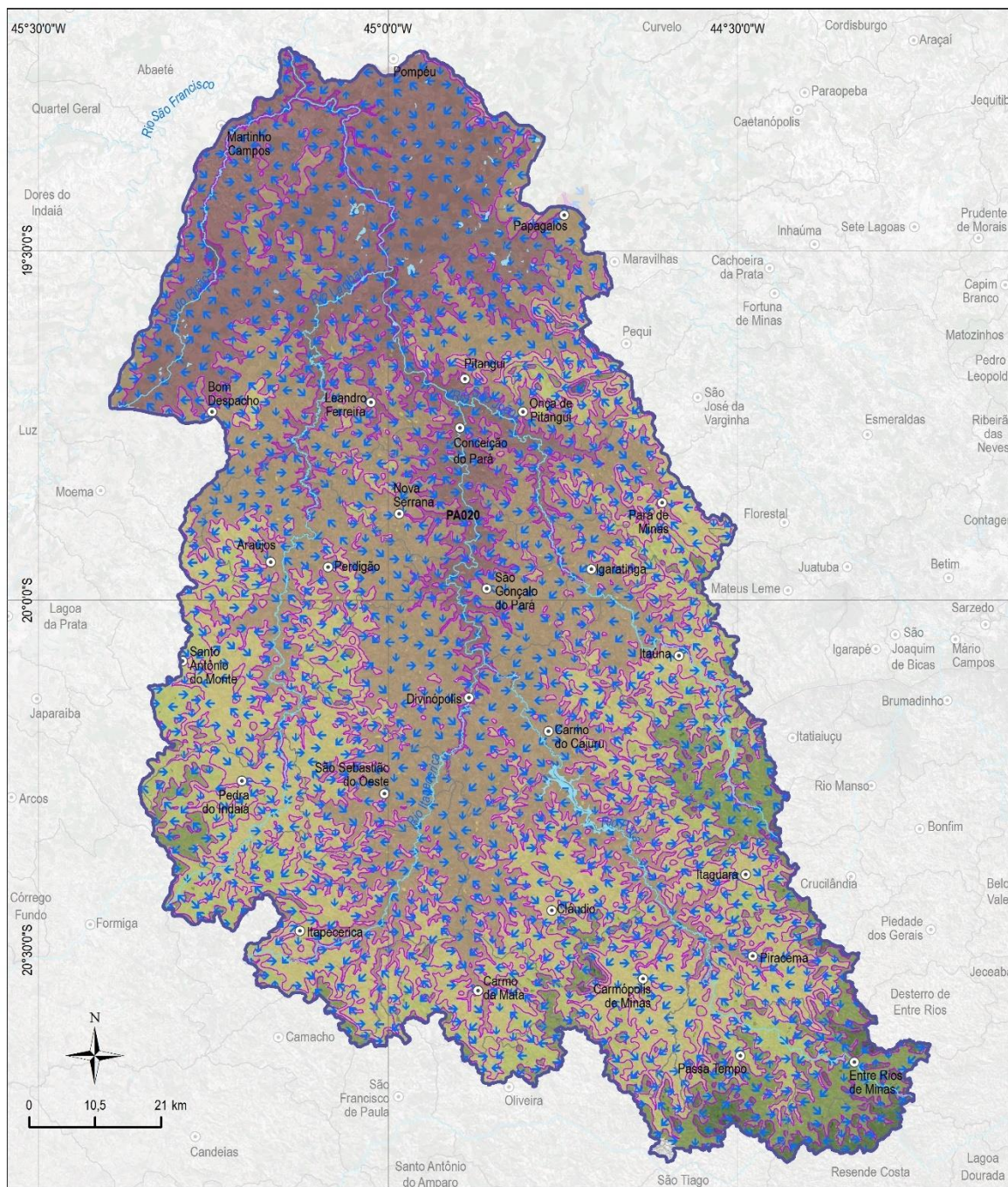


Figura 5.4 – Correlação entre carga hidráulica e altitude do terreno

Os cursos de água superficiais da bacia do rio Pará dão origem a várias sub-bacias, as quais drenam as águas subterrâneas dos aquíferos formados nas zonas de alteração ou camadas rochosas próximas à superfície do terreno, na forma de escoamento de base. Essa descarga subterrânea, correspondente à reserva ativa ou renovável dos aquíferos, é componente do sistema de fluxo local, controlado pelos divisores hidrogeológicos das bacias, aqui admitidos para efeitos práticos como coincidentes com os divisores topográficos.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Isolinhas de carga hidráulica
- Carga hidráulica (m)**
- 571 - 600
- 600,1 - 700
- 700,1 - 800
- 800,1 - 900
- 900,1 - 1.000
- 1.000,1 - 1.100
- 1.100,1 - 1.200
- 1.200,1 - 1.300
- Direção de fluxo**
- ↑ Norte
- ↗ Nordeste
- Leste
- ↘ Sudeste
- ↓ Sul
- ↙ Sudoeste
- ← Oeste
- ↖ Noroeste
- ↑ Norte

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.5 – Mapa potenciométrico dos aquíferos superficiais da bacia do rio Pará.

5.4.4 Reservas Hídricas Subterrâneas da Bacia do Rio Pará

As reservas aquíferas são componentes importantes da gestão integrada de recursos hídricos, uma vez que a exploração excessiva interfere na sustentabilidade dos cursos de água superficiais, além de causar depleção dos reservatórios e degradação da qualidade da água subterrânea, subsidência dos terrenos e outros problemas. Daí a necessidade de implementação de um plano de monitoramento quali-quantitativo desses recursos, visando disciplinar o uso e controlar eventuais contaminações.

As reservas hídricas subterrâneas compreendem a quantidade total de água armazenada nos aquíferos e são distinguidas em reservas ativas e reservas permanentes.

As reservas ativas compreendem o volume de água acumulado no aquífero em função da porosidade efetiva e variam, anualmente, em decorrência da recarga direta provocada pelas precipitações atmosféricas e da descarga natural dos cursos de água superficiais (fluxo de base).

As reservas permanentes compreendem o volume de água acumulado no aquífero em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica.

5.4.4.1 Reservas Ativas na Bacia do Rio Pará

As reservas ativas dos sistemas aquíferos da bacia do rio Pará (Quadro 5.10) foram estimadas com base em dados de vazões mínimas extraídos de estudo hidrológico elaborado pela ANA, disponibilizado no arquivo *Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017*, extraído do sítio <https://metadados.snirh.gov.br>. Vazões mínimas são utilizadas no planejamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, como concessão de outorgas e estimativas de disponibilidades hídricas superficiais. Nos estudos hidrogeológicos, as vazões mínimas equivalem ao escoamento de base anual dos rios ou à recarga anual, conforme admitido pela maioria dos gestores. Dentre as vazões mínimas das ottobacias brasileiras apresentadas pela ANA, a vazão de permanência Q_{95} tem sido adotada para a estimativa das reservas ativas.

Para o conjunto de ottobacias da Bacia do Rio Pará, a ANA avaliou a vazão específica Q_{95} em 3,17 L/s/km² e as reservas ativas (RA) foram calculadas do seguinte modo:

$$RA = A \times Q_{95}$$

Onde: RA= reserva ativa (L/s); A= área do aquífero (km²); Q_{95} = vazão mínima (L/s/km²).

O Quadro 5.10 apresenta as reservas ativas dos aquíferos da Bacia do Rio Pará, calculadas em 1,22 E⁹ m³/ano. Observa-se que mais de 3/4 das reservas ativas está armazenada no Sistema Aquífero Cristalino.

Quadro 5.10 – Reservas ativas dos aquíferos da bacia do rio Pará

Reservas ativas				
Sistemas Aquíferos	Área (km ²)	RA (L/s)	RA (m ³ /s)	RA (m ³ /ano)
Aluvionar	475,71	1.508,00	1,51	4,76E+07
Carstico	11,96	37,91	0,04	1,20E+06
Coberturas cenozoicas	1.224,60	3.881,98	3,88	1,22E+08
Cristalino	9.317,45	29.536,32	29,54	9,31E+08
Metassedimentar	1.196,39	3.792,56	3,79	1,20E+08
Total	12.226,11	38.756,77	38,76	1,22E+09

5.4.4.2 Reservas Permanentes na Bacia do Rio Pará

As reservas permanentes da bacia do rio Pará foram avaliadas de acordo com a equação:

$$RP = A \times E \times \varnothing_e$$

Onde: RP = reserva permanente (m³); A = área do aquífero (km²); E = espessura saturada dos aquíferos (m); \varnothing_e = porosidade efetiva (%).

Os valores de porosidade efetiva dos aquíferos foram estimados conforme com base nos valores apresentados no Quadro 5.11. As espessuras saturadas foram estimadas a partir de dados de poços do cadastro SIAGAS e de estudos hidrogeológicos publicados.

Quadro 5.11 – Valores de porosidade efetiva e espessuras saturadas estimadas para os sistemas aquíferos

Sistemas aquíferos	Tipo de porosidade	* Porosidade efetiva (%)	** Espessura permeável (m)
Aluvionar	Granular	25	15
Coberturas cenozoicas	Granular	20	20
Areado	Granular	15	100
Carstico	Vugular	10	150
Metassedimentar	granular/fissural	8	150
Metassedimentar Serra de Santa Helena /	granular/fissural	1	150
Vulcanoclástico	granular/fissural	5	50
Cristalino	Fissural	3	150

* Valores estimados baseados em Johnson (1967) e Custódio & Llamas (1996)

** Valores estimados neste diagnóstico

As reservas permanentes dos aquíferos da Bacia do Rio Pará foram estimadas em $5,27 \text{ E}^{10} \text{ m}^3$ (Quadro 5.12) e referem-se somente aos reservatórios subterrâneos em condições livres. As maiores reservas permanentes estão armazenadas no Aquífero Cristalino (80%) e, secundariamente, nos aquíferos Coberturas Cenozoicas (9%) e Metassedimentar (7%).

Quadro 5.12 – Reservas permanentes dos aquíferos da Bacia do Rio Pará

Reservas permanentes			
Sistemas Aquíferos	Área (km ²)	RP (m ³)	% do total
Aluvionar	475,71	1,79E+09	3,40%
Carstico	11,96	1,79E+08	0,34%
Coberturas cenozoicas	1.224,60	4,90E+09	9,30%
Cristalino	9.317,45	4,19E+10	79,60%
Metassedimentar	1.196,39	3,87E+09	7,36%
Total	12.226,11	5,27E+10	100,00%

5.4.5 Disponibilidades Hídricas Subterrâneas da Bacia do Rio Pará

As disponibilidades representam uma parcela das reservas subterrâneas totais que pode ser extraída anualmente do armazenamento dos aquíferos durante um período de tempo planejado, de modo a não causar consequências ambientais, econômicas e sociais graves. Esta definição está atrelada ao conceito de sustentabilidade, cujo objetivo é realizar o aproveitamento racional e conservação dos recursos hídricos. A

definição da parcela das reservas hídricas dos aquíferos que poderá ser utilizada anualmente deve ser fundamentada em diretrizes técnicas e políticas emanadas dos comitês de bacia.

Neste diagnóstico, considerou-se uma parcela de 50% das reservas ativas e uma parcela de 2% das reservas permanentes dos aquíferos, disponíveis anualmente para uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, cujos resultados são mostrados no Quadro 5.13. As disponibilidades totais da Bacia do Rio Pará foram calculadas em $1,66 \text{ E}^9 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Quadro 5.13 – Disponibilidades dos aquíferos da Bacia do Rio Pará

Disponibilidades subterrâneas						
Sistemas Aquíferos	Área (km ²)	RA (m ³ /ano)	RP (m ³)	DI _{ra} (m ³ /ano)	DI _{rp} (m ³ /ano)	DI _{total} (m ³ /ano)
Aluvionar	475,71	4,76E+07	1,79E+09	2,38E+07	3,58E+07	5,96E+07
Carstico	11,96	1,20E+06	1,79E+08	5,98E+05	3,58E+06	4,17E+06
Coberturas cenozoicas	1.224,60	1,22E+08	4,90E+09	6,12E+07	9,80E+07	1,59E+08
Cristalino	9.317,45	9,31E+08	4,19E+10	4,66E+08	8,38E+08	1,30E+09
Metassedimentar	1.196,39	1,20E+08	3,87E+09	5,98E+07	7,75E+07	1,37E+08
Total	12.226,11	1,22E+09	5,27E+10	6,11E+08	1,05E+09	1,66E+09

DI-ra: 0,5. RA

DI_{rp}: 0,02. RP

5.4.6 Modelo Conceitual de Fluxo dos Aquíferos da Bacia do Rio Pará

Os sistemas aquíferos da bacia do rio Pará são abastecidos direta e continuamente por águas pluviais que se infiltram nas formações geológicas e formam os reservatórios subterrâneos. Nessa bacia, a precipitação média anual atinge 1.402 mm (TESE, 2008).

Do total das precipitações atmosféricas, uma parcela evapora ao atingir o solo, uma parcela se transforma em escoamento superficial das bacias hidrográficas da região e uma parcela menor infiltra-se no terreno pelas camadas superiores do solo e alcança os aquíferos em profundidade.

A parcela que se infiltra constitui a recarga e pode ser estimada, aproximadamente, pela vazão mínima Q_{95} definida nos estudos hidrológicos da ANA, igual a $3,17 \text{ L/s/km}^2$. A recarga é controlada pela taxa de infiltração, por sua vez condicionada pelas

características litológicas dos terrenos. Terrenos com grande conteúdo argiloso são recarregados lentamente, ao passo que terrenos permeáveis ou em zonas fraturadas o processo é acelerado.

O movimento das águas subterrâneas é lento e obedece ao gradiente hidráulico e às propriedades de permoporosidade das rochas, fluindo no sentido do maior potencial hidráulico para o de menor potencial. O que distingue o comportamento do fluxo subterrâneo nos diferentes aquíferos são as características hidrodinâmicas do meio (condutividade hidráulica, transmissividade, porosidade efetiva e coeficiente de armazenamento). Formações permeáveis permitem circulação mais rápida, enquanto formações pouco permeáveis retardam o fluxo natural das águas.

Com exceção de uma pequena parcela que se infiltra em grandes profundidades nos aquíferos, quase toda a água que alcança a zona saturada é descarregada para a rede de drenagem das bacias hidrográficas, em ciclos anuais que se repetem continuamente. A análise do mapa potenciométrico da bacia do rio Pará (Figura 5.5) mostra que a superfície superior da zona saturada dos aquíferos acompanha ligeiramente a topografia do terreno e cada bacia exerce controle sobre as direções do fluxo subterrâneo, dando origem a sistemas de fluxo locais, como representado na Figura 5.6. Linhas de fluxo mais profundas, por sua vez, dão origem aos fluxos intermediário e regional.

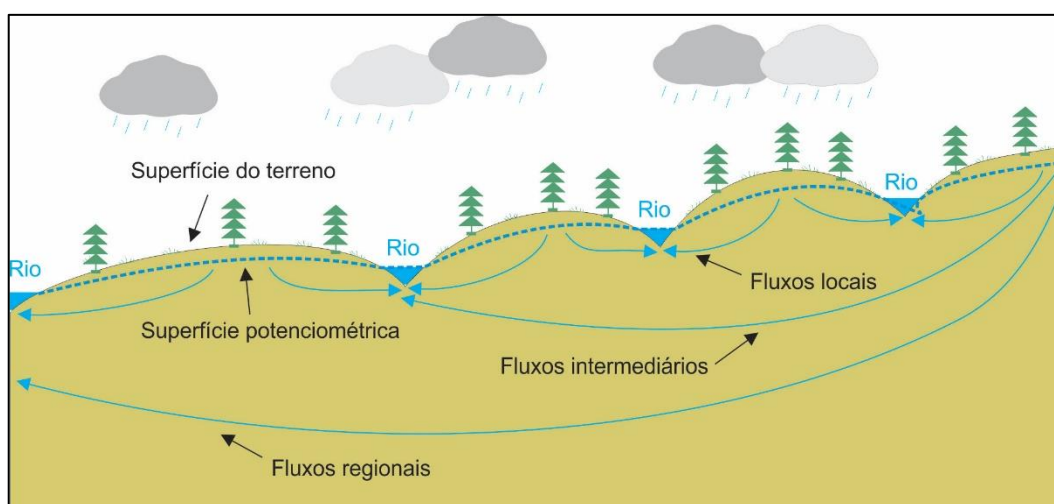


Figura 5.6 – Representação dos sistemas de fluxo subterrâneos.

5.4.7 Vulnerabilidade dos Aquíferos

A vulnerabilidade é uma medida da maior ou menor susceptibilidade à contaminação dos aquíferos. Dentre os vários métodos existentes para avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos, o GOD (Foster et al., 2006) tem sido bastante utilizado em razão de sua fácil aplicabilidade. O método considera parâmetros como ocorrência de água subterrânea (Groundwater occurrence - G), classificação do aquífero (Overall aquifer class - O) e profundidade do nível de água (Depth to groundwater table - D).

Os três parâmetros GOD são avaliados subjetivamente com base nos índices estabelecidos na Figura 5.7. Inicialmente, avalia-se a condição de ocorrência da água subterrânea numa escala de 0 a 1. Em seguida, avalia-se o tipo litológico do substrato acima da zona saturada do aquífero, com discriminação do grau de consolidação, características granulométricas e tipo de permeabilidade (por fissura ou poros), numa escala de 0,4 a 1. Logo após, avalia-se a profundidade de ocorrência do nível de água ou do topo do aquífero confinado numa escala de 0,6 a 1,0. O produto dos três parâmetros avaliados é o índice de vulnerabilidade, expresso em termos relativos numa escala numérica de 0 a 1, que permite uma classificação em cinco classes: insignificante, baixa, média, alta e extrema, que eventualmente podem ser subdivididas em subclasses.

O parâmetro “modo de ocorrência da água subterrânea ou condição do aquífero” considera a existência de aquíferos livres nas porções superficiais dos terrenos. Para essa condição, foi definido o índice de 0,9 para todos os sistemas aquíferos da bacia do rio Pará.

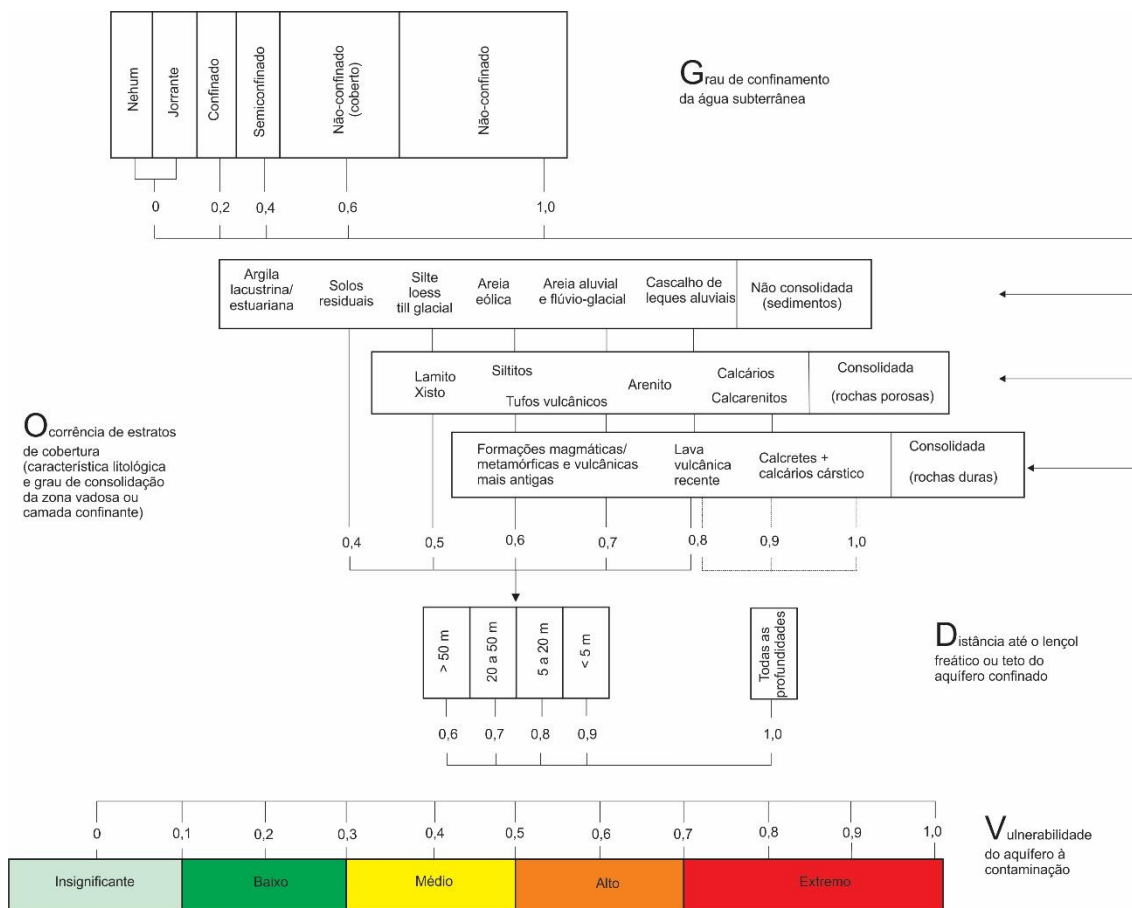


Figura 5.7 – Índices de vulnerabilidade GOD (FOSTER et al., 2006).

O parâmetro “substrato litológico” considerou os índices apresentados no Quadro 5.14 estimados com base nas características litológicas preponderantes das unidades aquíferas e nos índices sugeridos na Figura 5.7, conforme proposição de Foster *et al.* (2006).

Quadro 5.14 – Índices do substrato litológico para estimativa da vulnerabilidade pelo método GOD

Índices GOD do substrato litológico	
Sistemas aquíferos	Índice GOD
Aluvionar	0,75
Cárstico	0,9
Coberturas cenozoicas	0,75
Cristalino	0,5
Metassedimentar (Santa Helena)	0,4

O parâmetro de avaliação “profundidade de ocorrência do nível de água” do aquífero livre foi determinado por geoprocessamento, utilizando o método de subtração entre os grids do raster do modelo digital de terreno (MDT) e do raster de cargas hidráulicas (Figura 5-5), dando origem ao raster de profundidade do nível de água (NA). Por meio de uma operação de mosaico, juntou-se ao raster do NA o raster da rede de drenagem da bacia, cujos valores das células foram definidos como zero, uma vez que representam pontos de descarga das águas subterrâneas. O raster resultante foi convertido em shape de pontos e feita nova gridagem com o aplicativo “Topo to Raster” do programa ArcGis, para obtenção de um mapa mais ajustado. Finalmente, o mapa de profundidade do NA resultante foi classificado de acordo com as classes estabelecidas pelo método GOD (Figura 5.7).

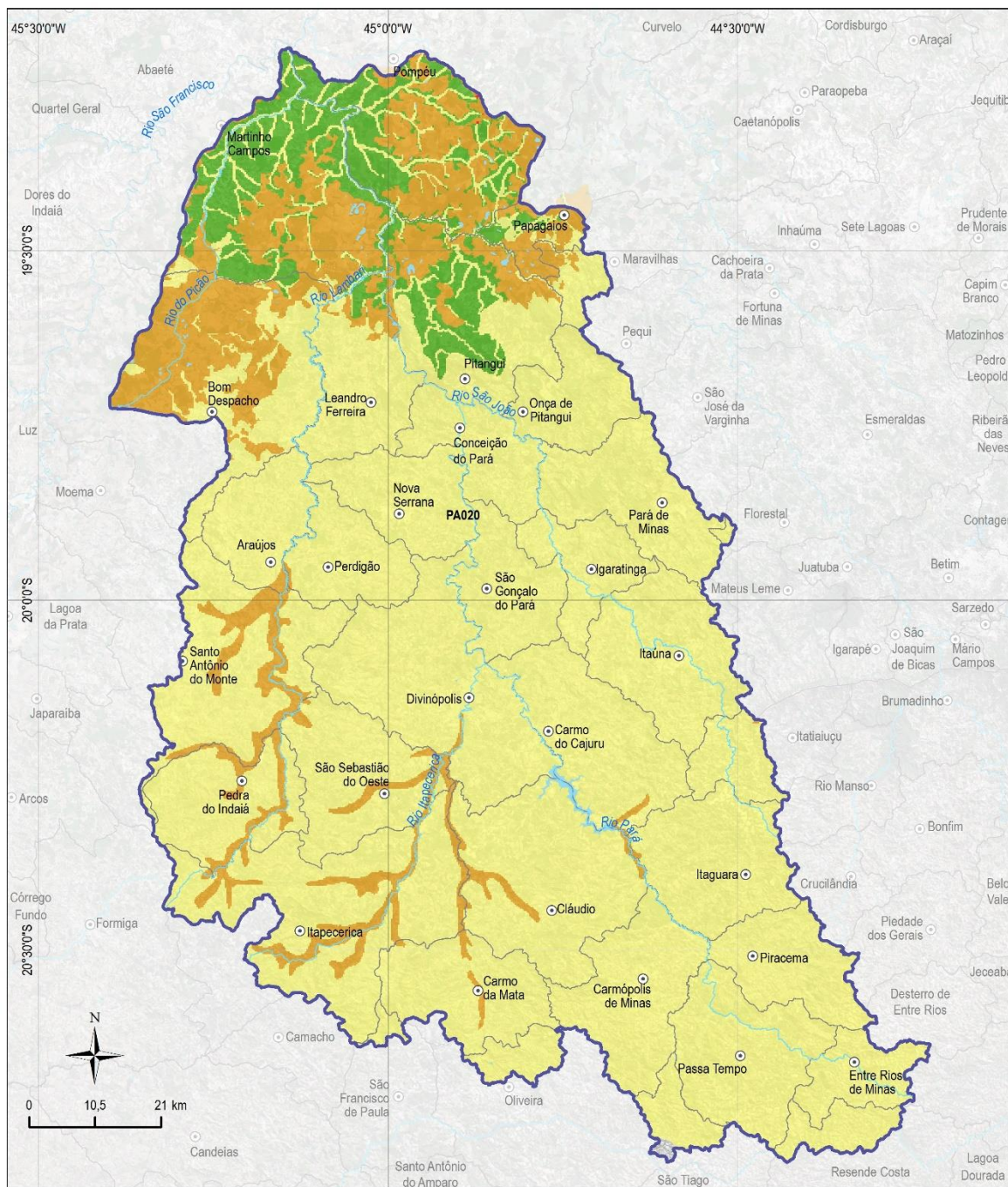
Para determinação da vulnerabilidade GOD foram executadas as seguintes etapas:

- Conversão do mapa dos sistemas aquíferos de formato shape para formato raster, com grid regular de 200 m; atribuição dos índices litológicos, definidos no Quadro 5-14, às células do raster dos sistemas aquíferos;
- Multiplicação entre os rasters dos índices litológicos e dos índices de profundidade do N.A;
- Multiplicação do raster resultante por 0,9 (parâmetro “condição do aquífero”) e classificação dos valores de acordo com as classes de vulnerabilidade definidas na Figura 5.7.

A Figura 5.8 apresenta o mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da bacia do rio Pará. A classe de vulnerabilidade predominante é a Média, com 80% do total, seguida da classe Alta, com 14% do total. As classes Baixa e Extrema têm representatividade apenas local e, juntas, cobrem pouco mais de 6% da área total (Quadro 5.15).

Quadro 5.15 – Distribuição das classes de vulnerabilidade da Bacia do Pará

Classes	Área (km ²)	% do total
Baixa	760,48	6,22%
Média	9.753,36	79,77%
Alta	1.711,59	14,00%
Extrema	0,68	0,01%
Total	12.226,11	100,00%



LEGENDA

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| ○ Sede municipal | Classificação GOD |
| □ Limite municipal | ■ Baixa |
| ~ Curso d'água | ■ Média |
| ■ Massa d'água | ■ Alta |
| ⊞ CH SF2 - Rio Pará | ■ Extrema |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.8 – Mapa de vulnerabilidade dos aquíferos da Bacia do Rio Pará.

A classe de vulnerabilidade média predomina nas porções centro e sul da bacia, onde os terrenos são constituídos preponderantemente por rochas do aquífero cristalino. Na porção norte da bacia dominam os terrenos cobertos por rochas metassedimentares pelíticas da Formação Serra de Santa Helena, reunidas na classe de vulnerabilidade baixa, e coberturas cenozoicas enquadradas na classe de vulnerabilidade alta. A análise do mapa indica que o índice litológico do método GOD, neste caso, tem influência preponderante na estimativa de vulnerabilidade dos aquíferos da bacia.

5.4.8 Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas

O cadastro de fontes potenciais de contaminação e sua classificação sistemática em termos qualitativos, fundamentada na probabilidade de gerar uma carga poluente no subsolo, é essencial para avaliar os riscos de contaminação da água subterrânea e adotar medidas de controle e fiscalização. Problemas comuns ainda existentes nos cadastros disponibilizados pelos órgãos ambientais referem-se à ausência de coordenadas de localização em bases georreferenciadas e de classificação qualitativa do potencial contaminante, informações que impedem uma análise mais efetiva por meio da utilização de ferramentas de geoprocessamento.

5.4.8.1 Fontes Pontuais de Contaminação das Águas Subterrâneas

As fontes pontuais estão associadas a empreendimentos industriais, comerciais, setores de serviços, mineração, dentre outros, com potencial de disposição de cargas contaminantes em pontos localizados do terreno, principalmente em áreas urbanizadas, com exceção das atividades de extração mineral. Geralmente produzem plumas definidas e concentradas que podem ser facilmente identificadas.

Em Minas Gerais, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD é responsável pelo licenciamento ambiental para as atividades econômicas descritas na Deliberação Normativa COPAM nº 217, ressalvados os casos de competência do IBAMA e das administrações municipais. De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 217, os empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental são definidos por critérios de potencial poluidor/degradador, porte e localização. Parâmetros e limites preestabelecidos determinam o porte de

cada atividade ou empreendimento segundo três classificações: pequeno, médio ou grande.

Dados sobre empreendimentos potencialmente poluidores localizados na Bacia do Rio Pará foram obtidos dos seguintes arquivos:

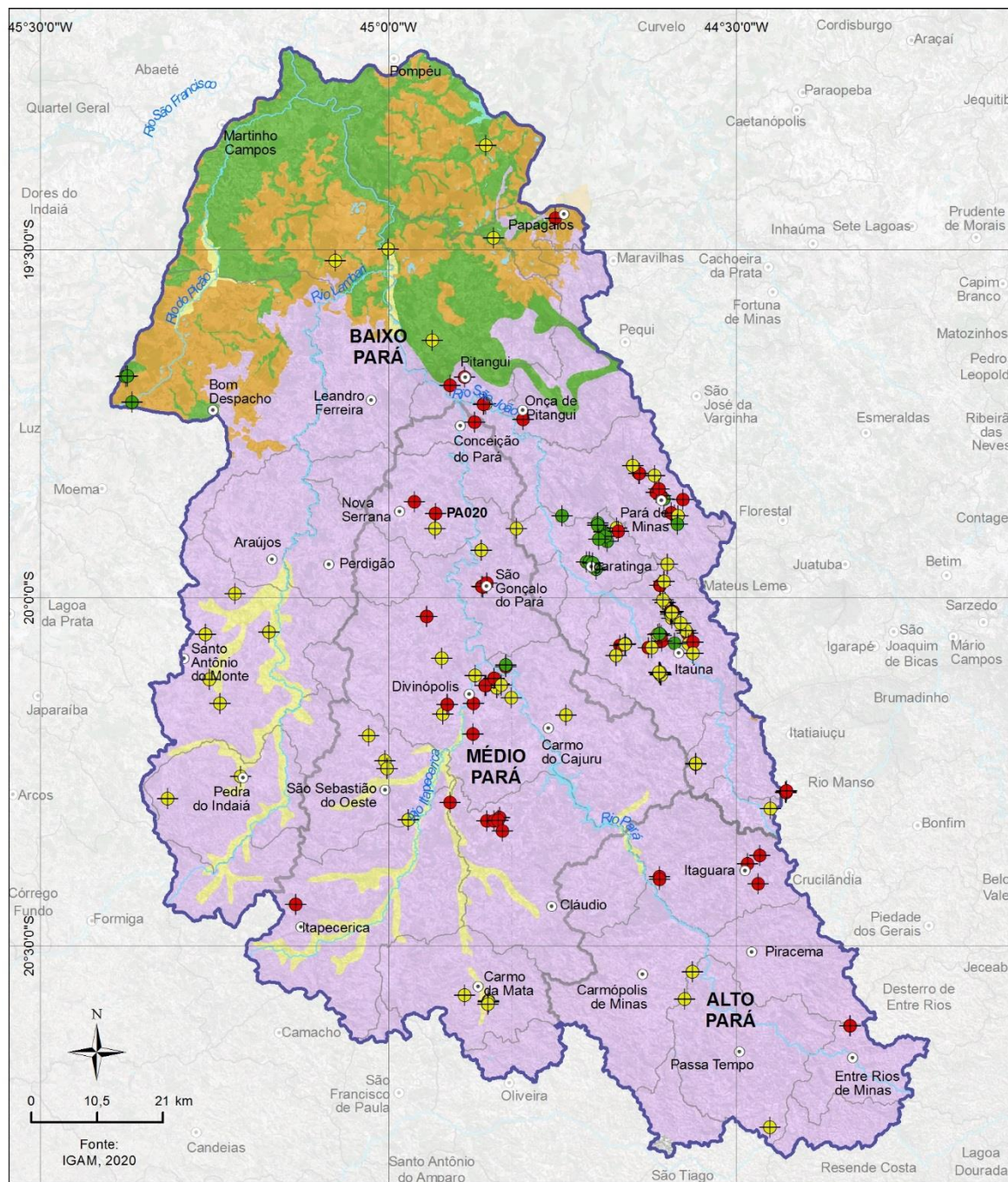
- Declaração de carga poluidora, ano base 2019, disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM no endereço <http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora>;
- Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental, disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD no endereço <http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>.
- Áreas declaradas contaminadas, disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, no endereço <http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas>.
- Barragens de rejeito de mineração, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas – ANA no endereço <https://www.snisb.gov.br>.
- Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, referente ao ano de 2019, disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, no endereço <https://www.snirh.gov.br>.

O arquivo “Declaração de carga poluidora, referente ao ano base 2019, lista informações de 237 empreendimentos localizados na bacia do rio Pará, dos quais 107 (45%) foram classificados como de grande impacto ambiental, 110 (46%) como de médio impacto e apenas 20 (8%) como de pequeno impacto. A classificação ambiental de empreendimentos/atividades sujeitos a licenciamento foi definida pela Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, com base na conjugação (i) do potencial poluidor geral da atividade, pré-fixado na norma com base nas características intrínsecas da atividade, considerando as variáveis ambientais: ar, água e solo e (ii), do porte, variável de acordo com a unidade de medida estabelecida para a atividade. As tipologias e respectivas classificações podem ser consultadas no sítio https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao_normativa_n217. Neste

diagnóstico, foi utilizada a classificação correspondente à variável ambiental água, cujos resultados são mostrados na Figura 5.9. O Aquífero Cristalino congrega 95% dos empreendimentos, sendo 46% de médio potencial e 47% de grande potencial; os demais aquíferos – metassedimentar, Aluvionar e coberturas cenozoicas – reúnem apenas 5% dos empreendimentos, classificados predominantemente como de médio (58%) potencial contaminante (Quadro 5.16).

Quadro 5.16 – Classificação do potencial contaminante por aquífero.

Aquíferos	Classificação do potencial contaminante			
	Grande	Médio	Pequeno	Total
Aluvionar	1	2	0	3
Coberturas cenozoicas	1	2	3	6
Cristalino	105	103	17	225
Metassedimentar	0	3	0	3
Total Geral	107	110	20	237



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- ~ Massa d'água
- ~ CH SF2 - Rio Pará
- ~ Macro-divisões hidrográficas

Potencial Poluidor

- Grande
- Médio
- Pequeno

Subdomínio

- Aluvionar
- Coberturas cenozoicas
- Carstico
- Metassedimentar
- Cristalino

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.9 – Localização e classificação ambiental dos empreendimentos com declaração de carga poluidora.

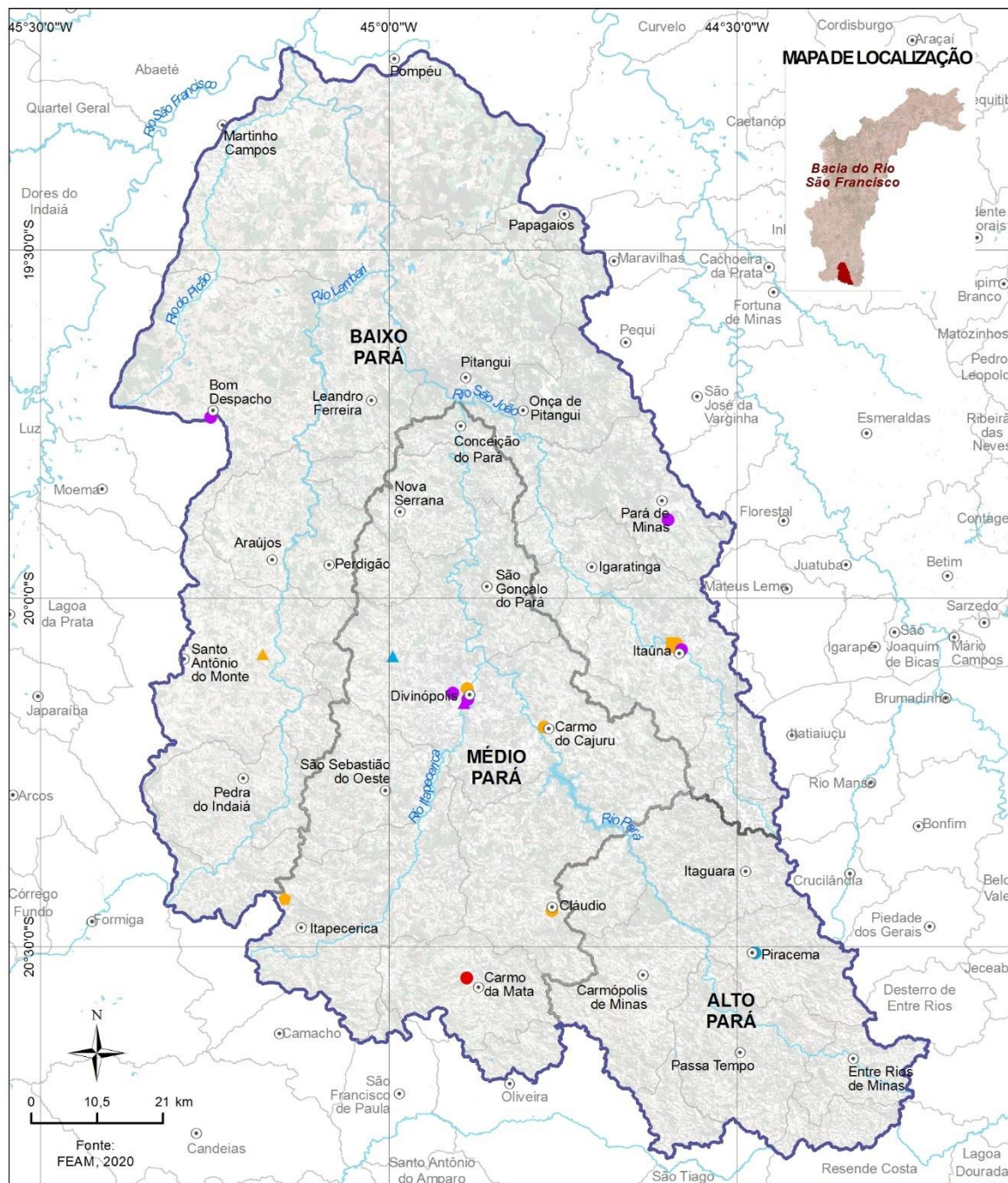
O arquivo “Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental” reúne informações de licenciamento ambiental do período de 2016 a 2021, protocoladas na Superintendência Regional de Meio Ambiente – SUPRAM do Alto São Francisco. Os dados dos processos de licenciamento não apresentam localização georreferenciada dos empreendimentos e não indicam a que Circunscrição Hidrográfica pertencem. Para a avaliação, foram considerados somente os empreendimentos dos municípios cujas sedes estão circunscritas aos limites da bacia do rio Pará, conforme mostrados no Quadro 5.17.

Quadro 5.17 – Decisões de processos de licenciamento ambiental da Bacia do Pará

Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental					
Bacia do Rio Pará	Arquivado	Cancelado	Deferido	Indeferido	Total
Atividades Agrossilvipastoris	22	0	171	41	234
Atividades de Infraestrutura	17	1	12	7	37
Atividades Industriais / Indústria Alimentícia	7	0	39	5	51
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	8	2	120	12	142
Atividades Industriais/ Indústria Química e Outras	74	0	134	26	234
Atividades Minerárias	20	4	71	40	135
Gerenciamento de Resíduos e Serviços	35	1	128	29	193
Total Geral	183	8	675	160	1026

Do total de 1.026 processos de licenciamento de empreendimentos constantes do arquivo “Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental”, 234 (23%) referem-se às atividades “Agrossilvipastoris” e 234 (23%) às “Atividades Industriais/Indústria Química e Outras”, compreendendo um total de 46%. Subordinadamente, aparecem as atividades de “Gerenciamento de Resíduos e Serviços” com 193 (19%) empreendimentos, seguida das atividades “Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras”, com 142 (14%) e “Minerárias” com 135 (13%). Dentre esses processos, 66% foram deferidos, 18% foram arquivados, 16% foram indeferidos e os demais (menos de 1%) foram cancelados. Os empreendimentos listados nesse cadastro não apresentam localização georreferenciada.

Conforme diretrizes estabelecidas para a gestão de áreas contaminadas de abrangência nacional (Resolução CONAMA nº 420/2009) e para o Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa Conjunta COPAM - CERH nº 02/20 e Deliberação Normativa COPAM nº116/2008), foram identificados 22 processos de áreas com necessidade de avaliação de passivo ambiental na bacia do rio Pará (Figura 5.10), cadastrados no arquivo de “Áreas Declaradas Contaminadas” referente ao ano de 2020, disponibilizado pela FEAM. As áreas identificadas pertencem a ferrovias, indústrias metalúrgicas, postos revendedores de combustíveis e empresas de produção de substâncias químicas, e estão classificadas como áreas contaminadas sob investigação (AI), áreas contaminadas sob intervenção (ACI), áreas em processo de monitoramento e reabilitação (AMR) e áreas reabilitadas para uso declarado (AR), conforme mostrado na Figura 5.10.



LEGENDA

- Sede municipal
- ▭ Limite municipal
- Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Macro-divisões hidrográficas

Classificação da Área por Atividades

- AI - Postos revendedores de combustíveis e afins
- ▲ ACI - Ferrovia
- ACI - Postos revendedores de combustíveis e afins
- ▲ AMR - Ferrovia
- AMR - Postos revendedores de combustíveis e afins
- ▲ AR - Ferrovia
- AR - Indústria Metalúrgica
- AR - Postos revendedores de combustíveis e afins
- AR - Produção de substâncias químicas não listadas

Onde:

- AI - Área Contaminada sob Investigação
- ACI - Área Contaminada sob Intervenção
- AMR - Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação
- AR - Área Reabilitada para Uso Declarado

Figura 5.10 – Localização das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Rio Pará.

Dentre as áreas contaminadas, 11 delas são postos revendedores de combustíveis e afins e 7 são indústrias metalúrgicas, que representam em conjunto 86% do total dos empreendimentos (Figura 5.11).

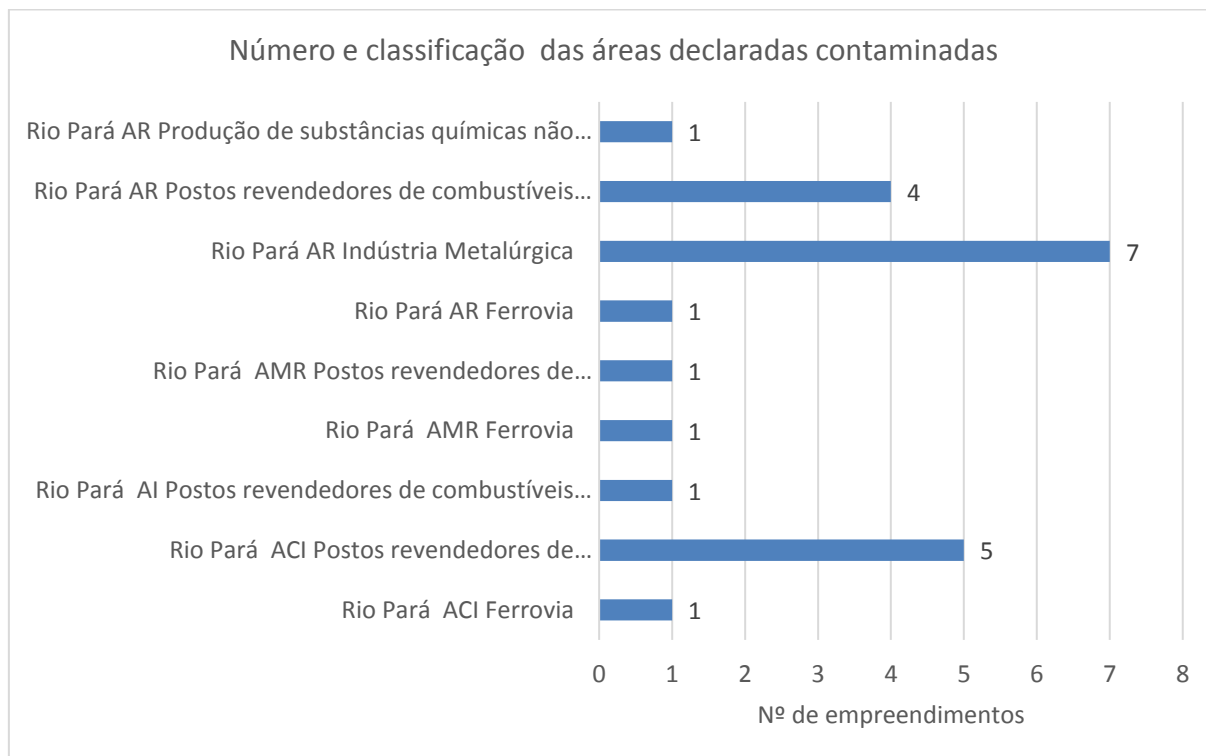


Figura 5.11 – Número e classificação das áreas declaradas contaminadas da Bacia do Rio Pará.

Em consulta ao arquivo do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, foram identificados 11 registros de barragens de rejeito de mineração na bacia do rio Pará, classificadas como de médio (6) e baixo (5) risco. Essas estruturas não possuem georreferenciamento.

O arquivo “Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários”, referente ao ano de 2019, lista 20 unidades municipais de tratamento de esgotos distribuídas na Bacia do Rio Pará (Quadro 5.18), compreendendo processos de tratamento simplificados, reatores anaeróbicos e sistemas de lagoas. Essas unidades constituem fontes pontuais potenciais de contaminação das águas subterrâneas e são classificadas, segundo a Deliberação Normativa COPAM nº 217, como atividades de médio potencial poluente. O arquivo não contém coordenadas de localização dessas estruturas.

Quadro 5.18 – Estações de tratamento de esgotos sanitários da Bacia do Pará.

Processo de tratamento	Quantidade
Processos Simplificados	5
Reatores Anaeróbios	13
Sistemas de Lagoas	2
Total	20

5.4.8.2 Fontes Difusas de Contaminação das Águas Subterrâneas

As fontes difusas, por sua vez, têm origem na disposição de materiais potencialmente contaminantes sobre áreas extensas e estão associadas às diferentes formas de uso e ocupação do solo. Atividades agrícolas destacam-se como as principais responsáveis pela contaminação potencial das águas subterrâneas de áreas rurais, pelo uso de fertilizantes e agroquímicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas e outros). As plumas geradas por fontes difusas de contaminação não são claramente definidas, todavia, podem afetar porções mais extensas dos terrenos.

A análise de fontes potenciais de contaminação difusa existentes na bacia do rio Pará foi realizada a partir dos seguintes documentos:

- Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais, disponibilizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD no endereço http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/SANEAMENTO/PANORAMA_2020_FINAL_15_03.pdf;
- Mapa de uso de ocupação do solo obtido do Projeto Mapbiomas, disponibilizado no endereço <https://mapbiomas.org>.

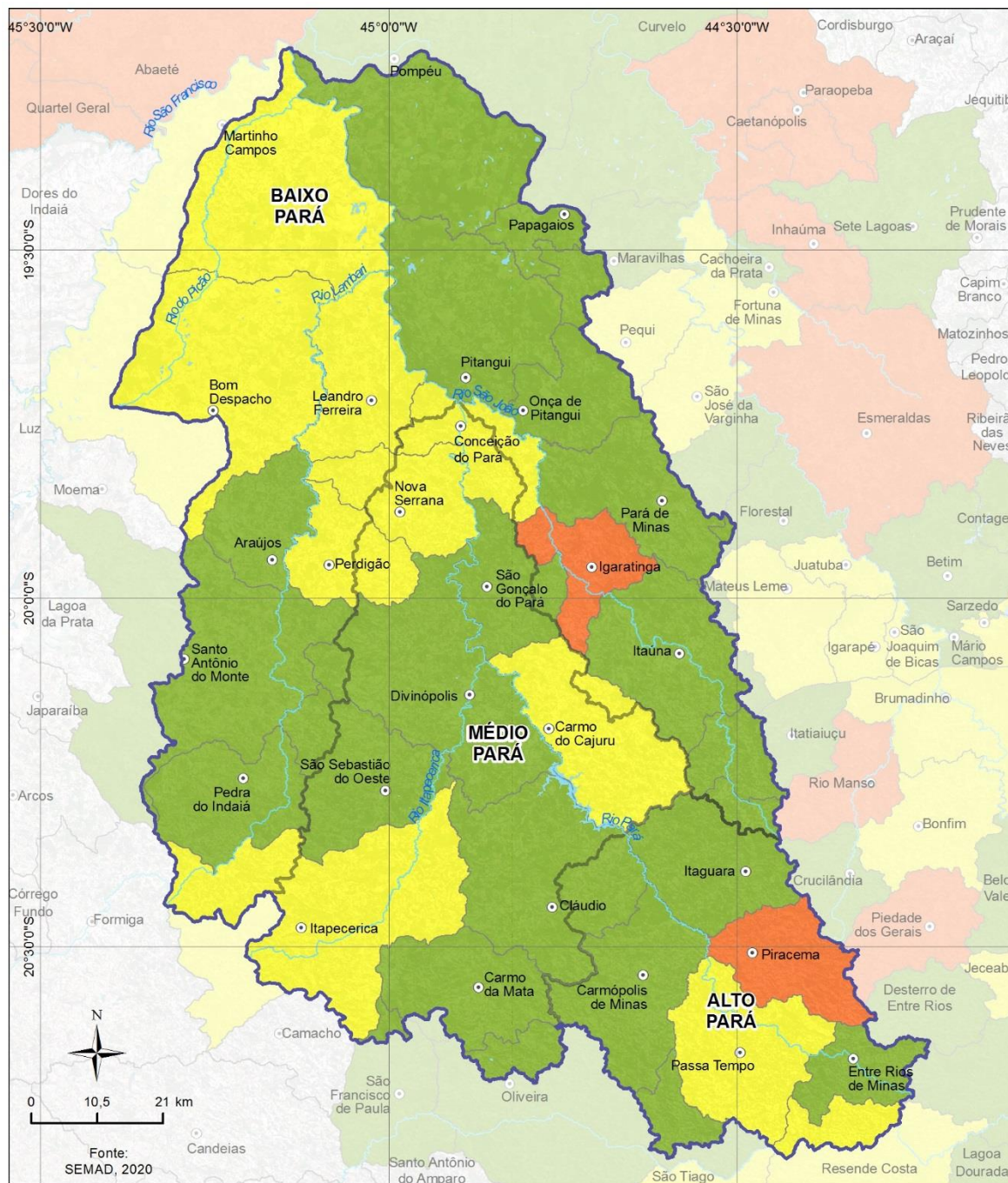
O arquivo “Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais” reúne dados publicados em 2020 sobre a situação da coleta de efluentes sanitários dos municípios mineiros. Os efluentes sanitários são lançados nas redes de esgotamento e transportados para estações de tratamento ou são despejados *in natura* nos cursos de água superficiais. Vazamentos na rede coletora são frequentes e liberam contaminantes que podem alcançar os lençóis de água subterrânea. Por

outro lado, o saneamento *in situ*, compreendido por fossas sépticas e negras situadas em áreas com ausência de redes de esgotamento sanitário, pode causar contaminação da água subterrânea. Nesse sentido, o percentual de cobertura da rede de esgotamento municipal é um parâmetro inverso de avaliação do potencial contaminante produzido pelo saneamento *in situ*, uma vez que baixos índices de cobertura de rede de esgoto indicam elevado potencial de contaminação dos aquíferos. A avaliação do potencial de carga contaminante no subsolo considerou três classes, como mostrado no Quadro 5.19, em função do percentual de cobertura da rede de esgotamento sanitário.

Quadro 5.19 – Classificação do potencial contaminante do saneamento in situ

Classes de potencial	% de cobertura da rede de esgoto
Elevado	até 25
Moderado	maior do que 25 a 75
Reduzido	Maior do que 75

A Figura 5.12 mostra que de 24 municípios com sede na bacia do rio Pará, 14 (58%) foram classificados como de potencial reduzido em relação à contaminação proveniente do saneamento *in situ*, 8 (34%) como de potencial moderado e 2 (8%) como de potencial elevado.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- ⬭ Macro-divisões hidrográficas

Potencial de contaminação

- Elevado
- Moderado
- Reduzido

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.12 – Potencial de contaminação por saneamento in situ de municípios da Bacia do Rio Pará

As diferentes formas de uso e ocupação do solo podem gerar contaminantes com maior ou menor potencial de alcançar os aquíferos. Para sua avaliação, foi utilizado um arquivo raster do MapBiomas, iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e produzido por rede colaborativa formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia, contendo um mapeamento dos principais biomas da bacia do rio Pará.

Os biomas identificados por meio de imagens de satélites Landsat da bacia do rio Pará estão discriminados no Quadro 5.20 e Figura 5.13. A classificação quanto ao potencial de contaminação das fontes difusas baseou-se nas classes apresentadas no “Domínios Pedomorfoagroclimáticos”, conforme proposição de Gomes (2008), com adaptações para os biomas identificados na bacia.

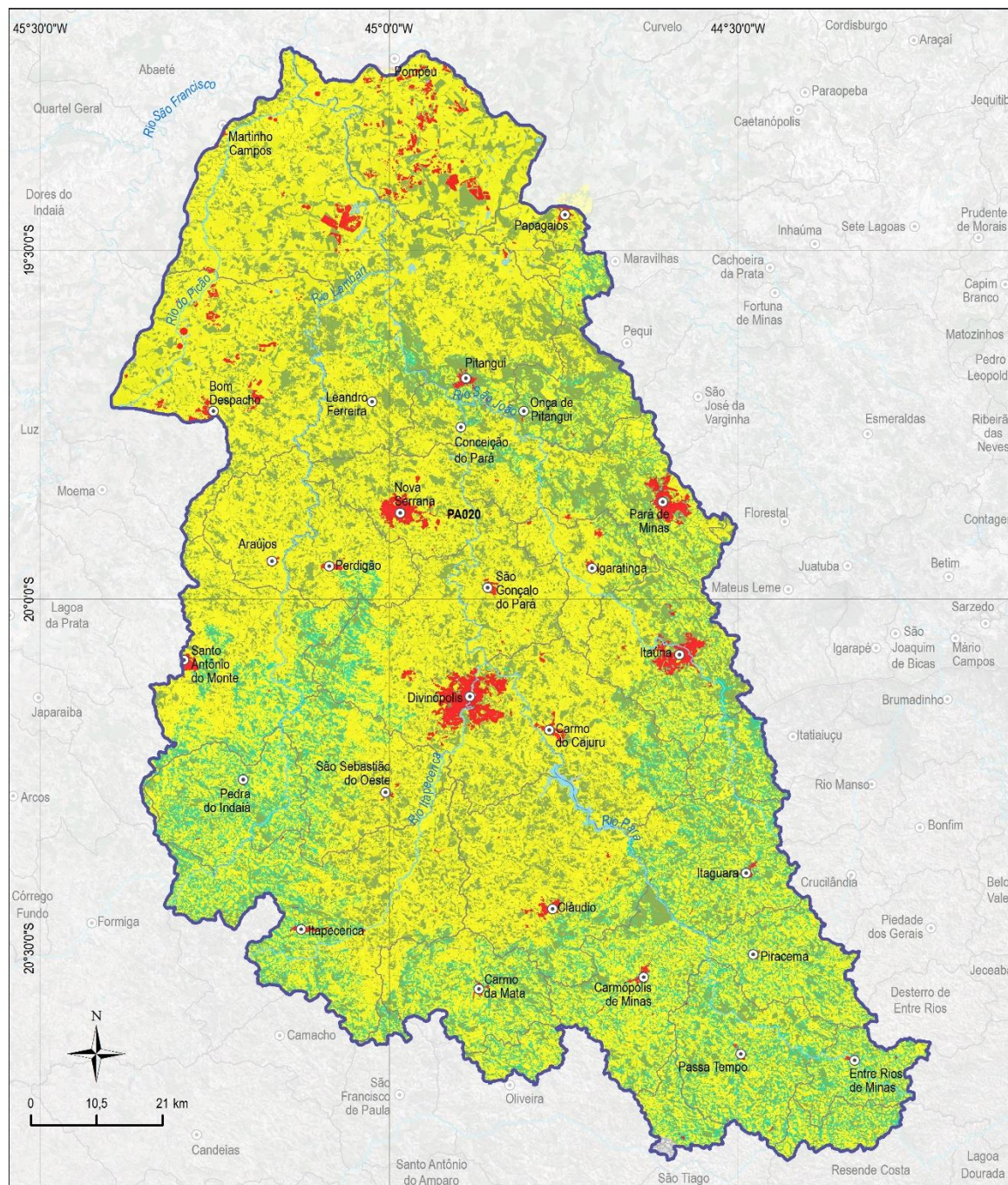
Quadro 5.20 – Classificação do potencial contaminante dos biomas da Bacia do Rio Pará

Biomias identificados	
Tipo	Classe de potencial contaminante
Cana	Elevado
Infraestrutura Urbana	Elevado
Soja	Elevado
Pastagem	Moderado
Lavoura Perene	Moderado
Floresta Plantada	Moderado
Outras Lavouras Temporárias	Moderado
Formação Florestal	Reduzido
Formação Savânica	Reduzido
Formação Campestre	Reduzido
Outras Áreas não Vegetadas	Reduzido
Indiscriminado	Sem classificação

A distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia do Pará (Quadro 5.21) mostra predominância da classe moderada (63%), seguida da classe reduzido (25%). Pouco mais de 2% da área apresenta potencial de contaminação elevado.

Quadro 5.21 – Distribuição das classes de potencial contaminante de fontes difusas da Bacia Rio do Pará

Classes	Área (km²)	% da área
Reduzido	3.106,09	25,41%
Moderado	7.696,98	62,96%
Elevado	268,31	2,19%
Sem classificação	1.154,73	9,44%
Total	12.226,11	100,00%



LEGENDA

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| ○ Sede municipal | Classes de potencial |
| □ Limite municipal | ■ Elevado |
| ~ Curso d'água | ■ Moderado |
| ■ Massa d'água | ■ Reduzido |
| ○ CH SF2 - Rio Pará | ■ Sem |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.13 – Distribuição das classes de potencial contaminante por fontes difusas da Bacia do Rio Pará.

5.4.8.3 Risco Potencial de Contaminação

O risco de contaminação das águas subterrâneas da bacia do rio Pará pode ser avaliado em função da distribuição no terreno das fontes pontuais ou das fontes difusas de contaminação.

A avaliação do risco de contaminação originado por fontes potenciais pontuais pressupõe a existência de um cadastro de licenciamento ambiental com identificação de todos os empreendimentos, cujas atividades econômicas tenham possibilidade, em maior ou menor grau, de contaminar os recursos hídricos subterrâneos. Além das informações básicas de caracterização do empreendimento e das atividades geradoras de carga poluente no subsolo, o órgão ambiental responsável pelos processos de licenciamento necessita classificar essas fontes em termos qualitativos quanto ao risco de eventual contaminação das águas subterrâneas. Finalmente, é imprescindível dispor das coordenadas geográficas de referência dos empreendimentos, de modo a permitir análises por meio de ferramentas de geoprocessamento.

Os dados levantados neste diagnóstico mostraram-se insuficientes e incompletos pela ausência parcial de georreferenciamento dos empreendimentos e de uma classificação qualitativa das fontes pontuais de contaminação, motivo pelo qual, não foi possível realizar uma avaliação por geoprocessamento dos riscos de contaminação por fontes pontuais.

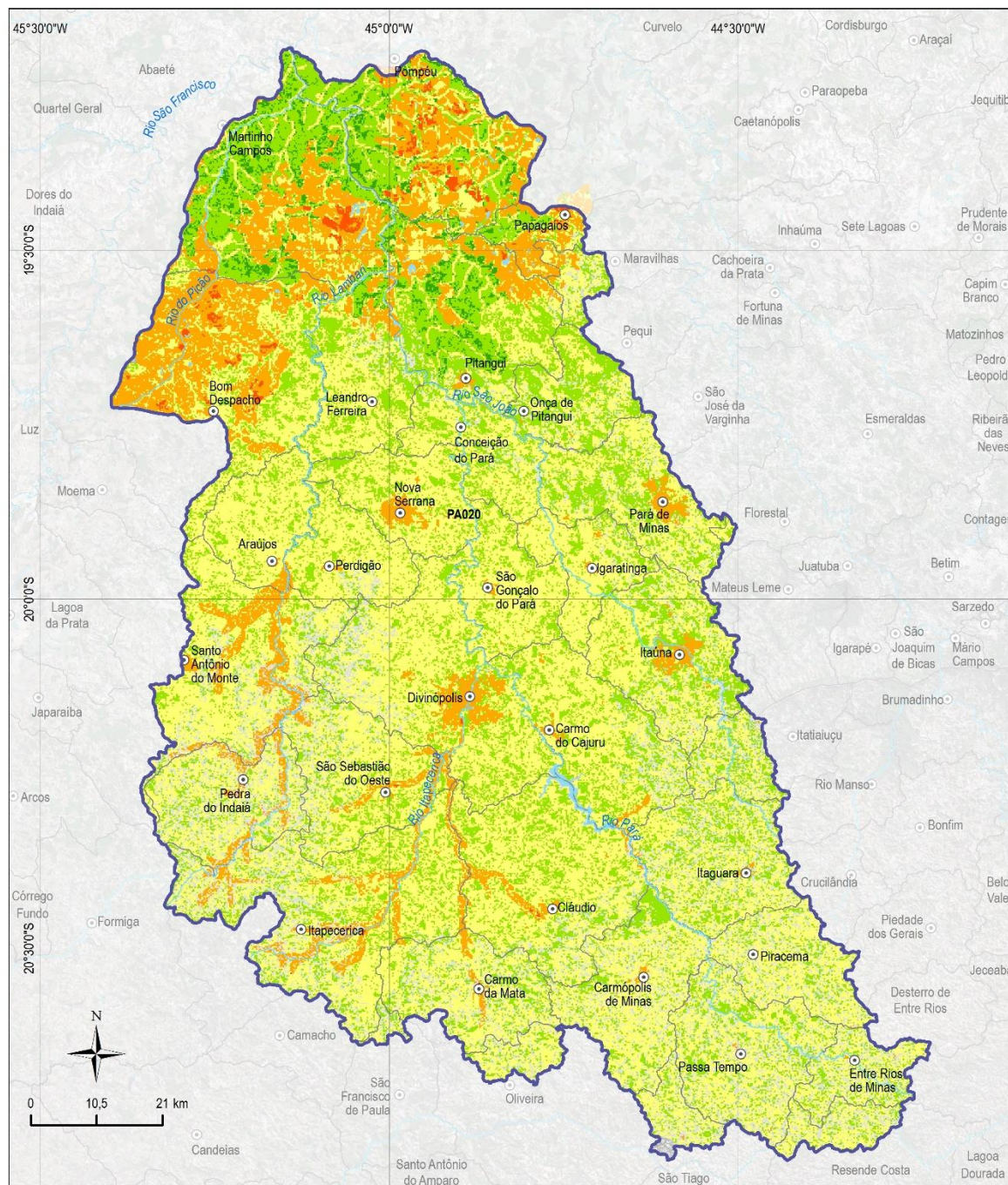
A avaliação do risco de contaminação por fontes potenciais difusas, localizadas na Bacia do Pará, envolve o cruzamento de informações do potencial de contaminação decorrente de atividades relacionadas ao uso e ocupação do solo (Figura 5.13) com a vulnerabilidade natural dos aquíferos (Figura 5.8). A matriz de classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos por fontes difusas utilizada neste diagnóstico é apresentada no Quadro 5.22.

Quadro 5.22 – Classificação do risco potencial de contaminação dos aquíferos da Bacia do Pará por fontes difusas

Vulnerabilidade natural	Potencial de contaminação		
	Elevado	Moderado	Reduzido
Extrema	Muito alto	Alto	Moderado alto
Alta	Alto	Moderado alto	Moderado baixo
Média	Moderado alto	Moderado baixo	Baixo
Baixa	Moderado baixo	Baixo	Muito baixo

O mapa da Figura 5.14 mostra a distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo na Bacia do Pará, segundo método descrito acima.

A distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Pará (Quadro 5.23) mostra predominância da classe moderada baixa com 51%, seguida da classe baixa com 26% e da classe moderada alta com 12%. As classes de potencial alto e muito baixo ocorrem apenas localizadamente. A classe de potencial muito alto não foi observada.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará

Risco potencial de contaminação

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado baixo
- Moderado alto
- Alto
- Muito alto
- Sem classificação

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.14 – Distribuição das classes de risco potencial de contaminação por fontes difusas da Bacia do Rio Pará.

Quadro 5.23 – Distribuição das classes de risco de potencial contaminante por fontes difusas relacionadas ao uso e ocupação do solo da Bacia do Pará

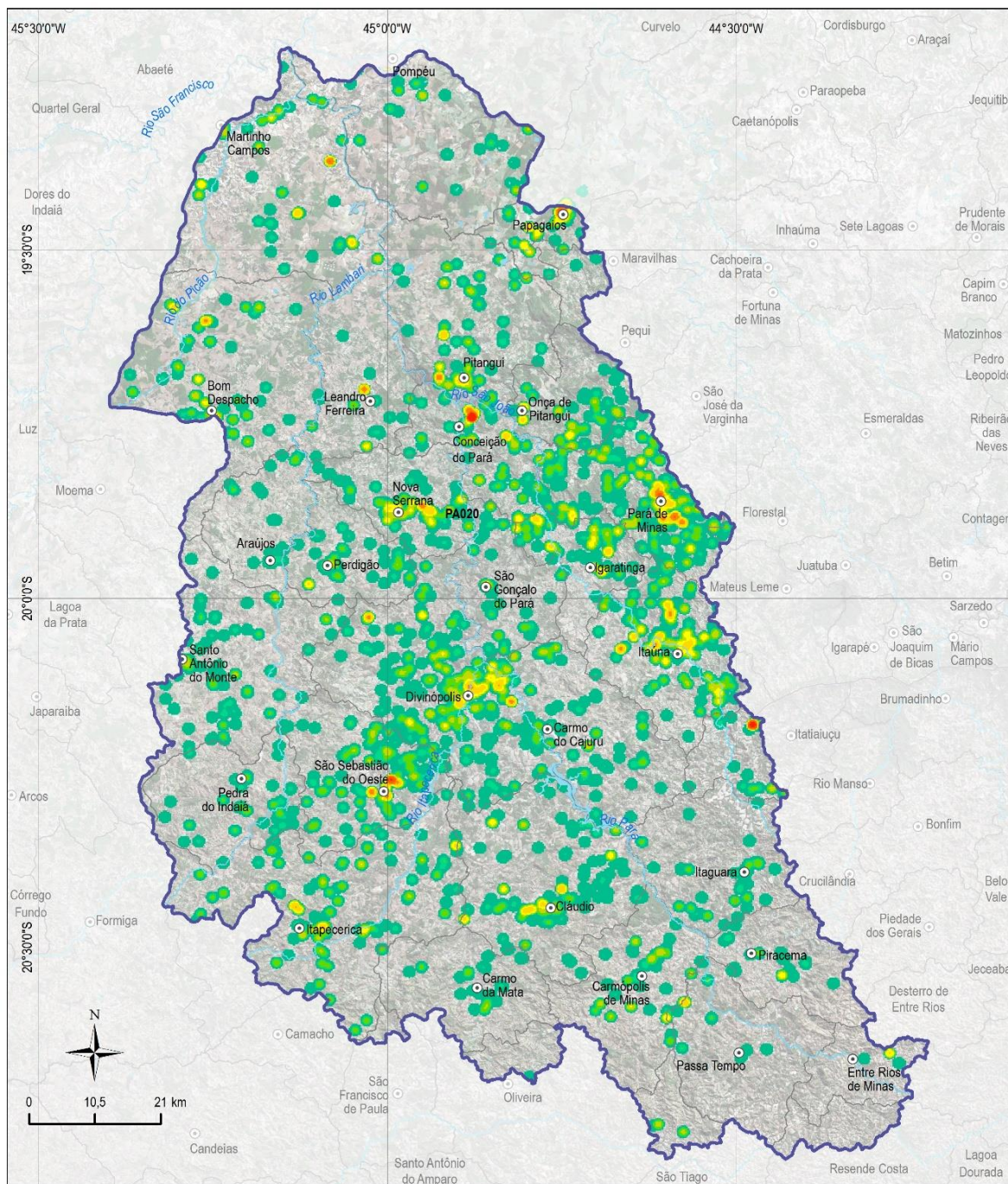
Classificação	Área (km ²)	% da área
Muito baixo	176,54	1,44%
Baixo	3.133,68	25,63%
Moderado baixo	6.279,65	51,36%
Moderado alto	1.414,41	11,57%
Alto	66,22	0,54%
Sem classificação	1.155,61	9,45%
Total	12.226,11	100%

5.4.9 Avaliação da Intensidade de Exploração

A avaliação da intensidade de exploração é o principal indicador de consumo das águas subterrâneas, pois permite identificar ou reconhecer áreas nas quais a extração de água é ou pode se tornar crítica. A análise da intensidade utiliza ferramentas de geoprocessamento aplicadas a dados de poços, considerando tanto o número absoluto de captações como as vazões individuais extraídas, razão pela qual, melhores resultados são obtidos a partir de cadastros de poços mais completos.

Neste diagnóstico, a avaliação da intensidade de exploração utilizou arquivo de dados de vazões de poços disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – SIGASF (<https://siga.cbhsaofrancisco.org.br>), reunindo o conjunto de captações outorgadas e de captações classificadas como insignificantes, totalizando 2.482 unidades cadastradas na Bacia do Pará.

O método de geoprocessamento utilizou a ferramenta “Kernel Density” do programa ArcGIS, com inserção de dados de vazão dos poços cadastrados. A ferramenta “Kernel Density” calcula a magnitude por unidade de área para cada célula usando a função Kernel e com base em uma vizinhança ao redor, exprimindo o resultado em termos de densidade de vazão por km². Os parâmetros considerados para esta análise espacial foram grid de saída regular de 200 m e raio de pesquisa de 2.000 m. Para melhor visualização, os valores de intensidade de exploração foram distribuídos em 10 classes de vazão e os resultados são mostrados na Figura 5.15, onde observam-se os locais de maior concentração de retirada de água subterrânea na bacia do rio Pará.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará

Intensidade de exploração (m³/h)

- 0,1 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 5
- 5,1 - 10

- 10,1 - 20
- 20,1 - 50
- 50,1
- 50,1 - 100
- 100,1 - 200
- 200,1 - 1.500

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.15 – Intensidade de exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Pará.

5.4.10 Monitoramento de Águas Subterrâneas

No Estado de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas subterrâneas por meio da Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade de Águas Subterrâneas, que avalia espacial e temporalmente a qualidade da água bruta utilizada para abastecimento público e para outros usos. Em nível federal, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM planeja, coordena e opera uma rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas.

Atualmente, a rede do IGAM não contempla pontos de monitoramento na bacia do rio Pará. Em outras partes do estado, o monitoramento permite a caracterização e a avaliação das condições de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas águas e fornece subsídios para ações de prevenção e controle da poluição. Os dados de qualidade obtidos podem auxiliar na implementação de outros instrumentos de gestão de recursos hídricos, como o estabelecimento de background (valores de fundo naturais) e o enquadramento para as águas subterrâneas. Os resultados de qualidade de água são armazenados em uma base de dados que permite observar a evolução da qualidade das águas ao longo do período monitorado.

Os pontos monitorados são, na sua grande maioria, poços tubulares de produção, mas também são monitorados poços rasos. A rede existente foi priorizada em função da:

- Relativa fragilidade ambiental motivada pela baixa disponibilidade hídrica superficial, associada a intenso uso das águas subterrâneas em atividades como a irrigação (com elevada taxa de exploração e potencial risco de contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos);
- Vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos cársticos;
- Falta de esgotamento sanitário apropriado nas áreas urbanizadas;
- Conflitos de uso das águas e algumas restrições em unidades de gestão.

Atualmente são monitorados 74 parâmetros físico-químicos e biológicos das águas subterrâneas (Figura 5.16). Os parâmetros pH, Eh, CE (Condutividade Elétrica), STD

(Sólidos Totais Dissolvidos), temperatura e OD (oxigênio dissolvido) são determinados em campo e os demais parâmetros são determinado em análises laboratoriais.

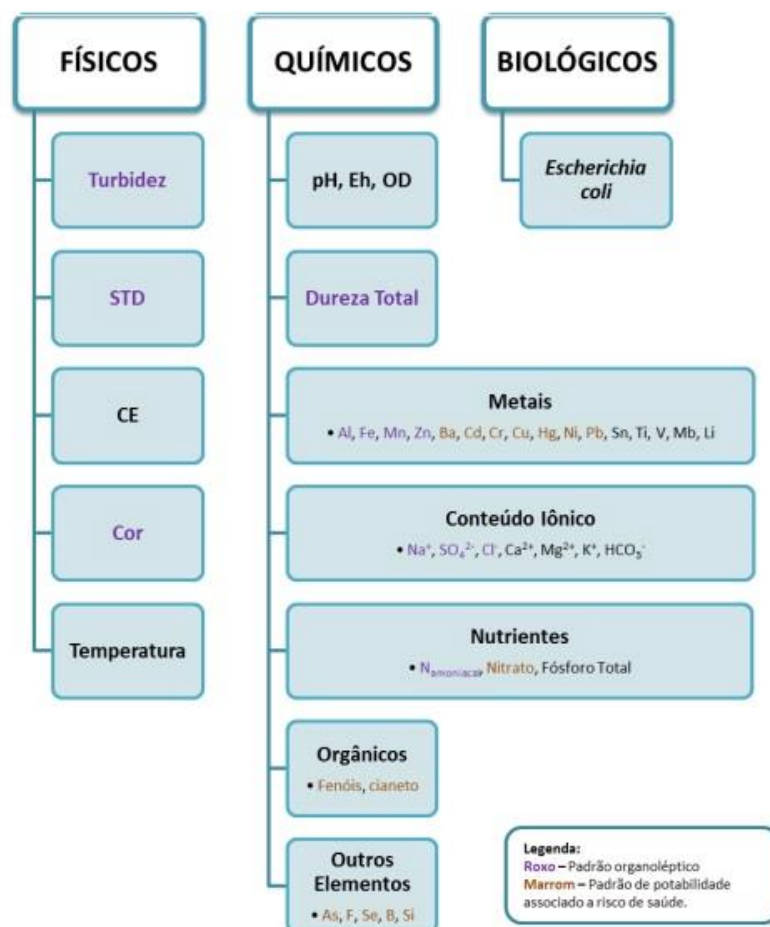


Figura 5.16 – Parâmetros físico-químicos e biológicos de águas subterrâneas analisados pelo IGAM.

A rede de monitoramento RIMAS (CPRM) é fundamentalmente de natureza quantitativa, ou seja, tem o propósito de registrar as variações de nível d'água (NA) ao longo do tempo. Essas variações de NA são registradas automaticamente nos poços de observação e, periodicamente, é feita a coleta dos dados armazenados. Posteriormente, os dados são consistidos, tratados e disponibilizados para consulta. Ainda que a rede não tenha como objetivo específico a avaliação qualitativa da água subterrânea, são feitas medições anuais da condutividade elétrica, pH, potencial de oxirredução, além de atender parcialmente aos parâmetros mínimos fixados pela resolução CONAMA Nº 396/2008.

Após a instalação do poço de monitoramento e a cada cinco anos, ou ainda em casos em que se verifique, a partir dos parâmetros indicadores, variação significativa na química da água, são feitas para análises físico-químicas completas (relação mínima de 43 parâmetros inorgânicos) com inclusão de orgânicos voláteis e semivoláteis conforme as condições de uso e ocupação dos terrenos nas imediações da estação.

Na bacia do rio Para, não foram identificados poços de monitoramento da rede RIMAs.

5.4.11 Viabilidade Técnica do Enquadramento

O enquadramento é um ato administrativo embasado em normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, cujo objetivo é promover a proteção da qualidade natural das águas subterrâneas com vistas ao seu aproveitamento econômico, social e ambiental. Até o presente momento, não foram identificados como aprovados formalmente estudos relacionados ao enquadramento das águas subterrâneas do Brasil.

O enquadramento em classes de qualidade, conforme disposto na Resolução CONAMA 396/2008, considera a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivos das águas subterrâneas. As metas de manutenção ou alcance das classes de qualidade de água pretendidas devem ser alicerçadas num conjunto de parâmetros hidroquímicos, definidos pelos gestores dos recursos hídricos.

De acordo com a referida resolução, as águas subterrâneas são categorizadas em seis classes:

- I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;
- II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeológicas naturais;

- III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e
- VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

As classes de água são estabelecidas com base na qualidade natural, Valores de Referência de Qualidade-VRQ determinados pelos órgãos competentes e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, conforme mostrado no Quadro 5.24. Os parâmetros selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, Nitrato e *E. coli*, segundo a Resolução CONAMA 396/2008. As demais informações sobre a classificação e diretrizes para o enquadramento das águas subterrâneas podem ser consultadas na RESOLUÇÃO CONAMA nº 396/2008.

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas presentes nos aquíferos é determinante para o conhecimento de sua qualidade natural e para o estabelecimento dos padrões de referência para o enquadramento em classes. A dinâmica de circulação das águas subterrâneas e sua interação com as águas de precipitação

atmosférica que circulam na superfície do terreno possibilita carrear substâncias poluentes que, por infiltração, alcançam os reservatórios subterrâneos, daí a necessidade de monitoramento contínuo dos parâmetros hidroquímicos.

Tanto para a caracterização hidroquímica quanto para o monitoramento contínuo de parâmetros de referência da qualidade da água subterrânea dos aquíferos, há necessidade de se montar uma rede de coleta de amostras de água provenientes de poços. É importante que os poços selecionados para compor essa rede apresentem boa distribuição em área, sejam representativos dos aquíferos existentes, possuam informações construtivas, perfis litológicos, dados de teste de bombeamento e que tenham sido tecnicamente bem construídos. Esses poços devem apresentar cimentação de proteção sanitária, ter tampa de proteção adequada e passar por manutenções preventivas em intervalos regulares, de modo a garantir a confiabilidade das análises químicas e bacteriológicas.

Quadro 5.24 – Condições e Padrões de Qualidade das Águas Subterrâneas (CONAMA 396/2008)

CAPÍTULO III - DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Art. 5º - As águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas.

Art. 6º - Os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs (Anexo I).

Parágrafo único. Os parâmetros que apresentarem VMP para apenas um uso serão válidos para todos os outros usos, enquanto VMPs específicos não forem estabelecidos pelo órgão competente.

Art. 7º - As águas subterrâneas de Classe 1 apresentam, para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos Valores Máximos Permitidos mais Restritivos dos usos preponderantes.

Art. 8º - As águas subterrâneas de Classe 2 apresentam, em pelo menos um dos parâmetros, Valor de Referência de Qualidade-VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMP+ dos usos preponderantes.

Art. 9º - As águas subterrâneas de Classe 3 deverão atender ao Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMP+ entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 10º - As águas subterrâneas de Classe 4 deverão atender aos Valores Máximos Permitidos menos Restritivos-VMP- entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 11º - As águas subterrâneas de Classe 5 não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados nesta Resolução.

As condições requeridas para a definição dos poços que irão compor a rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas podem ser encontradas nas captações de abastecimento público, administradas pela COPASA, prefeituras municipais e outras concessionárias. O monitoramento feito em poços de abastecimento público, em operação, é um processo simples que compreende a coleta periódica de amostras de água extraídas diretamente da torneira instalada no cavalete e envio ao laboratório para análises. O monitoramento da qualidade exige cumprir os procedimentos de coleta e preservação das amostras de água, que deve ser feito por técnicos de laboratórios credenciados ou certificados. A vantagem de utilização de poços públicos em operação é que se evita a instalação de poços de dedicação exclusiva, o que representa grande economia na implementação de uma rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.

Em se tratando de monitoramento com utilização de poços de abastecimento público e considerando que as concessionárias de distribuição estão obrigadas a realizar análises periódicas de qualidade da água, com a aprovação de uma resolução ou portaria poderiam ser exigidas análises periódicas contemplando os parâmetros necessários à caracterização hidroquímica e ao enquadramento em classes, conforme previsto na CONAMA 396/2008.

Considerando que a implementação da rede de monitoramento é um processo dinâmico que deve ser ajustado em conformidade com a intensificação da exploração dos recursos hídricos subterrâneos, nível de estresse dos aquíferos e eventos de contaminação, o plano de implementação deve obedecer a uma hierarquização de prioridades, de acordo com critérios definidos na etapa de planejamento da rede. As análises sistemáticas dos resultados de qualidade adquiridos ao longo dos primeiros anos de monitoramento permitirão definir áreas críticas e, se for o caso, a instalação de poços de dedicação exclusiva.

5.4.12 Considerações Finais

A etapa de diagnóstico das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Pará objetivou a análise, avaliação e consolidação das informações disponibilizadas por órgãos gestores de recursos hídricos e registradas em documentos de estudos técnicos específicos, conforme diretrizes contidas na Resolução nº 91/2008, que

dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

É notória, como destacado no Plano Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e igualmente constatado no Plano Diretor de Recursos Hídricos, a escassez e indisponibilidade de informações essenciais para a elaboração de um diagnóstico efetivo sobre as águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Pará, sem mencionar a inexistência de estudos hidrogeológicos específicos sobre os aquíferos locais. Todas essas questões devem ser consideradas na leitura crítica deste relatório.

O diagnóstico das águas subterrâneas da bacia do rio Pará sugere a implementação de uma rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas com a utilização de poços de abastecimento público ativos, condição que viabiliza o enquadramento. Por outro lado, a viabilidade econômica depende do conhecimento das características hidroquímicas dos aquíferos, planejamento da rede com definição e localização de poços, definição dos parâmetros de monitoramento, frequência de análises etc. Num primeiro momento, há necessidade de se adquirir informações mínimas adequadas para a caracterização hidroquímica dos aquíferos e classificação das águas segundo a Resolução CONAMA 396/2008. Num segundo momento, será possível desenhar a rede que dará suporte ao enquadramento das águas subterrâneas e avaliar os custos de implementação e operação, considerando a localização de poços, definição dos parâmetros de monitoramento, frequência de análises etc.

Finalmente, o diagnóstico ressalta que a efetivação da gestão dos recursos hídricos subterrâneos somente se concretizará a partir do esforço dos órgãos gestores no cadastramento e outorga das captações, e no aprofundamento do conhecimento hidrogeológico, tarefas fundamentais para se alcançar os objetivos propostos.

6. IDENTIFICAÇÃO, LOCALIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DAS FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAIS E DIFUSAS ATUAIS

6.1 ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS PONTUAIS (EFLUENTES DOMICILIARES, INDUSTRIAIS)

O cálculo estimativo das cargas poluidoras pontuais lançadas na bacia levou em consideração os lançamentos de ETEs e as cargas lançadas por empreendimentos com Declaração de Carga Poluidora. Para estimativa da carga poluidora lançada por ETEs foram utilizadas as seguintes informações, das seguintes fontes:

- População urbana dos municípios da bacia, Atlas 2020 (ANA), em elaboração;
- Porcentagem de esgoto coletado e tratado, por município, Atlas Esgoto 2019 (ANA);
- Remoção medida, projetada ou adotada de DBO_{5,20} atribuída à ETE, Atlas Esgoto 2019 (ANA);
- Base hidrográfica ottocodificada, 2017 (ANA);
- Mapa de localização das ETEs, Atlas Esgoto 2019 (ANA).

Foram buscadas informações sobre pontos de ocorrência contínua e frequente de lançamentos de cargas de acidentes em rodovias, ferrovias, dutos e aeroportos ou locais com registro contínuo de acidentes com produtos perigosos e que tivessem informações que pudessem ser utilizadas no contexto da estimativa de cargas poluidoras contínuas. No entanto, não foram identificadas outras cargas contínuas ou com grande frequência de ocorrência que pudessem ser agregadas a tal análise. Vale destacar que tais cargas usualmente são consideradas no contexto de análises de risco, não sendo, portanto, cargas contínuas e que seriam sempre identificadas nos corpos hídricos, como é o caso desse Diagnóstico.

Os parâmetros de produção de carga poluidora adotados são expostos no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Parâmetros adotados para produção de carga poluidora.

População	DBO (g/hab.dia)	Nitrogênio Total (g/hab.dia)	Fósforo Total (g/hab.dia)
População urbana (1)	54	8	2,5

*Conforme remoção de DBO de cada ETE.

Fonte:

(1): VON SPERLING. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS. IN: PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. BELO HORIZONTE. MINAS GERAIS VOL. 3 ED. 2005

Vale destacar que não foram consideradas remoções de nitrogênio e fósforo nas ETEs, de modo que toda a carga de nutrientes produzida é lançada aos corpos de água.

O Quadro 6.2 a seguir apresenta os municípios da CH SF2, com as respectivas populações e índices de coleta e tratamento de esgoto em ETEs, de acordo com o Atlas 2020 e o Atlas Esgoto 2019, da ANA.

Quadro 6.2 – Índices de coleta e tratamento nos municípios da CH SF2.

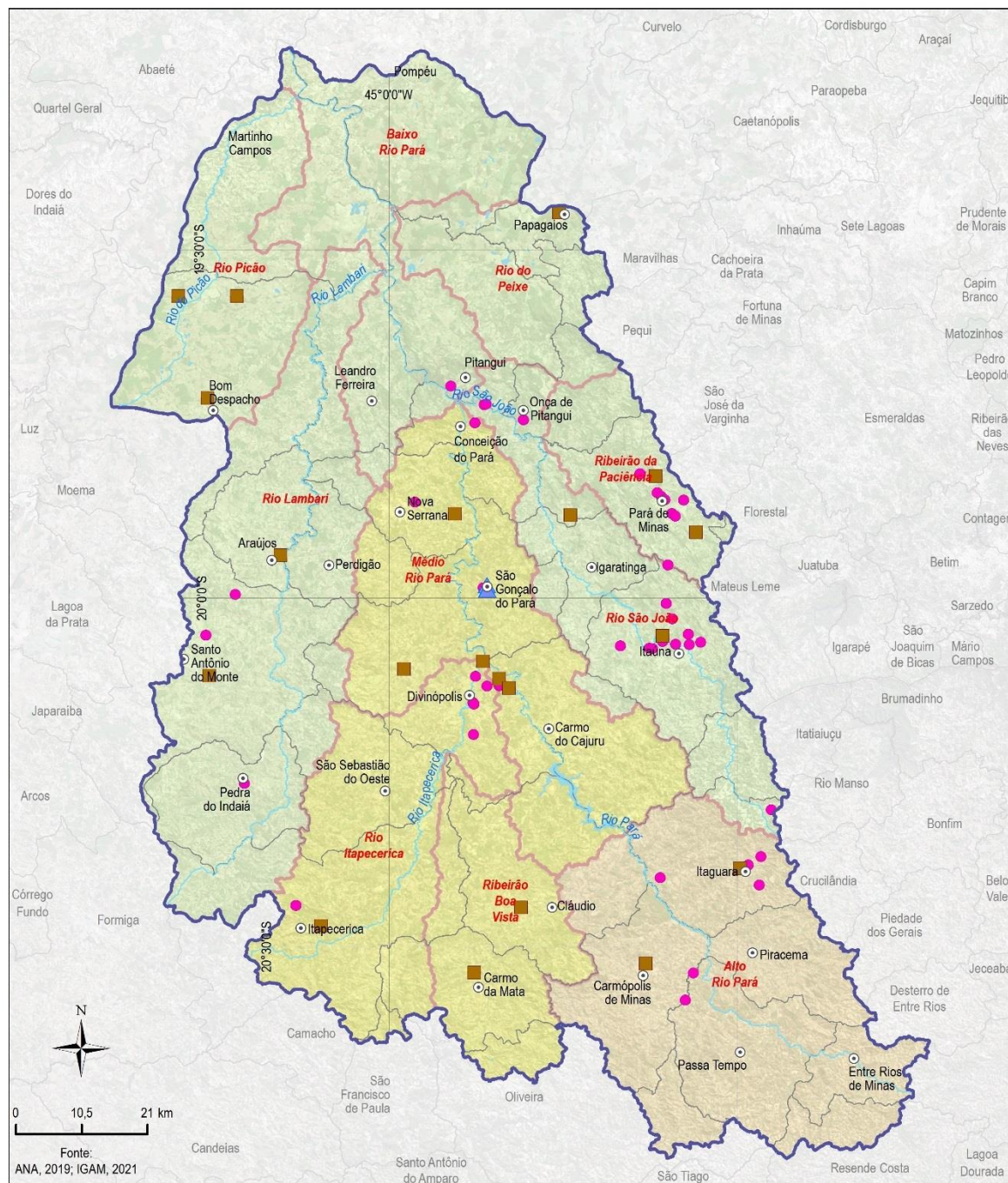
Município	Geocódigo	População urbana 2020	Coleta com tratamento (%)	Possui ETE?	Percentual médio de remoção da ETE
Araújos	3103900	8.513	66,6%	Sim	77%
Bom Despacho	3107406	49.019	88,9%	Sim	68%
Carmo da Mata	3114006	9.616	0,0%	Sim	0%
Carmo do Cajuru	3114204	20.564	0,0%	Não	0%
Carmópolis de Minas	3114501	14.924	70,0%	Sim	75%
Cláudio	3116605	25.272	90,5%	Sim	75%
Conceição do Pará	3117603	2.442	0,0%	Não	0%
Desterro de Entre Rios	3121407	4.415	0,0%	Não	0%
Divinópolis	3122306	236.897	2,2%	Sim	78%
Florestal	3126000	6.420	0,0%	Sim	80%
Igaratinga	3130200	9.861	0,0%	Não	0%
Itaguara	3132206	11.174	94,6%	Sim	73%
Itapecerica	3133501	17.168	69,5%	Sim	95%
Itatiaiuçu	3133709	7.549	0,0%	Não	0%
Itaúna	3133808	89.988	0,0%	Sim	0%
Leandro Ferreira	3138302	2.459	0,0%	Não	0%
Maravilhas	3139706	5.753	0,0%	Não	0%
Martinho Campos	3140506	12.464	0,0%	Não	0%
Nova Serrana	3145208	100.922	69,5%	Sim	67%

Município	Geocódigo	População urbana 2020	Coleta com tratamento (%)	Possui ETE?	Percentual médio de remoção da ETE
Oliveira	3145604	37.606	3,0%	Sim	0%
Onça de Pitangui	3145802	1.889	0,0%	Não	0%
Papagaios	3146909	13.708	100,0%	Sim	73%
Pará de Minas	3147105	91.944	97,9%	Sim	49%
Passa Tempo	3147709	6.821	0,0%	Não	0%
Pedra do Indaiá	3148905	2.401	0,0%	Não	0%
Perdigão	3149705	10.848	0,0%	Não	0%
Piracema	3150604	3.528	0,0%	Não	0%
Pitangui	3151404	26.342	0,0%	Não	0%
Pompéu	3152006	29.319	0,0%	Não	0%
Resende Costa	3154200	9.896	30,8%	Sim	85%
Santo Antônio do Monte	3160405	25.583	92,4%	Sim	65%
São Francisco de Paula	3161205	5.237	0,0%	Não	0%
São Gonçalo do Pará	3161809	9.655	0,0%	Não	0%
São Sebastião do Oeste	3164605	4.119	0,0%	Não	0%

Fonte: Atlas 2020 e Atlas Esgoto 2019

Com relação às cargas poluidoras industriais, foram considerados os empreendimentos registrados pelo IGAM/FEAM. Em consulta ao IGAM, foi disponibilizada a planilha de Declaração de Carga Poluidora (DCP) do ano base 2019, onde constam os empreendimentos com as respectivas localizações, os pontos de lançamentos dos efluentes e, para a maior parte deles, a carga de DBO anual lançada após tratamento. Vale destacar que, para efeito de cálculo de cargas pontuais, foram considerados apenas os empreendimentos cujos efluentes são lançados em corpos d'água, desconsiderando-se aqueles cujos lançamentos são feitos em redes de coleta ou no solo. Atenta-se também para a existência de empreendimentos registrados na base de Declarações de Carga Poluidora em que não consta a informação do local de lançamento dos efluentes (se em corpos d'água, solo ou rede pública).

A Figura 6.1 a seguir apresenta a localização das ETEs e dos empreendimentos constantes na Declaração de Carga Poluidora do IGAM/FEAM.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- CH SF2 - Rio Pará
- Sub-bacia
- Macro divisões hidrográficas**
- Alto Pará
- Médio Pará
- Baixo Pará
- Lançamento ETE
- Lançamento - Empreendimento (Declaração de Carga Poluidora)
- ▲ Outros empreendimentos identificados

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 6.1 – Cargas pontuais de ETEs e empreendimentos na bacia hidrográfica do Rio Pará.

O Quadro 6.3 apresenta as cargas lançadas por ETEs e pelos empreendimentos listados pelo IGAM, por sub-bacia, da CH SF2.

Quadro 6.3 – Cargas Pontuais na CH SF2.

Sub bacia	DBO (ton/ano)		Ntotal (ton/ano)		Ptotal (ton/ano)	
	ETE	DCP	ETE	DCP	ETE	DCP
Alto Rio Pará	107,78	8,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Ribeirão Boa Vista	112,67	0,00	66,77	0,00	20,86	0,00
Rio Itapecerica	11,75	12,26	34,83	0,00	10,88	0,00
Médio Rio Pará	479,92	20,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio São João	303,58	74,61	87,61	0,00	27,38	0,00
Ribeirão da Paciência	607,16	166,52	175,23	0,00	54,76	0,00
Rio Lambari	188,84	9,20	85,61	0,00	26,75	0,00
Rio do Peixe	72,95	0,00	40,03	0,00	12,51	0,00
Rio Picão	204,42	0,00	95,38	0,00	29,81	0,00
Baixo Rio Pará	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	2089,07	291,45	585,45	0,00	182,95	0,00
Total por parâmetro	2380,52		585,45		182,95	

Pode-se observar pelo Quadro 6.3 que a maior parte das cargas pontuais lançadas estão concentradas na sub-bacia do Ribeirão da Paciência, justificado pelo grande número de empreendimentos registrados na DCP, notadamente no município de Pará de Minas. Os municípios de Itaúna e Divinópolis, localizados respectivamente nas sub-bacias do Rio São João e Itapecerica (e Médio Rio Pará) também concentram número significativo de empreendimentos registrados na DCP, com lançamento de efluentes em corpos d'água.

Destaca-se também as cargas lançadas na sub-bacia do Médio Rio Pará, notadamente, conforme Figura 6.1, no município de Divinópolis, associadas a descargas de ETEs, principalmente, e também de empreendimentos da DCP.

Nas demais sub-bacias, as cargas pontuais estão mais bem distribuídas pelas respectivas áreas. De forma geral, a maior parte dos lançamentos pontuais estão localizados na parte central da bacia do Rio Pará.

6.2 ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS DIFUSAS (ORIUNDAS DE ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS E DE OUTRAS FONTES CAUSADORAS DE DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS)

O cálculo estimativo das cargas poluidoras difusas lançadas na bacia levou em consideração as atividades agropecuárias, os efluentes domésticos urbanos não tratados e os efluentes domésticos rurais, as atividades minerárias e as áreas vegetadas.

Para tanto, foram utilizadas as seguintes fontes de informações:

- Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Mapbiomas);
- População urbana e rural dos municípios da bacia (Atlas 2020);
- Porcentagem de esgoto não coletado e coletado e não tratado (Atlas Esgoto 2019);
- Porcentagem de efluente doméstico encaminhado a fossas sépticas (Atlas Esgoto 2019);
- Efetivo de rebanhos, ano base 2019 (IBGE);
- Base hidrográfica ottocodificada, 2017 (ANA);
- Base hidrográfica por sub-bacias, 2009 (IGAM).

Para estimativa das cargas difusas contribuintes aos trechos de cursos de água, foram adotadas cargas unitárias constantes na literatura, conforme Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas.

Fonte geradora		DBO	Nitrogênio Total	Fósforo Total	PO4	SST
População urbana e rural (g/hab.dia) (1)		54	8	2,5	-	-
Rebanhos Animais (kg/cabeça.ano) (2)	Bovinos*	200	60	12	-	-
	Equinos	200	60	12	-	-
	Ovinos**	25	4,1	9,9	-	-
	Suínos	32,9	7,3	2,3	-	-
	Aves	1,6	3,6	0,1	-	-
Áreas Agrícolas (kg/ha.ano) (3)		0	116,4	83,2	-	-
Áreas de Reflorestamento/Vegetação Nativa (kg/ha.dia) (4)		0	0,17	4,57	-	-
Áreas de Mineração (kg/acre.ano) (5)		18	2,21	0,281	0,131	176

*foram incluídos na classificação "Bovinos" também os bubalinos;

**foram incluídos na classificação "Ovinos" também os caprinos;

Fontes:

(1): VON SPERLING. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS. IN: PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. BELO HORIZONTE. MINAS GERAIS VOL. 3 ED. 2005

(2): SEMA - SECRETARIA DE ESTADO E MEIO AMBIENTE. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL (PERH-MS). CAMPO GRANDE, MS: EDITORA UEMS, 2010.

(3): IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES POR UNIDADE DE ÁREA (KG/HA.ANO). SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. RIO DE JANEIRO, 2012.

(4): OMERNIK, J. M. NONPOINT SOURCE-STREAM NUTRIENT LEVEL RELATIONSHIPS: A NATIONWIDE STUDY. U.S. EPA REPORT Nº. EPA-600/3-77-105. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. CORVALLIS. OREGON, 1977.

(5): HARPER, H. H. STORMWATER CHEMISTRY AND WATER QUALITY: ESTIMATING POLLUTANT LOADINGS AND EVALUATION OF BEST MANAGEMENT PRACTICES FOR WATER QUALITY IMPROVEMENTS. ENVIRONMENTAL RESEARCH&DESIGN, INC., 1998.

Para a população rural, considerou-se um abatimento de DBO, N e P de 30% (coeficiente de redução de 0,7), promovida por sistemas individuais de tratamento dos esgotos, tendo em vista que, normalmente, a população faz uso de fossas sépticas sem tratamento complementar. Caso fossem implantados conjuntos de tanque séptico e sumidouro, a faixa de remoção de DBO seria de 50% a 80% e de nitrato e de fosfato de 30% a 70% (ABNT, 1997)¹⁴.

No caso das contribuições por tipo de animal, foi admitida uma pré-depuração das cargas originadas da atividade pecuária devido à necessidade de escoamento superficial para que essas cargas alcancem os cursos de água. Dessa forma, para os rebanhos não-confinados utilizou-se um coeficiente de redução de carga de 90%, enquanto para os rebanhos confinados esse número foi de 50% associado a um sistema de tratamento de eficiência mínima de 60%.

Para as áreas agrícolas, o raciocínio foi semelhante, adotando-se um coeficiente de redução de 90% da carga bruta, assumindo-se que as culturas assimilam a maior parcela dos nutrientes aplicados no solo por meio de fertilizantes (SEMA, 2010, op. cit). As cargas unitárias apresentadas por áreas de reflorestamento/vegetação nativa já consideram o fluxo de nutrientes exportados por área de drenagem, por isso, não é necessário aplicar coeficientes de redução para obtenção das cargas remanescentes.

O cálculo das cargas difusas foi feito primeiramente por ottobacias, considerando-se os diferentes usos do solo. Feito isso, prosseguiu-se na classificação das ottobacias segundo as sub-bacias às quais pertencem. Uma vez que a base de ottobacias difere da base de sub-bacias, há casos em que a ottobacia incide em mais de uma sub-bacia. Neste caso, a ottobacia foi classificada como sendo da sub-bacia onde se localiza a sua maior porção.

Vale destacar que, para municípios que não estão totalmente inseridos na bacia, foi considerado como área urbana a área indicada pelo mapa de uso do solo como uso urbano (“Infraestrutura Urbana”, na nomenclatura do Mapbiomas) e a área rural como

¹⁴ ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969/1997: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

sendo a subtração da área total do município pela área urbana. Ainda, para cálculo do efetivo de rebanho nestes municípios que não estão totalmente inseridos na bacia, foi considerado efetivo proporcional à área de pastagem do município que está dentro da bacia em relação à área total do município. Foram considerados como área de pastagem as áreas denominadas “Pastagem” e “Mosaico de Agricultura e Pastagem” na nomenclatura do Mapbiomas.

O Quadro 6.5 apresenta as cargas difusas estimadas, por sub-bacia, na bacia hidrográfica do rio Pará.

Quadro 6.5 – Cargas Difusas na bacia.

Sub bacia	DBO (ton/ano)	Ntotal (ton/ano)	Ptotal (ton/ano)	SST (ton/ano)	Zn (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)	Pb (ton/ano)
Alto Rio Pará	24.428,14	10.497,67	81.941,16	10,44	0,01	0,01	0,02
Ribeirão Boa Vista	10.216,40	4.848,33	37.364,77	-	-	-	-
Rio Itapecerica	20.561,80	18.568,25	65.851,89	14,15	0,02	0,01	0,03
Médio Rio Pará	26.676,66	18.104,93	82.354,52	28,14	0,04	0,02	0,06
Rio São João	21.809,61	15.980,20	66.527,19	24,55	0,03	0,02	0,05
Ribeirão da Paciência	11.613,32	11.571,37	28.408,65	10,88	0,01	0,01	0,02
Rio Lambari	27.168,79	17.878,26	95.257,04	-	-	-	-
Rio do Peixe	9.354,49	8.695,20	39.147,79	-	-	-	-
Rio Picão	7.513,45	5.364,43	50.426,69	-	-	-	-
Baixo Rio Pará	13.318,88	11.346,18	81.293,86	-	-	-	-
Total	172.661,52	122.854,81	628.573,55	88,16	0,11	0,07	0,19

Do Quadro 6.4 pode-se inferir que as atividades minerárias estão presentes nas sub-bacias do Alto Rio Pará, Rio Itapecerica, Médio Rio Pará, Rio São João e Ribeirão da Paciência. As localizações e respectivas áreas ocupadas pelas atividades de mineração podem ser também notadas no mapa e no quadro de uso e ocupação do solo, apresentados na Figura 2.28 e Quadro 2.29, do Capítulo 2-6-2. As áreas ocupadas por empreendimentos minerários são pequenas na CH SF02 como um todo, por isso os baixos valores das cargas de SST, zinco, ortofosfato e chumbo. Na sub-bacia do Alto Rio Pará, por exemplo, pode-se observar uma área de mineração na divisa entre os municípios de Desterro de Entre Rios e Piracema; na sub-bacia do Rio Itapecerica, estes estão presentes no município de Divinópolis; no Médio Rio Pará, estes se encontram nos municípios de Carmo do Cajuru, São Gonçalo do Pará, Conceição do Pará e também em Divinópolis; nas sub-bacias do Rio São João e Ribeirão da Paciência, os empreendimentos estão nos municípios de Itaúna e Pará de Minas, respectivamente.

Com relação às cargas de DBO, nitrogênio e fósforo, estas estão relacionadas principalmente às cargas advindas da pecuária, bastante presente em toda a bacia do Rio Pará, cobrindo quase 60% da área da bacia e, ainda que em menor proporção, também das áreas agrícolas, das formações florestais (nativas e plantadas) e dos núcleos urbanos e rurais onde não há coleta e tratamento dos esgotos domésticos. As cargas estão bem distribuídas por todas as sub-bacias, considerando também a proporção de áreas ocupadas por cada uma delas. Destacam-se, portanto, as sub-bacias do Rio Lambari e do Médio Rio Pará, que concentram as maiores cargas de DBO. Deve-se dar destaque também à sub-bacia do Rio Itapecerica, onde se localiza parte do município de Divinópolis, maior da bacia, em termos de população, de modo que contribui significativamente para as cargas orgânicas associadas a fontes urbanas (esgotos domésticos). Nas sub-bacias do Baixo Rio Pará e Rio Picão, destacam-se as cargas de nitrogênio e fósforo advindas de atividades agrícolas, notadamente as culturas de soja e cana fortemente presentes na região, e também das áreas de florestas plantadas e formações florestais nativas, que contribuem principalmente com as cargas de fósforo.

7. ANÁLISE DA CONDIÇÃO ATUAL DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A realização de um monitoramento consiste em uma medição contínua, com padrões de medição definidos e de um longo período de tempo. Tendo como objetivo entender as condições do ambiente para que se possa realizar diagnósticos atuais e definições de tendências do local (VON SPERLING, 2007).

O monitoramento é utilizado no apoio à resolução de problemas na gestão de recursos hídricos. Ele fornece uma base de dados para os gestores em relação à situação dos ambientes, prognósticos, definição de padrões de lançamentos de efluentes, enquadramento das águas, definição de vazões ecológicas, entre outros instrumentos de gestão (BUSS, BAPTISTA e NESSIMIAN, 2003) (BRASIL, 1997).

Para realizar as avaliações quantitativas de água é necessário realizar coletas em campo, buscando conhecer a região e a localização das fontes poluidoras e, deste modo definir-se os pontos de controle. Essas amostragens devem seguir as determinações da NBR 9897:1987 e da NBR 9898:1987.

Segundo esta norma, o estudo de um corpo d'água deve iniciar com alguns questionamentos, um balanço dos recursos financeiros, pessoal e de equipamentos, e estabelecimento de cronograma. A caracterização prévia passa desde a descrição das características físicas e sociais do local, até investigação dos potenciais fontes de poluição, para iniciar-se as medições.

Para garantir o sucesso do monitoramento o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, CETESB, 2011) sugere a elaboração de um plano de amostragem. Esse plano integra a definição dos parâmetros a serem monitorados, podendo ser: físicos, químicos, biológicos, microbiológicos, toxicológicos e radiológicos.

Essa escolha deve ser pautada nas legislações vigentes, dos padrões que se deseja atender, condições financeiras e de campo. Ainda é necessário estabelecer a frequência de coleta, que delimitará o cronograma de amostragem (ANA, CETESB, 2011).

Desta forma a criação e implantação de uma rede de monitoramento varia de acordo com todos esses quesitos, normalmente o que se pratica é o início com uma rede menor e que se expande com o passar do tempo e análise da necessidade de monitorar pontos específicos. Gilbert (1987), descreve em sua publicação diferentes métodos para a definição de rede amostragem para poluição da água (Quadro 7.1).

Quadro 7.1 – Resumo de tipos de amostragens e quando devem ser usados para estimar médias ou totais

Tipos de amostragens	Condições em que são úteis
Acaso	Necessita uma população homogênea em tempo e espaço para que estimativas imparciais sejam realizadas.
Opinião	A população foco deve ser homogênea e completamente acessível. Ou amostras específicas são selecionadas para um único valor de interesse para fazer inferências sobre a população em geral.
Probabilidade ou aleatória simples	É o método de amostragem mais simples. Os outros métodos oferecem mais precisão na determinação da presença de contaminação.
Estratificada	Útil para populações heterogêneas, pois pode ser dividido em partes que são internamente homogêneas.
Multiestágio	Necessária quando as medições são feitas em dissoluções ou alíquotas da amostra de campo.
Núcleo	Utilizada para populações que se agrupam e toda unidade pode ser aleatoriamente medido em cada grupo.
Sistemático	É o método escolhido quando precisa-se estimar contaminações sobre o espaço. Também usado para estimar a média quando a concentração não é conhecida, ou quando os métodos aleatórios não são aplicáveis.
Amostragem em dobro	Útil quando existe uma alta correlação a variável de interesse e a variável mais fácil de ser medida.
Pesquisa	Utiliza as informações históricas, conhecimento local, ou amostragens anteriores as quais demonstrem onde o objeto de procura pode ser encontrado.

São encontrados diferentes métodos de realizarem as amostragens de dados, existe o conhecido como monitoramento convencional, e o mais recente, o automático (NETO, CIDREIRA, et al., 2013). O monitoramento convencional conta com uma estação fixa, na qual os equipamentos ficam instalados isoladamente. O registro somente é realizado quando o operador se dirige até a estação para efetivar a leitura, desta forma existem intervalos de leitura e os registros são armazenadas em meio físico (INMET, 2015).

A automatização do monitoramento trouxe um acompanhamento contínuo dos dados sem a necessidade da presença constante do operador. Essa modalidade de

observação conta com equipamentos mais tecnológicos como: sensores, alarmes, sondas multiparâmetros, computadores e transmissores (ALVIM, 2013).

Para o monitoramento automático de parâmetros físico-químicos, é comum a utilização de sondas multiparâmetros. Já para o conhecimento das condições geométricas do canal, podem ser utilizadas trenas, profundímetros, réguas graduadas e métodos para interpolação dos dados e definição da área da seção transversal, ainda para avaliação das condições hidráulicas são utilizados medidores de vazão (KOBAYAMA, MOTA e CORSEUIL, 2008).

A avaliação da qualidade da água é realizada por meio da comparação de parâmetros físicos, químicos e biológicos, com os padrões especificados nas legislações. Isto proporciona a identificação dos constituintes em desconformidade com a legislação e provocando alterações ambientais (VON SPERLING, 2007).

Jordão e Pessoa (2009) explicam que os parâmetros de qualidade são grandezas que indicam as características dos corpos de água, podendo ser conservativos, os quais não reagem com o corpo hídrico, ou não conservativos, que têm suas concentrações alteradas em função de sua propagação no meio.

Os parâmetros também poderão ser divididos em físicos (temperatura, sabor, odor, cor, turbidez), químicos (potencial hidrogênioônico – pH, oxigênio dissolvido – OD, demanda bioquímica de oxigênio – DBO), ou biológicos (coliformes fecais, algas) (JORDÃO e PESSÔA, 2009).

Para realizar as avaliações qualitativas e quantitativas de água, é necessário dados de campo que caracterizem as condições da bacia hidrográfica em termos de uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, hidrografia, cargas de constituintes produzidas no local, climatologia, entre outros. Para esta caracterização o monitoramento ambiental é ferramenta indispensável (MARTINS, 2017).

Para as análises e desenvolvimento da ferramenta de simulações apresentadas neste item compilou-se uma base de dados robusta, destacando-se os documentos:

- Base hidrográfica da ANA (*shapefile*);

- Base de ottobacias da ANA (*shapefile*);
- Base de informações geológicas do IBGE (*shapefile*);
- Base informações de geomorfologia do IBGE (*shapefile*);
- Uso do Solo de 2019 do MaBIOMAS (*shapefile*);
- Modelo Digital do Terreno da EMBRAPA de 2007 (*raster*);
- Estações de monitoramento de qualidade da água do IGAM e o Hidroweb;
- Estações fluviométricas do IGAM e o Hidroweb;
- Estações pluviométricas do IGAM e o Hidroweb.

Com a base de dados construída, os dados dos monitoramentos foram compilados e consistidos produzindo o diagnóstico da condição atual da qualidade das águas da bacia hidrográfica de estudo. Este diagnóstico foi feito com a aplicação da comparação dos valores de coletas e análises de qualidade com os limites estabelecidos na legislação aplicável, comparação entre as variáveis intervenientes, como o uso do solo e o regime hidrológico local e, ainda, por meio do cálculo de indicador de conformidade com o enquadramento atual.

Neste capítulo também é apresentada a construção da ferramenta do modelo de qualidade da água, o qual se propõe a estimar as variações de concentração de poluentes à medida que eles se movimentem no ambiente. Esse modelo será utilizado de forma mais efetiva nas análises posteriores de diagnóstico e suporte à definição do cenário a ser construído para o planejamento da bacia.

Esta ferramenta torna-se fundamental para o prognóstico das condições da qualidade da água e de atendimento às metas de enquadramento frente as alterações nas condições da bacia hidrográfica. Ainda, provê suporte às tomadas de decisão na consolidação do enquadramento e na outorga de efluentes, por meio da otimização da alocação de cargas em função da capacidade de assimilação do corpo hídrico (MARTINS, 2017).

7.1 ANÁLISE DE QUALIDADE COM BASE NOS DADOS DE MONITORAMENTO

Na bacia hidrográfica do rio Pará foram identificadas 30 estações de monitoramento de qualidade da água operadas pelo IGAM, com monitoramento trimestral, sendo seis localizadas no rio principal e as demais nos tributários (Figura 7.1).

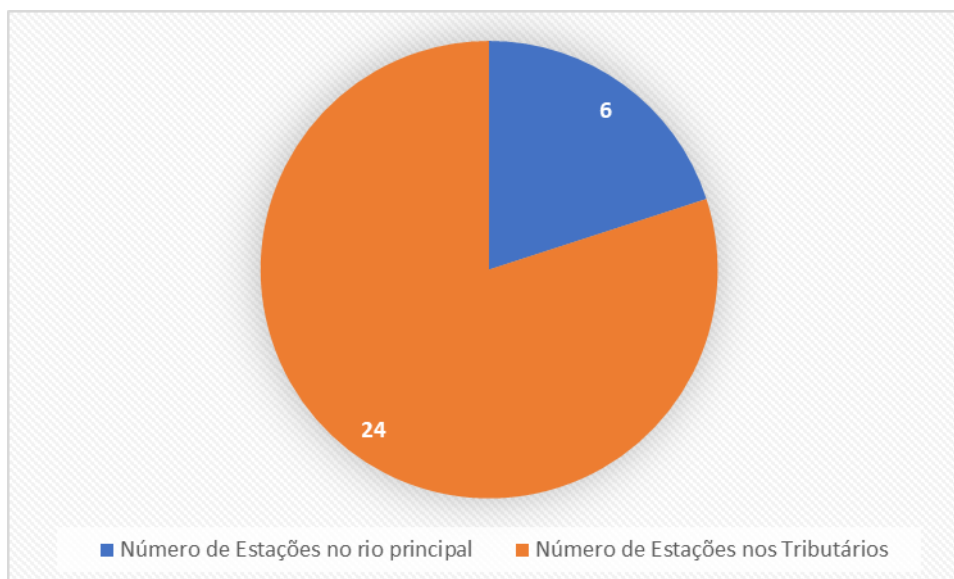
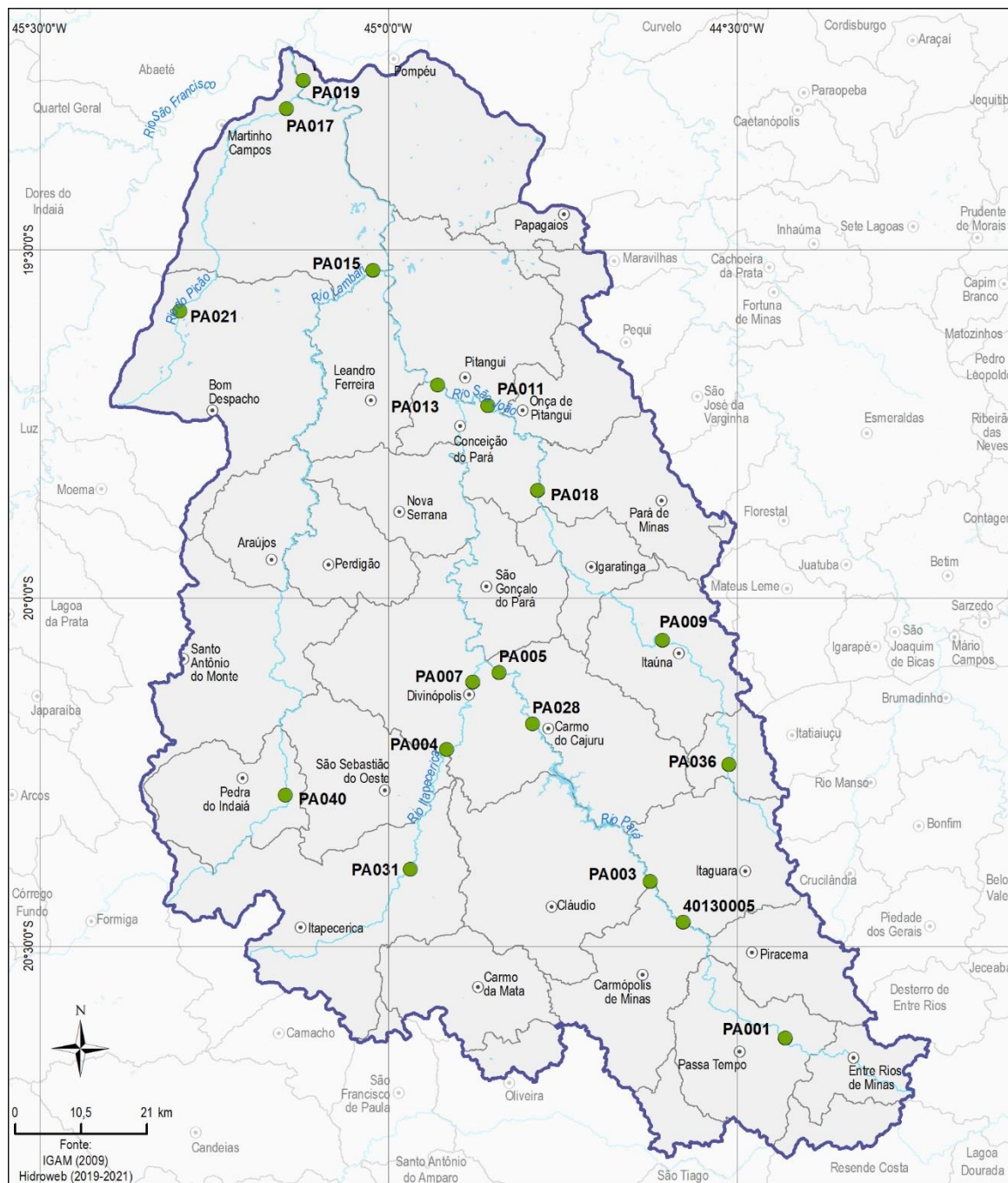


Figura 7.1 – Número de estações de monitoramento de qualidade da água do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Pará.

Além das estações do IGAM, foram identificadas outras estações na base de dados do Hidroweb. Após levantamento e tratamento dos dados, verificou-se que para o período de 2019 a 2021 havia 18 estações com dados válidos e, sendo assim, organizou-se a base de dados com a divisão descrita a seguir e espacializada na Figura 7.2 e apresentada no Quadro 7.2. Vale ressaltar que estações duplicadas nas bases de dados (IGAM e Hidroweb) foram consideradas como únicas, permanecendo os dados do IGAM, por serem dados diretos do operador.

- 6 estações no Rio Pará;
- 5 estações no Rio Itapeçerica;
- 2 estações no Rio São João;
- 3 estações no Rio Lambari;
- 2 estações no Rio do Picão.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF2 - Rio Para
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- Estação de Monitoramento

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.2 – Estações monitoramento de qualidade da água do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Para consideradas neste estudo.

Quadro 7.2 – Estações de Monitoramento Qualitativo

Código	Código Hidroweb associado	Estação	Operador	Sub-bacia	Município	Latitude (°)	Longitude (°)
PA001	40106000	PA001	IGAM	Alto Rio Pará	Passa Tempo	-20,6322	-44,4311
PA003	40130003	PA003	IGAM	Alto Rio Pará	Itaguara	-20,4069	-44,6251
40130005	-	Carmópolis de Minas	Hidroweb	Alto Rio Pará	Carmópolis de Minas	-20,4658	-44,5778
PA005	40154500	PA005	IGAM	Médio Rio Pará	Carmo do Cajuru	-20,1072	-44,8415
PA028	40149000	PA028	IGAM	Médio Rio Pará	Divinópolis	-20,1808	-44,7941
PA013	40330000	PA013	IGAM	Baixo Rio Pará	Conceição do Pará	-19,6945	-44,9298
PA019	40100010	PA019	IGAM	Baixo Rio Pará	Pompéu	-19,2567	-45,1224
PA031	40156000	PA031	IGAM	Rio Itapecerica	Itapecerica	-20,3897	-44,969
PA004	40189000	PA004	IGAM	Rio Itapecerica	São Sebastião do Oeste	-20,2175	-44,9166
PA007	40190010	PA007	IGAM	Rio Itapecerica	Divinópolis	-20,1211	-44,8794
PA015	40411000	PA015	IGAM	Rio Lambari	Martinho Campos	-19,5298	-45,0221
PA040	40340000	PA040	IGAM	Rio Lambari	Pedra do Indaiá	-20,2829	-45,148
PA017	40510000	PA017	IGAM	Rio Picão	Martinho Campos	-19,2976	-45,1468
PA021	40490010	PA021	IGAM	Rio Picão	Bom Despacho	-19,5883	-45,2997
PA009	40291000	PA009	IGAM	Rio São João	Itaúna	-20,0604	-44,6071
PA011	-	PA011	IGAM	Rio São João	Pitangui	-19,7239	-44,8576
PA036	40210000	PA036	IGAM	Rio São João	Itatiaiuçu	-20,2394	-44,5119
PA018	-	PA018	IGAM	Rio São João	Conceição do Pará	-19,8455	-44,7864

Em relação aos parâmetros monitorados na bacia hidrográfica do rio Pará contabilizou-se o monitoramento de até 50 parâmetros medidos em pelo menos uma das estações no período estudado (2019-2021) (Figura 7.3). Dos parâmetros identificados, apenas 25 são monitorados em pelo menos metade das estações (Figura 7.4), são eles:

- Cádmio total;
- Chumbo total;
- Cianeto total;
- Cloreto total;
- Coliformes totais;
- Condutividade elétrica in loco;
- Cromo total;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- *Escherichia coli*;
- Fenóis totais;
- Ferro dissolvido;
- Fósforo total;
- Níquel total;
- Nitrato;
- Nitrogênio amoniacal total;
- Oxigênio dissolvido;
- pH in loco;
- Sólidos em Suspensão Totais;
- Sólidos totais;
- Substâncias tensoativas;
- Sulfeto;

- Temperatura da água;
- Temperatura do ar;
- Turbidez;
- Zinco total.

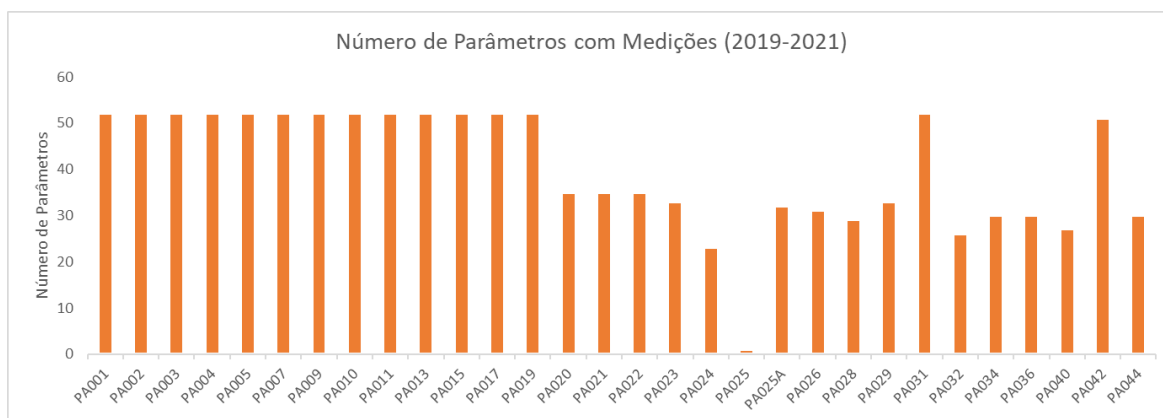


Figura 7.3 – Número de parâmetros medidos em pelo menos uma das estações do IGAM na bacia hidrográfica do Rio Pará no período estudado (2019-2021).

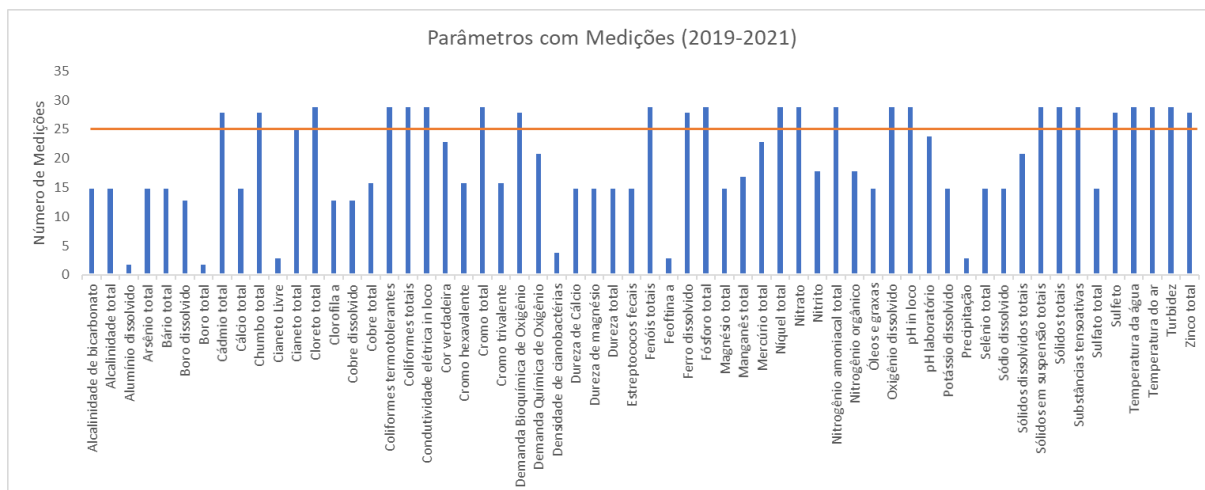


Figura 7.4 – Número de estações do IGAM com pelo menos um dos parâmetros medidos na bacia hidrográfica do Rio Pará no período estudado (2019-2021).

O ambiente aquático é uma combinação complexa de disponibilidade de alimentos, desenvolvimento de organismos, trocas atmosféricas e forças externas, todas elas conectadas e com um papel a desempenhar. Equilibrado, todo o processo ocorre normalmente e o ecossistema tem um desenvolvimento saudável, bem como a

condição de qualidade da água, porém, as cargas introduzidas pelas atividades antrópicas podem distorcer essa condição produzindo consequências danosas ao meio ambiente, inclusive incapacitando o uso da água (AMORIM, 2020).

A Figura 7.5 mostra os principais processos em um ecossistema aquático relacionado à qualidade da água, auxiliando na compreensão da escolha das variáveis indicadoras.

O Oxigênio Dissolvido (OD) é o principal indicador de qualidade da água, uma vez que sem ele a vida aquática fica comprometida, limitando-se apenas a organismos e reações anóxicas. As principais fontes de Oxigênio Dissolvido são as trocas entre a interface ar-água e a produção de algas (CHAPRA, 2008).

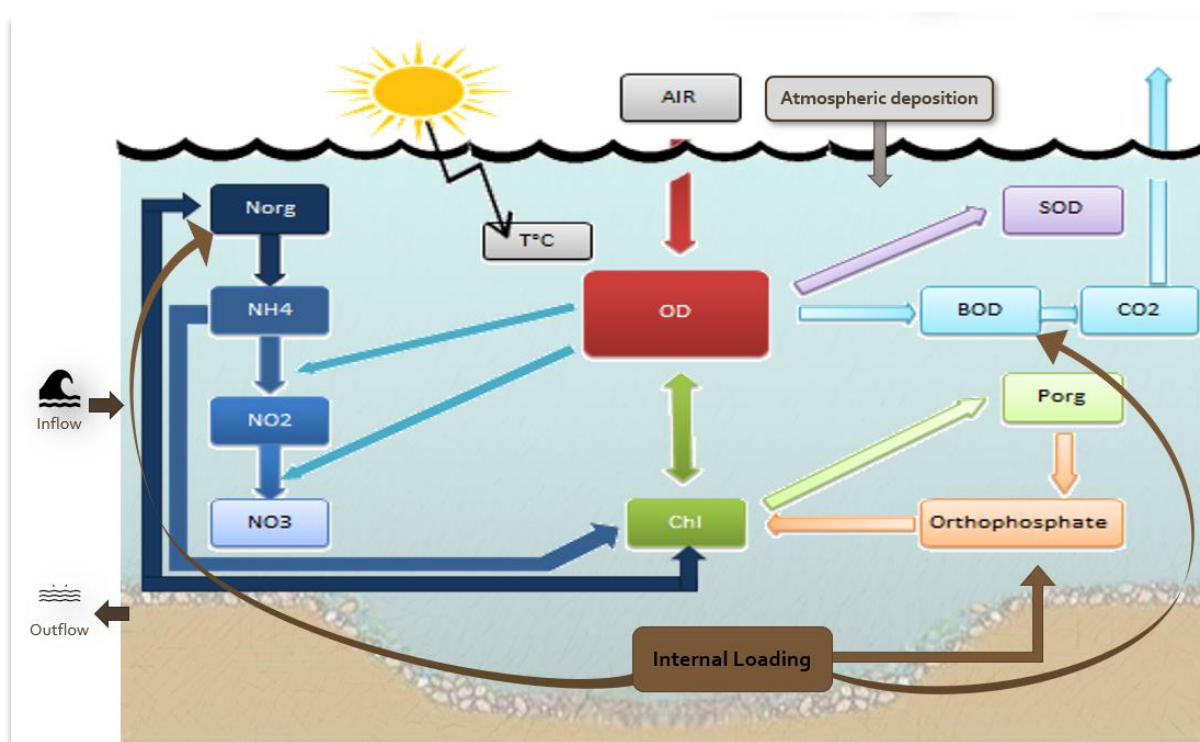


Figura 7.5 – Funções e dependências dos constituintes no ambiente aquático.

Fonte: Amorim (2020).

Os outros processos, como as transformações de Fósforo, Nitrogênio e Matéria Orgânica, entram no sistema como consumidores de OD. E sua presença podem indicar fontes de poluição diversas (VON SPERLING, 2007).

Os coliformes têm a sua origem associada aos humanos e aos animais, sua presença na água reflete o nível de saúde da população e as condições de saneamento da região, uma vez que a principal entrada deste constituinte no ambiente aquático é pelo lançamento de esgoto. Esse parâmetro tem também influência em questões de potabilidade da água, uma vez que sua presença pode agir como transmissora de doenças (VON SPERLING, 2007).

A matéria orgânica é considerada umas das maiores causadoras de problemas na qualidade da água, uma vez que o processo metabólico para sua utilização e estabilização é alto consumidor de OD. Sua origem pode ser antropogênica, por efluentes domésticos e industriais, e natural, como matéria orgânica vegetal, animal e microrganismos (AMORIM, 2020).

Normalmente utiliza-se métodos indiretos de quantificação da matéria orgânica na água, sendo, por exemplo, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Total (COT). A legislação determina valores máximo de DBO nos corpos hídricos (CONAMA, 2005).

O Fósforo por sua vez, aparece na água principalmente na forma de Ortofosfato, Polifosfato e Fósforo Orgânico, sendo a primeira a forma mais biodisponível para o ambiente. O Fósforo é um nutriente essencial para os organismos aquáticos, no entanto, em excesso pode propiciar condições de eutrofização dos ambientes. Sua origem é variada podendo ser natural e antropogênica, a dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica e de microrganismos são fontes naturais do composto. Efluentes domésticos e industriais, detergentes e fertilizantes são as principais fontes antropogênicas (MARTINS, 2017).

O Nitrogênio é outro constituinte que pode ser encontrado de diversas formas no ambiente aquático, também é fonte de nutriente aos organismos. Seu ciclo biogeoquímico é complexo e de suma importante ao meio (JI, 2008)

Em termos de qualidade da água de corpos hídricos naturais a determinação da forma preponderante do nitrogênio fornece informações sobre o estágio da poluição, sendo mais recente associada ao Nitrogênio Amoniacal (NH) e mais antiga ao Nitrato (NO₃). A primeira forma (NH) é geralmente advinda de poluições urbanas, efluentes que

rapidamente atingem os cursos hídricos, enquanto o Nitrato é mais utilizado nos cultivos, com adubação ao solo. Suas principais fontes coincidem com as do Fósforo (CHAPRA, 2008)

No ecossistema existem também os micropoluentes inorgânicos, como, por exemplo, os metais. Grande parte desses constituintes é tóxica, e daí a importância da sua regulação e monitoramento. Sua origem pode ser de forma natural, caso a composição do solo contenha grandes quantidades desses elementos, no entanto, é a atividade de mineração e garimpo, juntamente com os efluentes industriais que respondem como grandes fontes de entrada dos metais na água (VON SPERLING, 2007).

Os sólidos aportantes ao corpo hídrico são muitas vezes as partículas nas quais os poluentes ficam adsorvidos e, assim, são carregados ao meio ambiente. Dessa forma, o sedimento também é um sumidouro de Oxigênio, assim como a deposição atmosférica (AMORIM, 2020).

Esse material sólido pode estar em suspensão na coluna d'água, alterando o parâmetro conhecido como Turbidez. Ela interfere nos processos biológicos, pois afeta a transmissão da luz ao longo da coluna d'água e está diretamente ligada com as condições hidrológicas da bacia hidrográfica. Valores elevados de turbidez podem significar processos erosivos, manejo inadequado do solo e lançamentos de efluentes (MARTINS, 2017).

A temperatura é o constituinte que afeta todos os outros, uma vez que influencia os processos químicos, físicos e biológicos do ambiente. Sua variação depende das condições climatológicas locais, mas também pode ser alterada pelos lançamentos de efluentes no corpo hídrico. Pode-se citar o aumento da transferência e a redução da solubilidade de gases em elevadas temperaturas, condições que podem gerar mau cheiro e queda na concentração de OD (AMORIM, 2020)

A base de dados foi então verificada em termos de existência de séries temporais dos parâmetros, uma vez que o valor medido no campo representa uma fotografia estática do momento da coleta, somente com a continuidade do monitoramento pode-se

entender a tendência de variação da qualidade da água e correlacioná-la com seus fatores intervenientes.

As imagens a seguir apresentam os dados de cada variável em cada estação para o período estudado (2016 a 2020) para o rio principal. Ressalta-se que pontos de atenção em termos de qualidade da água identificados na bacia hidrográfica do Rio Pará contempla as regiões de Divinópolis (PA007 e PA005), São Sebastião do Oeste (PA004), Carmo do Cajuru (PA028), Pitangui e Leandro Ferreira (PA013).

No quesito indicadores de atividades humanas, as menores médias de concentração de OD são encontradas nas estações próximas à Divinópolis, sendo a PA005 no Rio Pará. Para o Nitrogênio Amoniaco é a região da PA013, área de drenagem dos municípios de Pitangui e Leandro Ferreira. A *Escherichia coli* apresenta altas concentrações e desconformidades ao longo de todo o Rio Pará, com maiores picos próximos à Carmo do Cajuru (PA028).

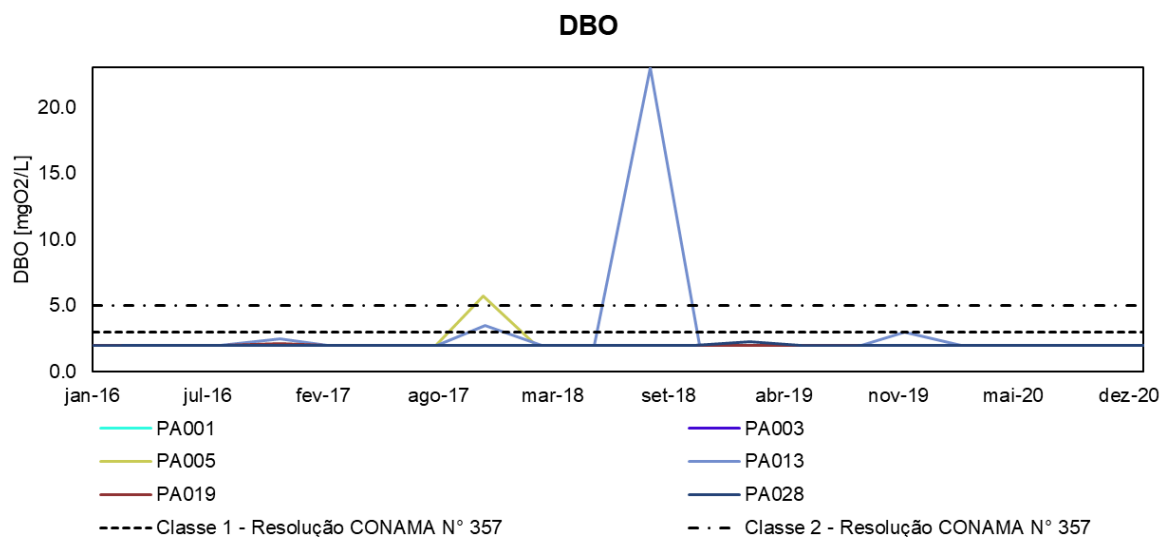
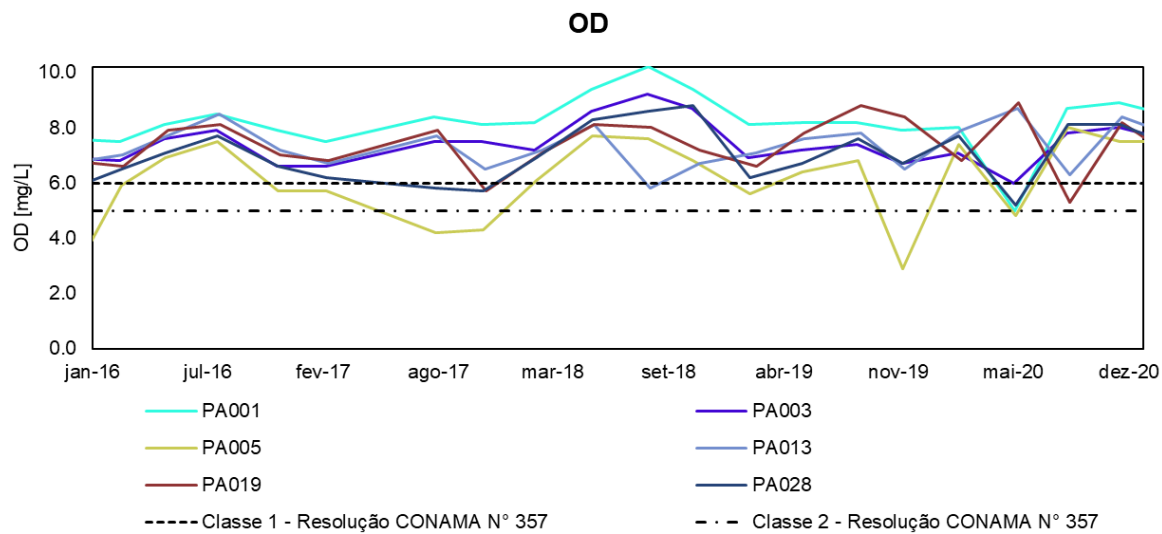
Em termos de nutrientes, o parâmetro que indica desconformidades é o Fósforo Total, com picos acima da legislação ocorrendo nas estações PA013, PA003 e PA019, entretanto as maiores concentrações médias registradas são na PA013 (trecho médio da bacia, municípios de Pitangui e Leandro Ferreira).

Com relação aos metais traço Alumínio e Ferro Dissolvido as concentrações variam em torno do limite da legislação com alguns picos isolados, para ambos a região da PA003 é a que apresenta as maiores concentrações médias.

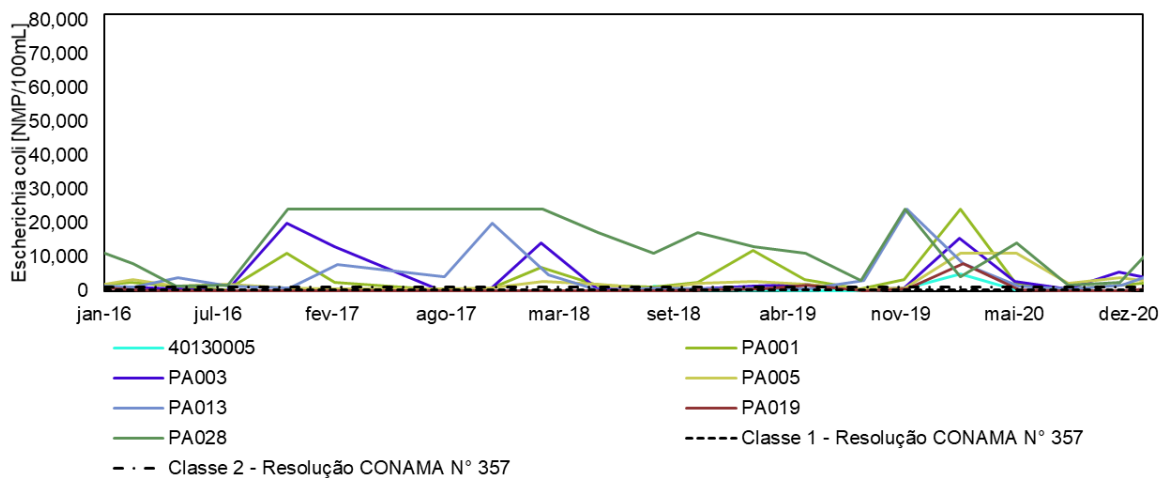
Rio Pará



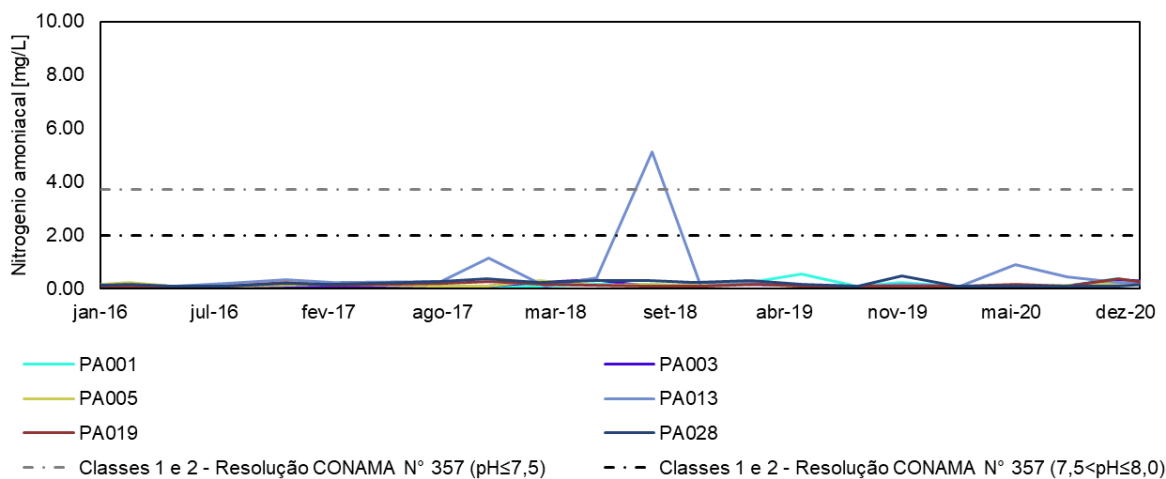
Indicadores de atividade humana



Escherichia coli

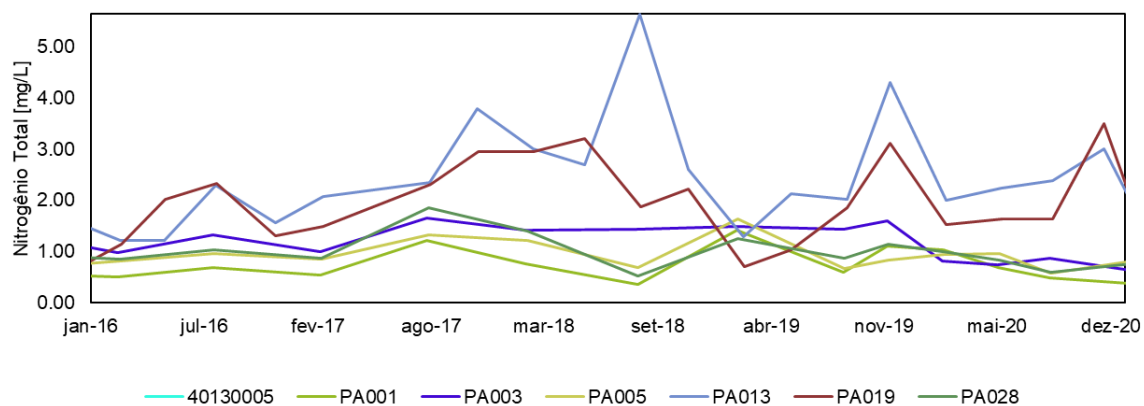


Nitrogenio amoniacal

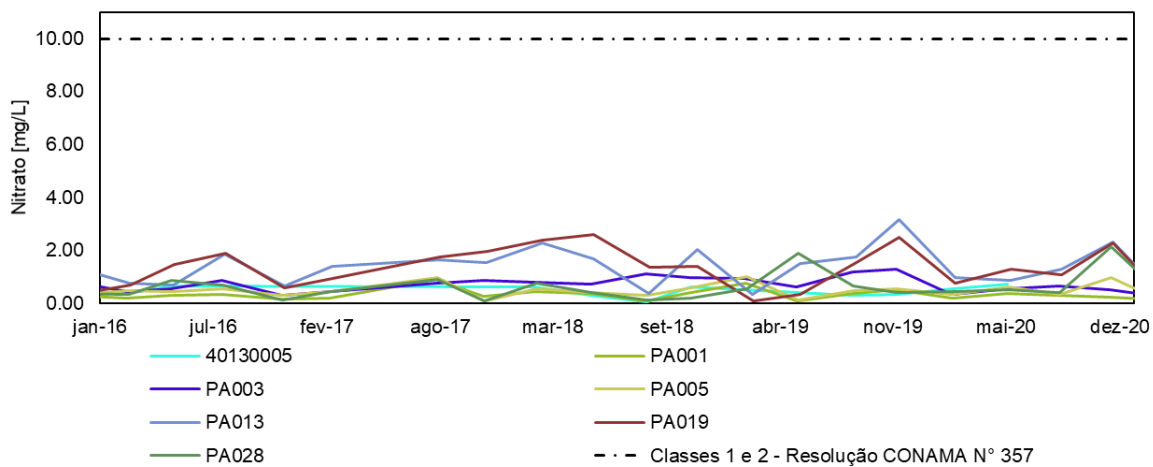


Indicadores de nutrientes

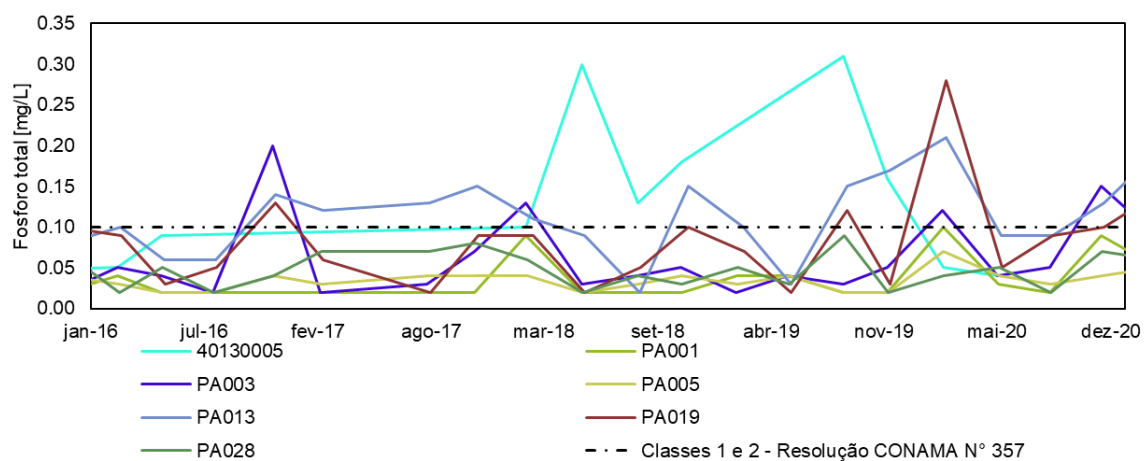
Nitrogênio Total



Nitrato

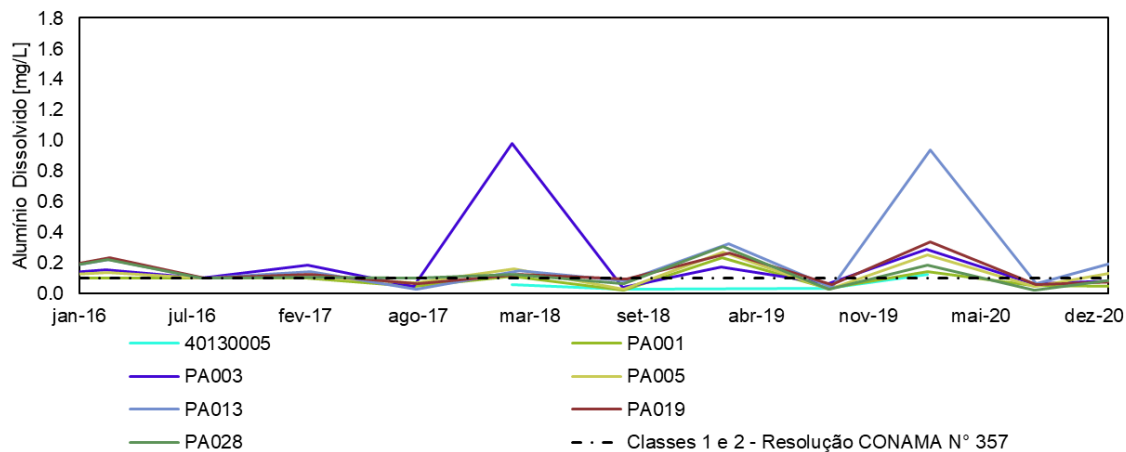


Fosforo total

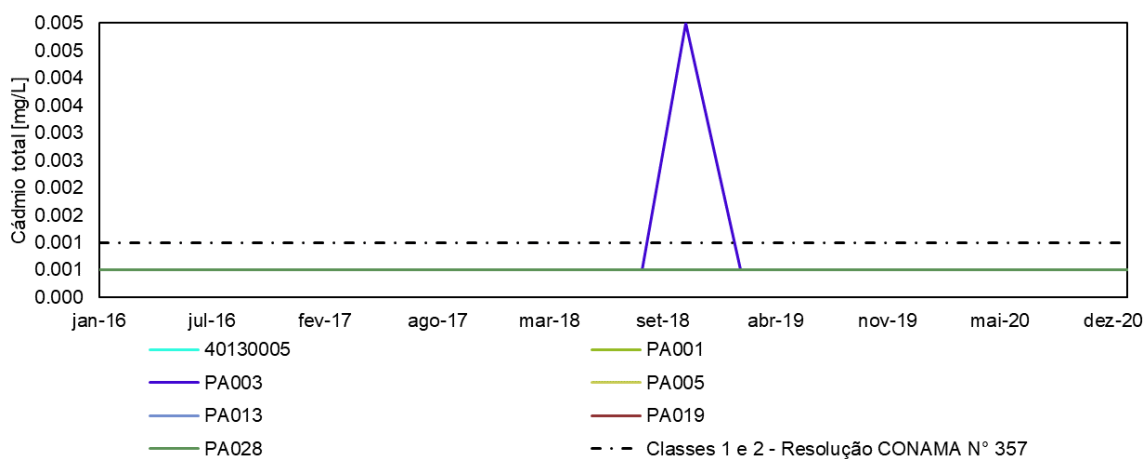


Metais

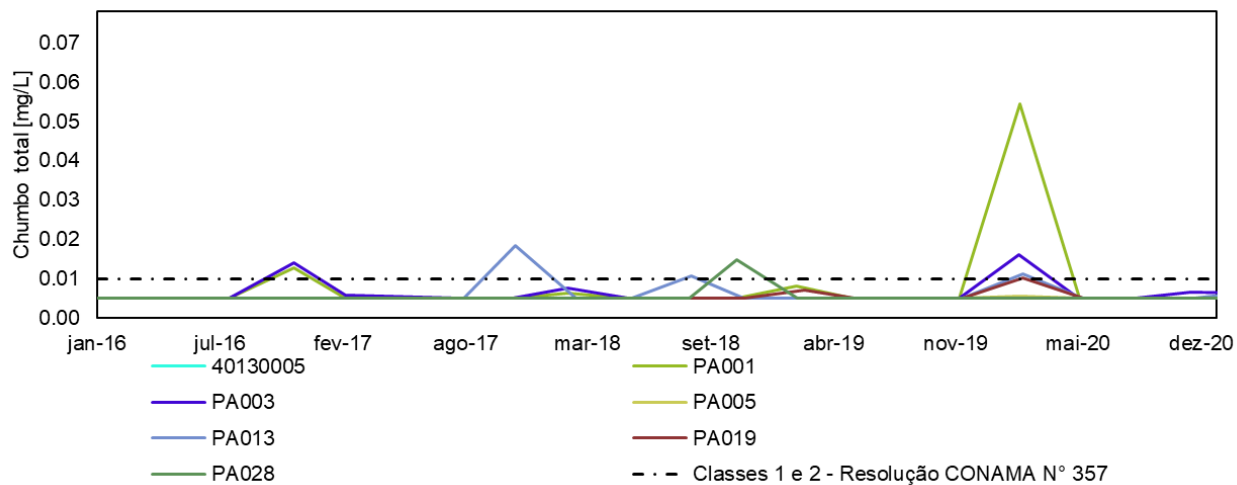
Alumínio Dissolvido



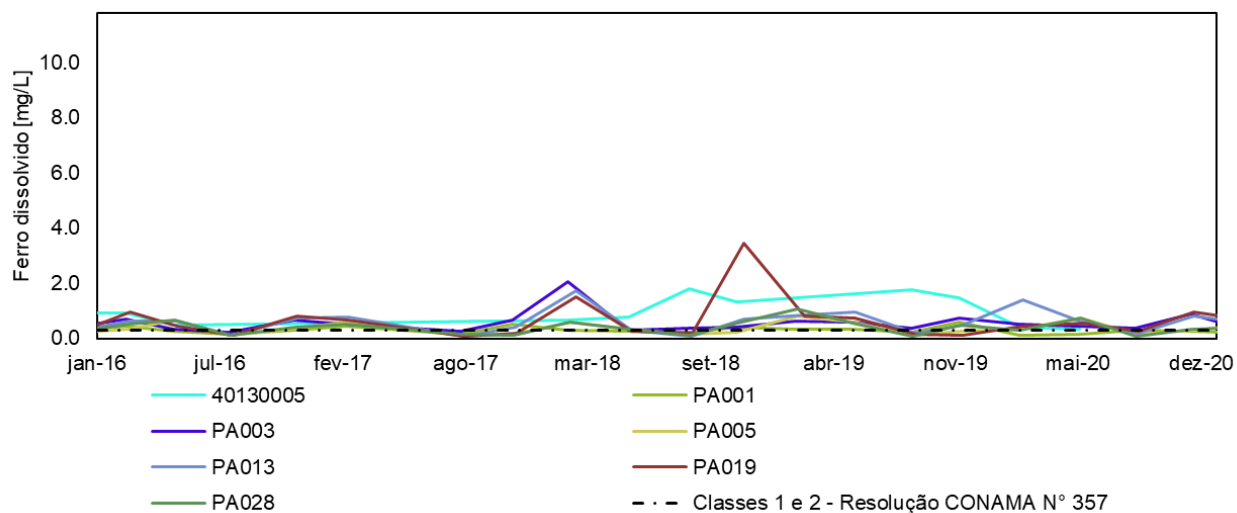
Cádmio total



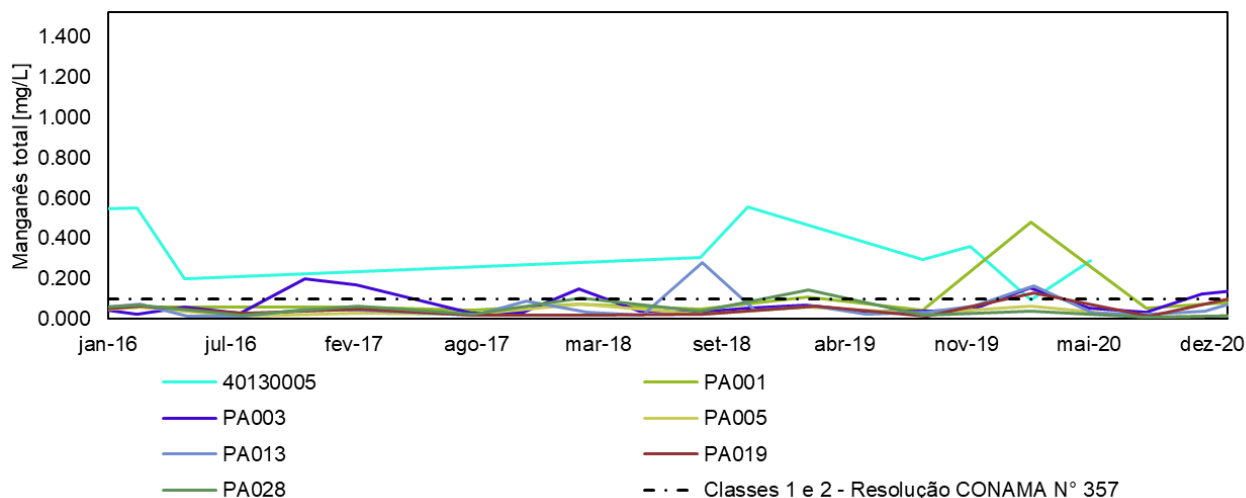
Chumbo total



Ferro dissolvido



Manganês Total



7.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

De acordo com a ANA em seu Caderno de Recursos Hídricos n° 6, o objetivo da modelagem é apoiar os técnicos no entendimento do comportamento de cada trecho do rio em relação ao parâmetro de interesse, para diferentes condições de cargas poluidoras e vazões de referência, subsidiando o processo decisório em relação aos usos pretendidos (ANA, 2009).

A utilização de modelagem matemática para simulação da qualidade das águas é de fundamental importância para a indicação das ações recomendadas para que as metas do enquadramento sejam alcançadas, com a projeção de diferentes cenários.

7.2.1 Metodologia

A modelação matemática é definida como sendo a tradução do modelo conceitual em equacionamentos matemáticos, valores numéricos dos parâmetros (coeficientes) das funções, dados de entrada e saída. A complexidade dos modelos pode variar de acordo com as informações disponíveis e objetivos da investigação.

Dentre os diversos modelos existentes, faz-se necessário uma avaliação custo/benefício para a escolha da ferramenta, uma vez que modelos mais sofisticados

podem não apresentarem diferenças significativas de versões simplificadas (VON SPERLING, 2008; ROSMAN, 2011)

Considerando os dados disponíveis de qualidade da água são pontuais e não consideram a variação ao longo da coluna d'água, que para a maioria dos rios só há levantamento de uma seção transversal e apenas um ponto de monitoramento de vazão; e que há a necessidade de um modelo que englobe modelagem hidrológica, hidráulica e de qualidade da água de forma integrada, um modelo unidimensional é o mais adequado para o estudo, considerando o objetivo de enquadramento de corpos hídricos.

Por isso, modelo selecionado foi o Storm Water Management Model (SWMM), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA). Esta ferramenta foi escolhida por possibilitar a análise integrada da bacia hidrográfica por meio de um modelo matemático internacionalmente reconhecido, amplamente utilizado no suporte a decisão para gestão de recursos hídricos. Destaca-se por contemplar as etapas hidrológica, hidráulica e de qualidade da água (ROSMAN, 2010).

O modelo baseia-se na conservação da massa dentro do ciclo hidrológico, através de equações que traduzem matematicamente as transições entre as diferentes etapas do ciclo, com recortes espaciais e temporais com alto grau de detalhamento. Conceitualmente, o modelo é dividido em quatro grandes compartimentos que interagem entre si: a atmosfera; a superfície do terreno; o lençol freático; e a rede de transporte de água.

O primeiro é de onde precipita a água, sendo o principal dado de entrada da etapa hidrológica, podendo ser inserido na forma de série temporal de chuva. O segundo recebe a água da atmosfera, na forma de chuva, enviando-a para o lençol freático, como infiltração, ou para a rede de transporte, como escoamento superficial. O modelo possui diferentes métodos de infiltração, sendo selecionado o Curve Number por tipo de uso do solo comumente utilizado. O terceiro se relaciona com a rede de transporte através do escoamento de base. O último compartimento não consiste unicamente da rede de transporte, podendo conter elementos de reservação e tratamento.

Hidraulicamente, o modelo utiliza equações de continuidade para simular os escoamentos nos diferentes elementos do sistema de drenagem, considerando escoamento 1D, representando a perda de carga pela rugosidade da seção do escoamento. As simulações de qualidade da água contemplam cargas pontuais e difusas de lavagem. A poluição difusa de lavagem pode ser representada por diferentes equações, permitindo considerar a presença de estruturas de abatimento desta carga. A representação da dinâmica dos poluentes ao longo do tempo na rede de transporte de água é feita de forma simplificada por meio de funções de primeira ordem.

7.2.2 Caracterização da área

Cada bacia foi dividida em sub-bacias, quando pertinente, de acordo com a topografia, para assegurar a representação adequada das contribuições ao longo da rede de drenagem. A Figura 7.6 ilustra as subdivisões propostas para cada bacia.

A região das bacias é marcada por superfícies permeáveis, principalmente de pastagens, agricultura e floresta. Áreas urbanas representam uma parcela pouco significativa. A Figura 7.7 ilustra os usos do solo de cada bacia, que foram avaliados em porcentagem de recobrimento para cada sub-bacia individualmente.

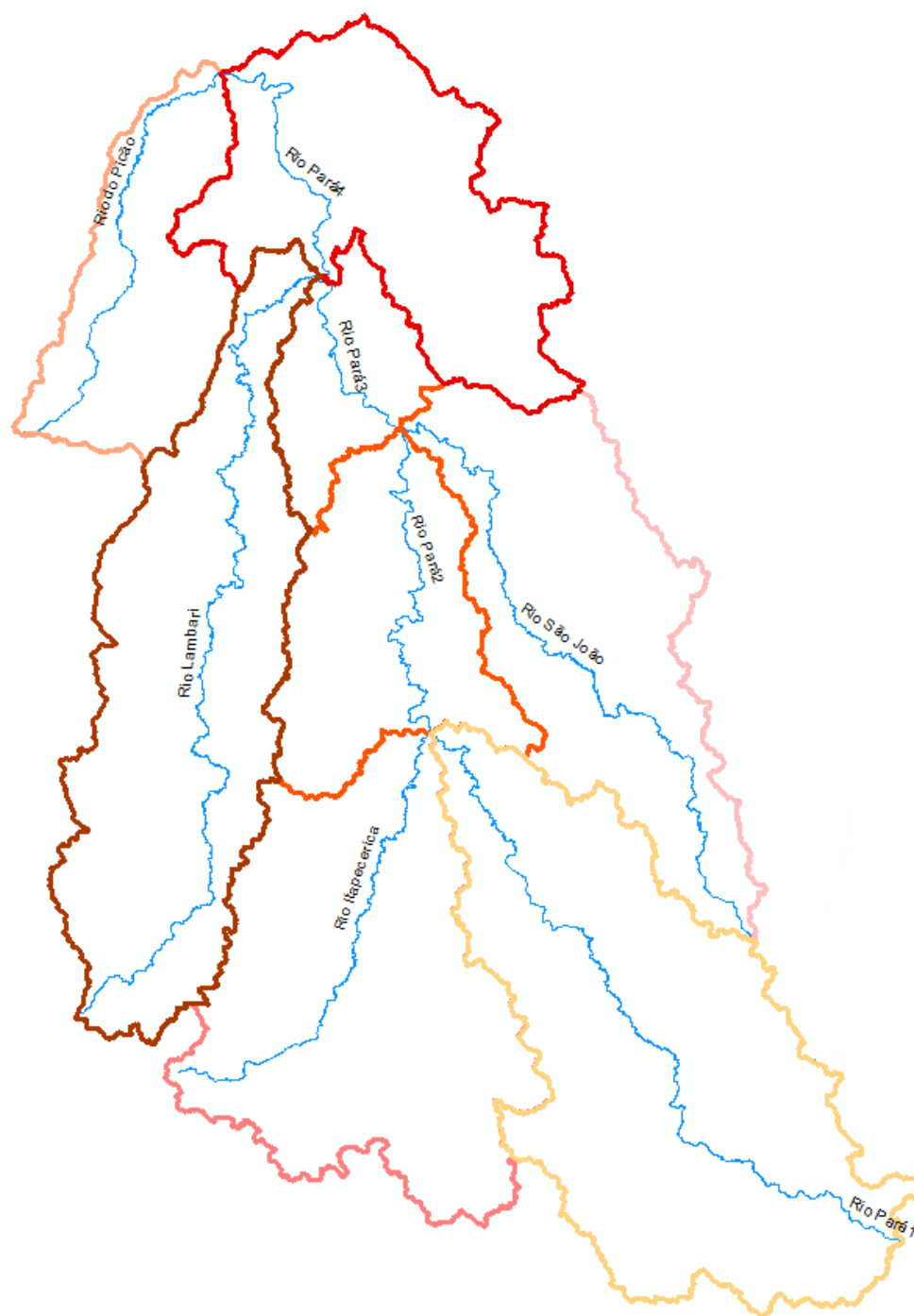
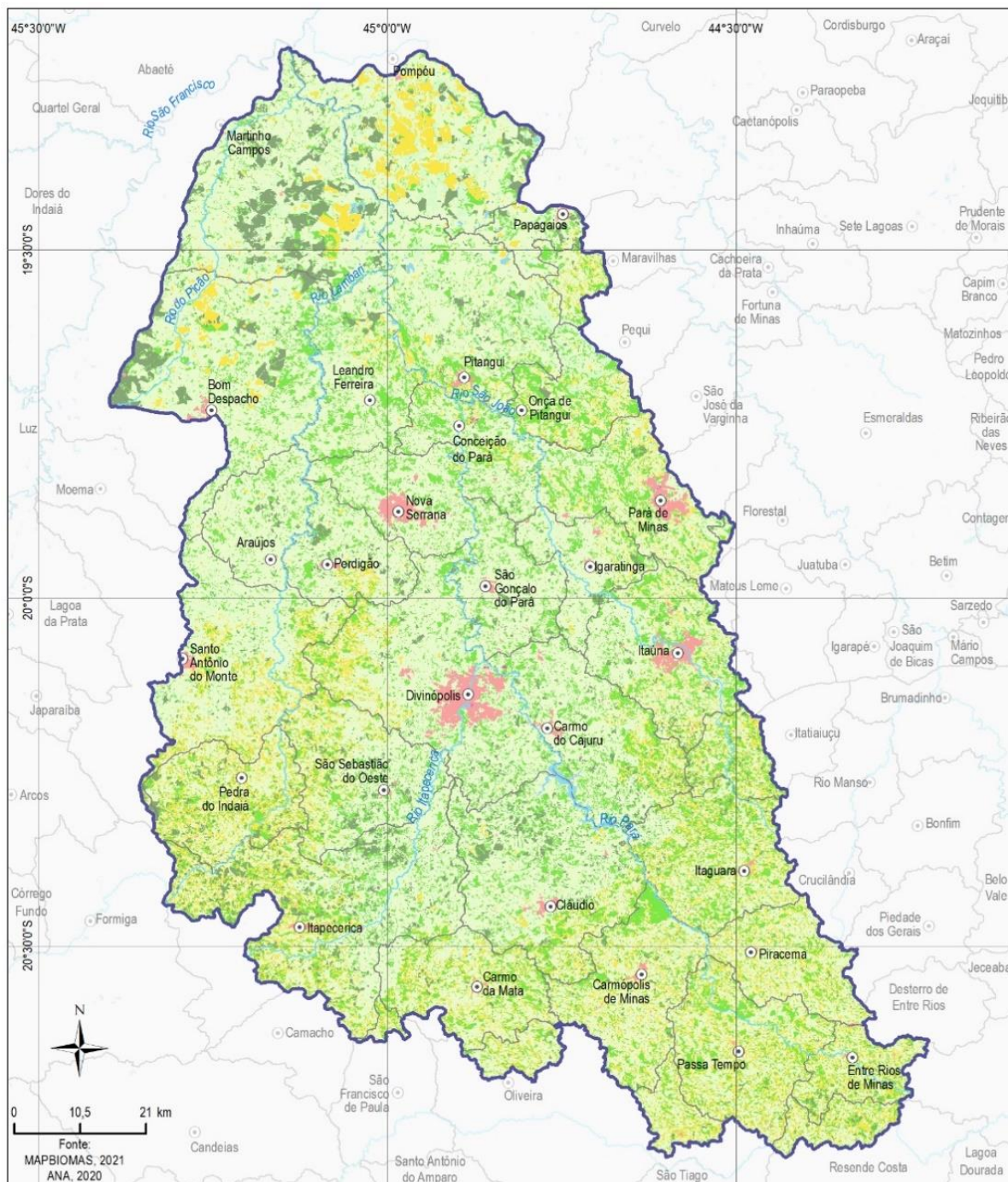


Figura 7.6 – Divisão das sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Pará utilizada neste trabalho



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- ~ Curso d'água
- ☁ Massa d'água

Uso do Solo

- Afloramento rochoso
- Agricultura
- Floresta plantada
- Formação florestal
- Formação savânica
- Infraestrutura urbana
- Mineração
- Pastagem

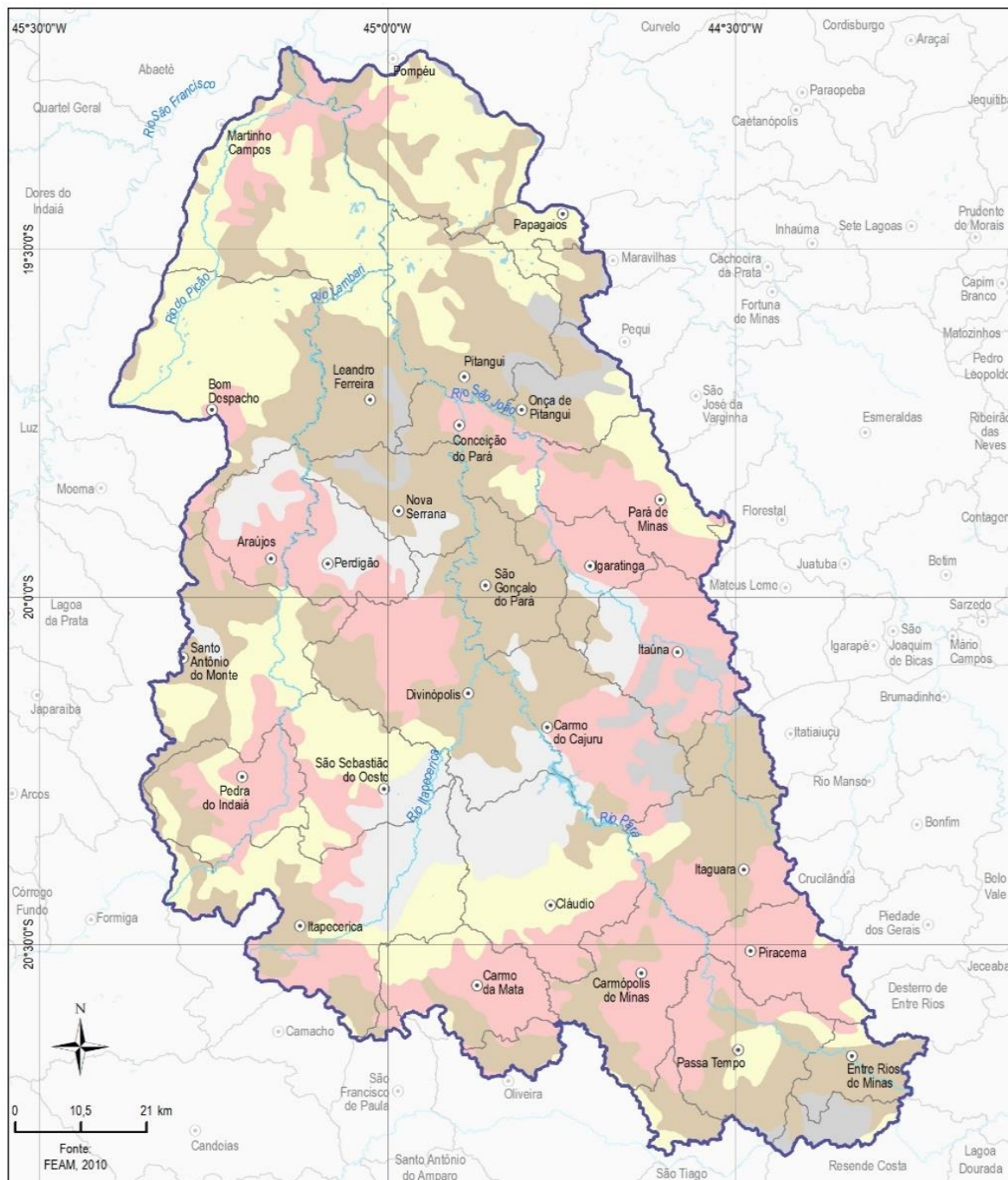
MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.7 – Usos do solo da bacia hidrográfica do Rio Pará. Referência: MapBiomias (2019)

As características hidrológicas do solo estão relacionadas à sua formação geológica/geomorfológica. As bacias encontram-se em zona de transição entre o Cerrado e os Mares de Morros, em domínio morfoestrutural de Crátons Neoproterozóicos (FEAM, 2010). Seus solos são classificados como Latossolos Vermelhos, Cambissolos, Argissolos e Neossolos. A Figura 7.8 ilustra os tipos de solo de cada bacia.

Outra característica importante da representação do comportamento hidrológico e hidráulico dos cursos de água é a declividade média da bacia hidrográfica. Ela foi determinada pelo cálculo da inclinação do terreno a partir do MDT de base e, como os demais parâmetros, foi calculada para cada sub-bacia individualmente (Figura 7.9).



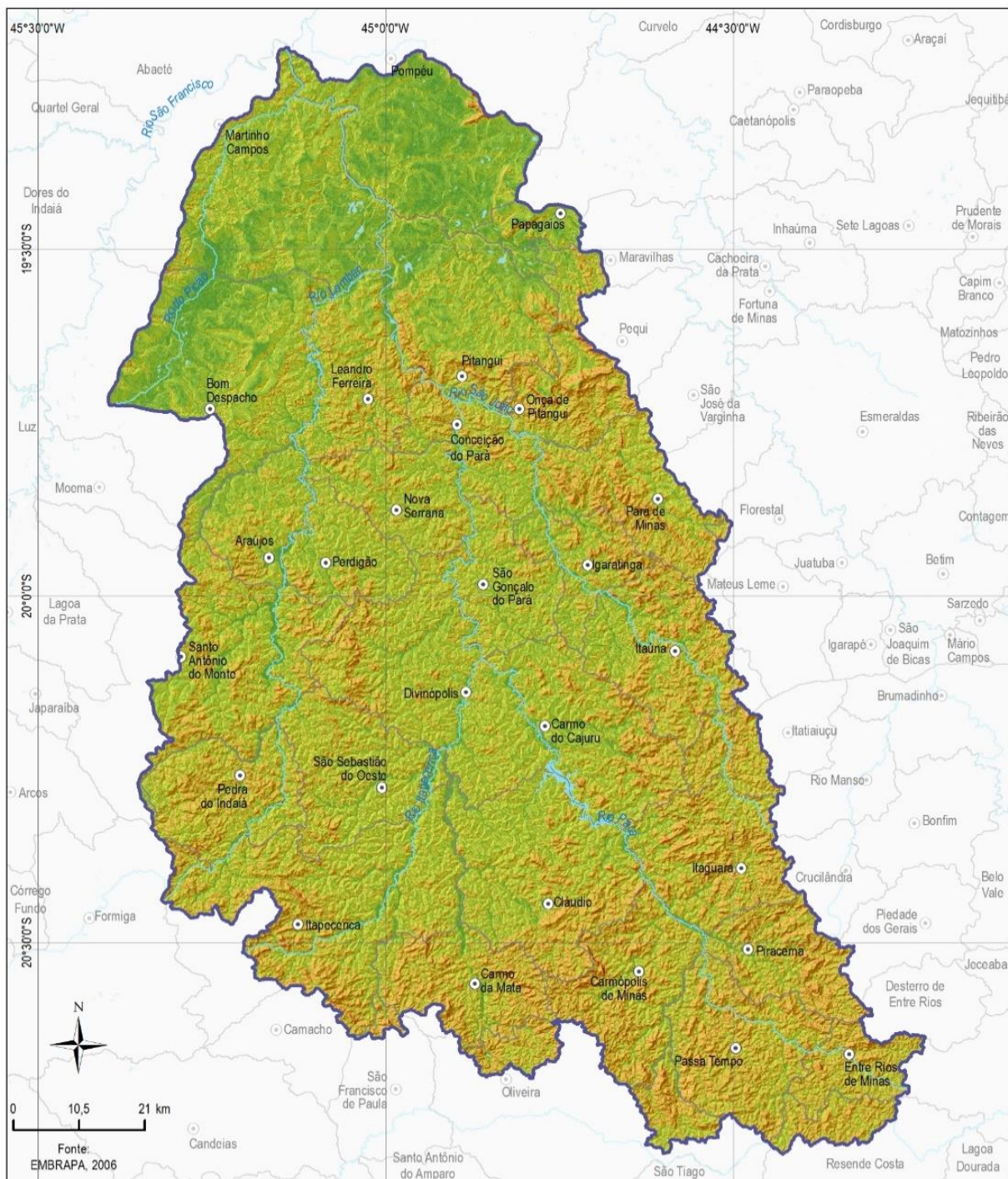
LEGENDA

- | | | | |
|---|-------------------|--|------------|
| ○ | Sede municipal | | Argissolo |
| □ | Limite municipal | | Cambissolo |
| | CH SF2 - Rio Pará | | Latossolo |
| | Curso d'água | | Neossolo |
| | Massa d'água | | |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.8 – Tipos de solo da bacia hidrográfica do Rio Pará. Referência: IBGE (2009)



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⊕ CH SF2 - Rio Pará
- Curso d'água
- Massa d'água

Declividade

- < 2%
- 2% - 5%
- 5% - 10%
- 11% - 15%
- 16% - 45%
- 46% - 70%
- > 70%

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.9 – Declividade da bacia hidrográfica do Rio Pará

Com relação à caracterização climática, as análises desenvolvidas para a bacia mostram que os principais índices pluviométricos da bacia estão concentrados entre os meses de novembro e março, seguindo algumas chuvas até abril.

O gráfico da Figura 7.10 exemplifica a distribuição das chuvas ao longo do ano de 2019, medidos na estação pluviométrica 2044009 do Hidroweb, localizada na sub-bacia do rio Pará, em sua cabeceira. Apesar de algumas precipitações pontuais fora do período entre novembro e abril, pode-se observar como tendência que as chuvas se concentram no verão.

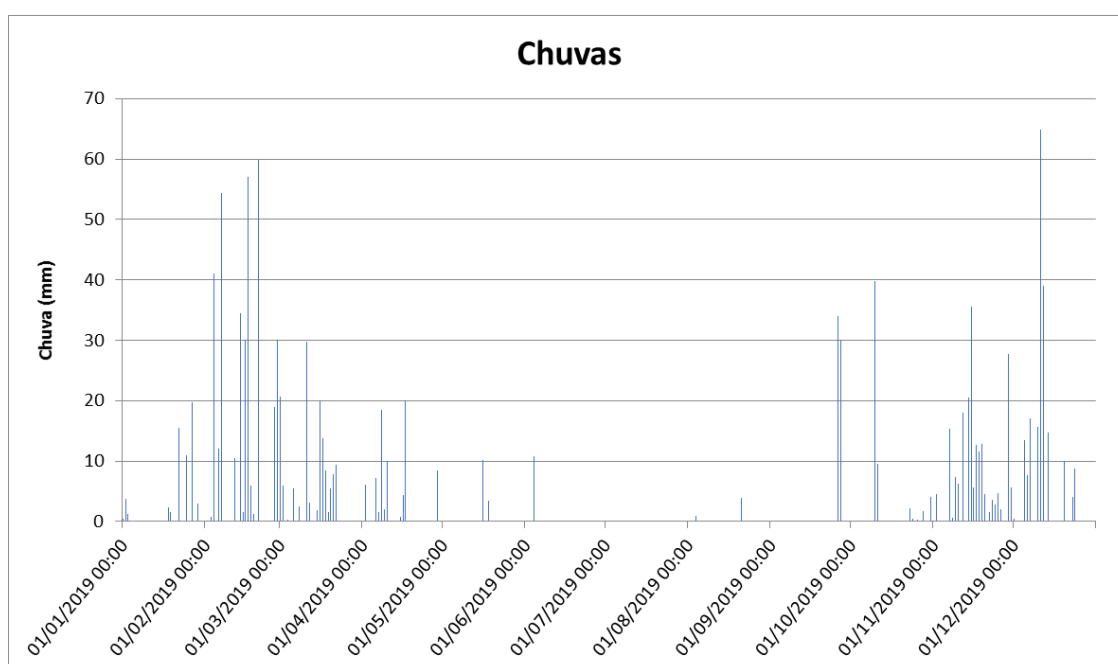


Figura 7.10 – Índices de precipitação diária da estação pluviométrica 2044009 para o ano de 2019.

Com relação à temperatura, tomando como base as leituras feitas na estação de monitoramento de qualidade PA003, localizada também na sub-bacia do rio Pará, observam-se temperaturas elevadas e pouca variação entre o verão e o inverno. Por exemplo, das quatro medições feitas no ano de 2019, todas igualaram ou ultrapassaram os 25°C. A temperatura máxima, medida em fevereiro, foi de 30,7°C; a mínima, medida em maio, foi de 25,0°C; e a média das quatro medições foi de 29,0°C.

Na série histórica desta estação, que abrange medições entre setembro de 1997 e maio de 2020, observam-se as seguintes temperaturas: máxima de 31,3°C; mínima de 12°C; média de 24,1°C. A Figura 7.11 e a Figura 7.12 mostram as leituras de temperatura da série histórica e as medições do ano de 2019, respectivamente, para a estação PA003.

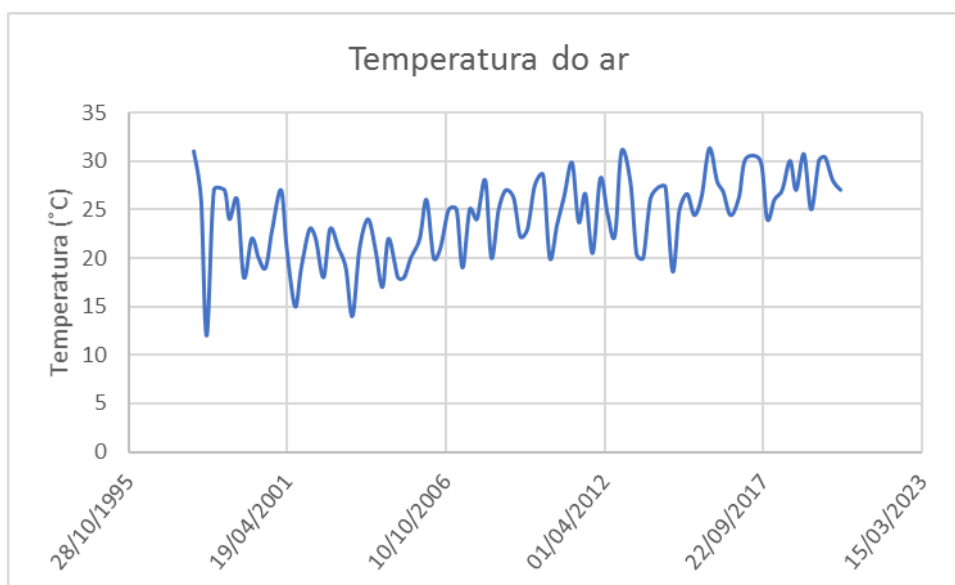


Figura 7.11 – Dados de temperatura da estação PA003 na bacia hidrográfica do rio Pará

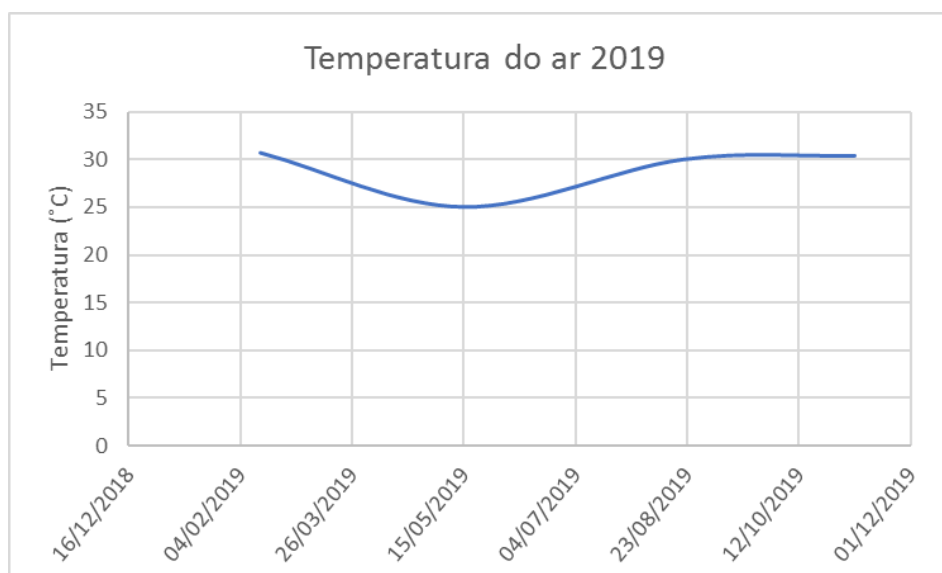


Figura 7.12 – Dados de temperatura para o ano de 2019 da estação PA003 na bacia hidrográfica do rio Pará

7.2.3 Implementação do modelo

A partir da caracterização hidrológica, geomorfológica e de uso do solo, foi possível usar essas informações como dados de entrada para implementação do modelo hidrológico, hidrodinâmico e de qualidade da água no SWMM.

No modelo SWMM, a rede de drenagem é representada por sub-bacias, trechos (condutos) e nós (junções). As sub-bacias funcionam como unidades geradoras de vazão para o sistema de drenagem a partir do escoamento superficial e como fontes de poluentes vindos da chuva ou produzidos na própria bacia, transportados pelo escoamento superficial. Para implementação das sub-bacias no modelo, foi necessário inserir dados como:

- Área da bacia hidrográfica;
- Postos pluviométricos de influência da bacia;
- Declividade média da superfície;
- Porcentagem de solo impermeável;
- Coeficiente de Manning das parcelas permeáveis e impermeáveis, sendo o ajuste desse coeficiente usado na calibração do modelo;
- O modelo de infiltração de água no solo, sendo o Método *Curve Number* (CN) adotado no processo de modelagem;
- Porcentagens de diferentes usos do solo.

A bacia hidrográfica do rio Pará é composta pelas sub-bacias dos afluentes ao rio Pará, os rios Itapeçerica, Lambari e Picão, na margem esquerda; e o rio São João na margem direita.

Para que o comportamento hidrológico das sub-bacias fosse representado de forma mais adequada, isto é, para que fossem consideradas informações pluviométricas coletadas dos postos pluviométricos inseridos ou vizinhos à cada sub-bacia, foi aplicado o Método dos Polígonos de Thiessen para estabelecer a área de influência de cada posto pluviométrico.

Para a bacia do Rio Pará, foram considerados dezesseis postos pluviométricos, com suas respectivas áreas de influência, com representação das sub-bacias dos rios Pará, Itapeçerica, Lambari, São João e Picão, conforme ilustrado na Figura 7.13.

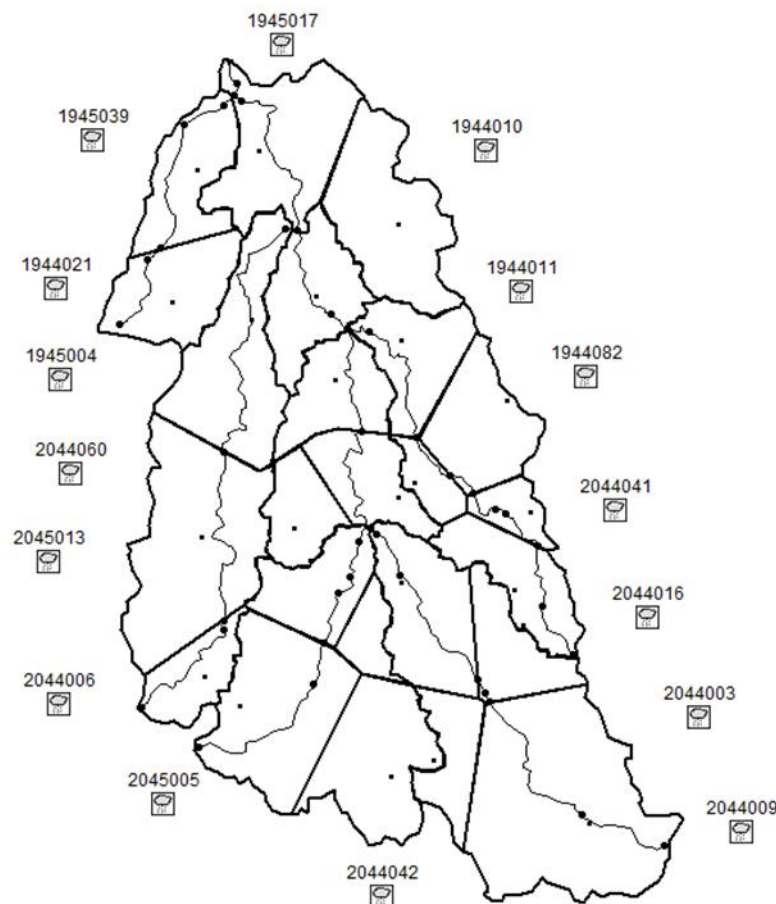


Figura 7.13 – Representação da Bacia do Rio Pará no modelo SWMM

No modelo SWMM, cada área gera um escoamento superficial de acordo com os dados de chuva do posto pluviométrico de influência. Esse escoamento superficial entra no sistema fluvial através dos nós, representados nas figuras acima. Os nós são interligados pelos trechos que representam a calha dos rios.

Os nós do sistema de drenagem podem representar pontos de entrada de vazão, de poluentes, lançamento de efluentes, interseção entre rios, limites entre sub-bacias e pontos de monitoramento de dados observados, para calibração do modelo. Em cada nó, deve-se inserir sua cota e a profundidade de água para o início da simulação. O Quadro 7.3 mostra os parâmetros de entrada de cada nó do sistema de drenagem.

Quadro 7.3 – Parâmetros dos nós do sistema de drenagem

Parâmetro	Unidade
Cota de fundo	m
Profundidade máxima	m
Vazão de base	m ³ /s

Os trechos são elementos do modelo que interligam os nós. Nesse caso, são os trechos naturais dos rios, cujas seções transversais foram obtidas dos dados do Hidroweb, quando possível. O Quadro 7.4 ilustra os parâmetros de entrada de cada trecho do sistema de drenagem.

Quadro 7.4 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem

Parâmetro	Unidade
Comprimento	m
Coef. de Manning	$\frac{s}{m^{\frac{1}{3}}}$
Seção transversal	-
Vazão de base	m ³ /s

Entre a Figura 7.14 e a Figura 7.19 são ilustradas as seções transversais dos Rios Itapecerica, São João, Picão, e quatro seções do Rio Pará, respectivamente, com identificação da calha principal e das calhas secundárias. Para o Rio Lambari, como não existe levantamento da seção transversal, foi adotada no modelo a mesma seção do Rio Itapecerica.

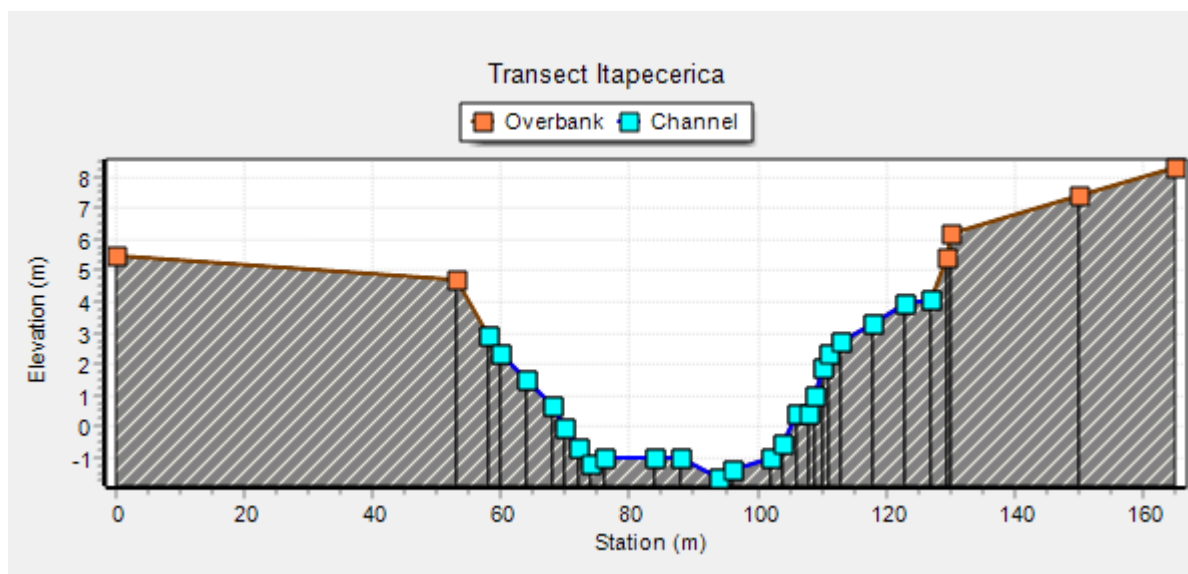


Figura 7.14 – Representação da seção transversal do Rio Itapecerica (Estação Hidroweb 40185000)

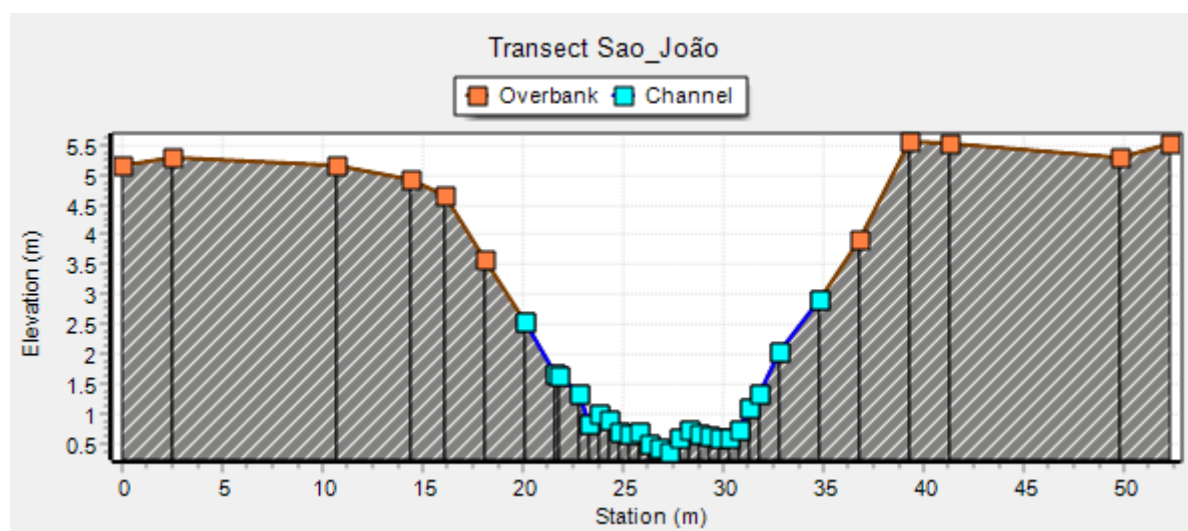


Figura 7.15 – Representação da seção transversal do Rio São João (Estação Hidroweb 40269900)

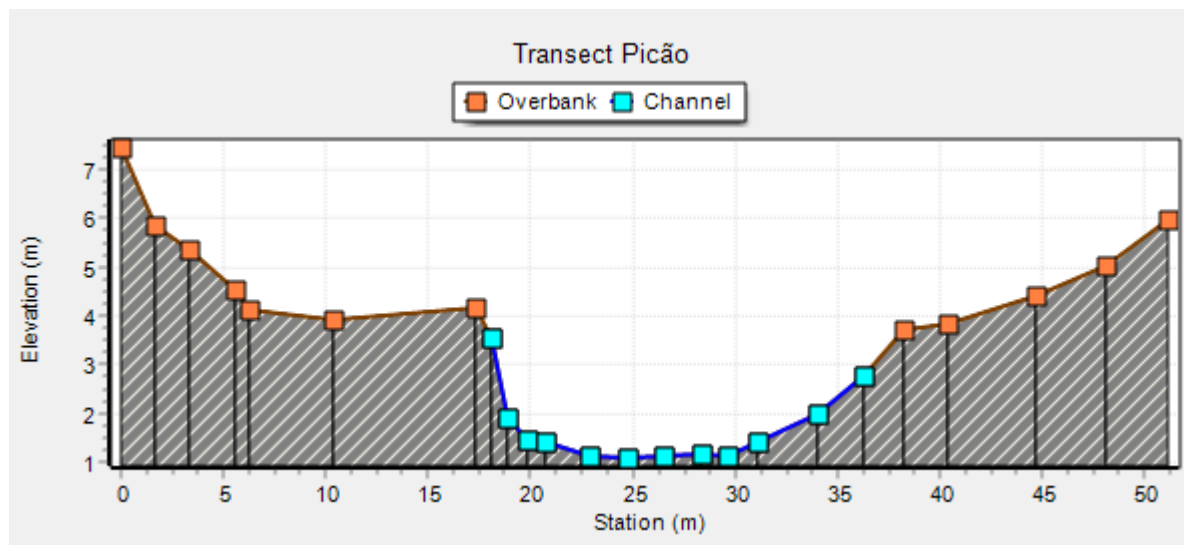


Figura 7.16 – Representação da seção transversal do Rio Picão (Estação Hidroweb 40500000)

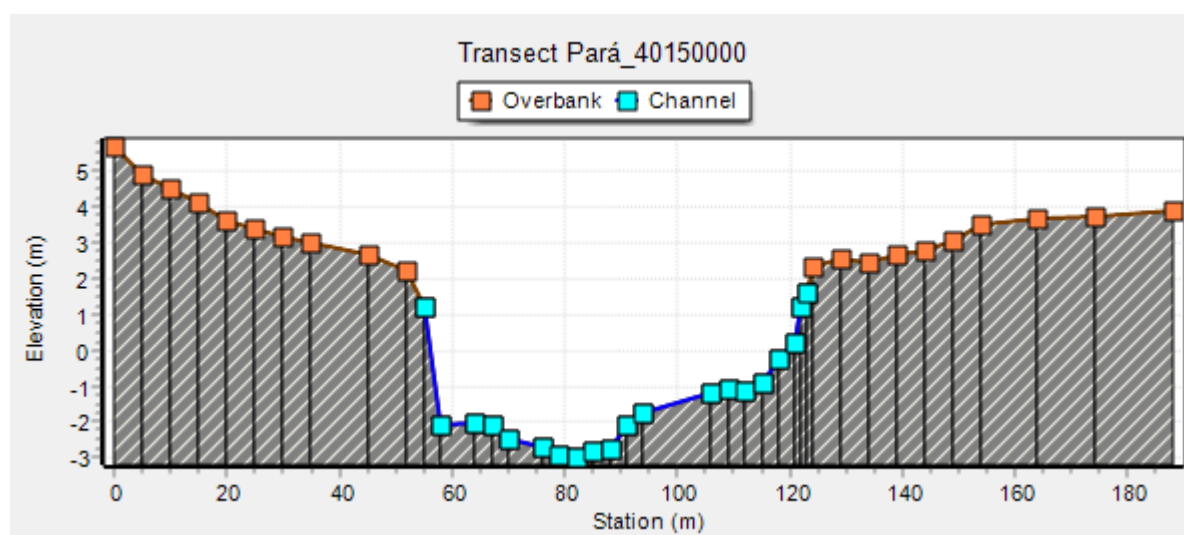


Figura 7.17 – Representação da seção transversal do trecho de cabeceira do Rio Pará (Estação Hidroweb 40150000).

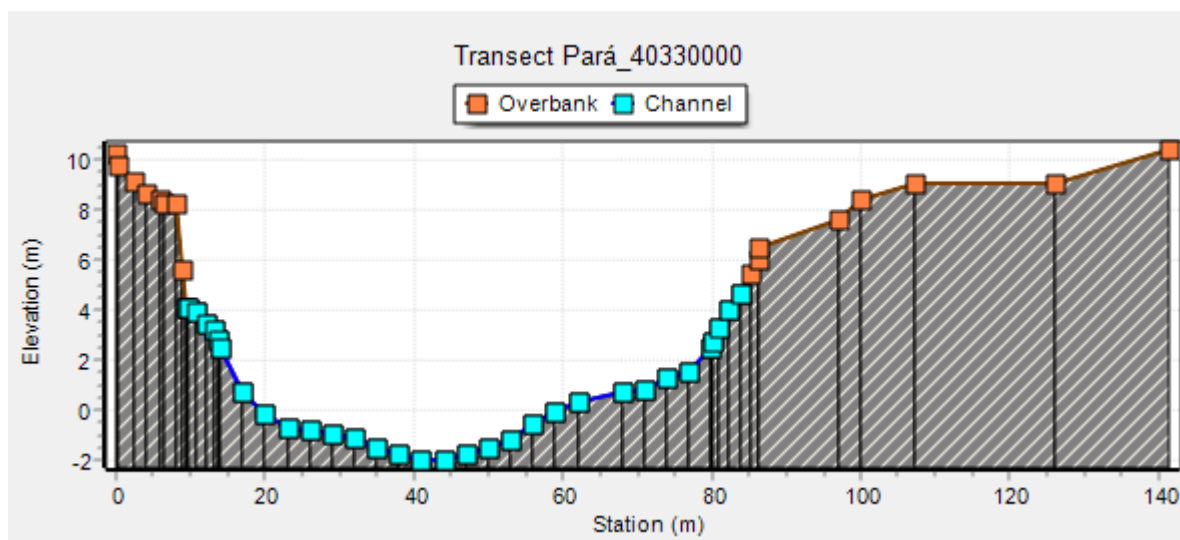


Figura 7.18 – Representa o da se o transversal do trecho intermediário do Rio Pará (Esta o Hidroweb 40330000).

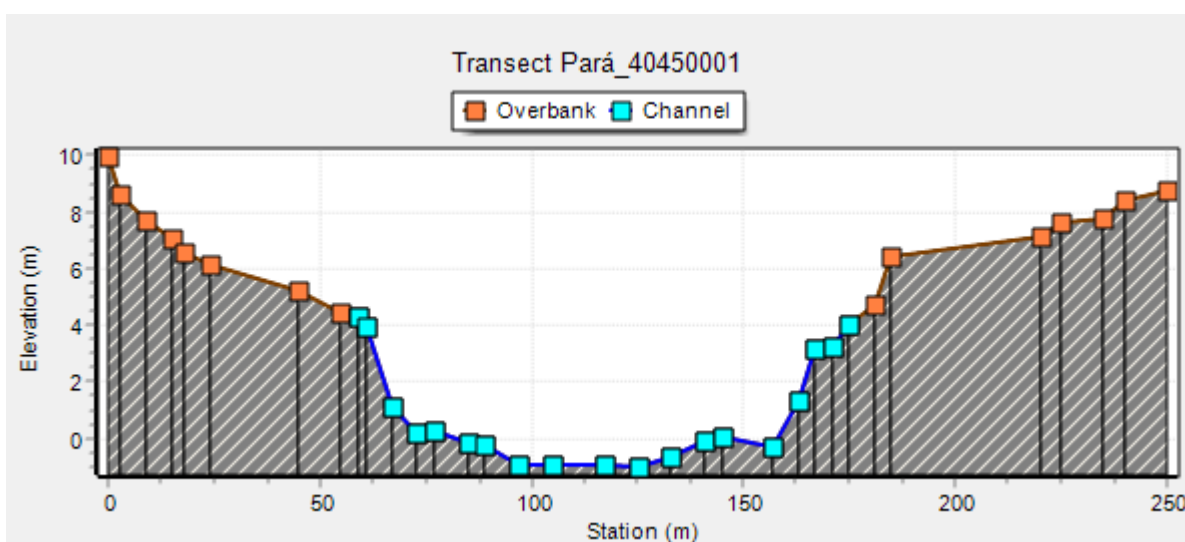


Figura 7.19 – Representa o da se o transversal do trecho de jusante do Rio Pará (Esta o Hidroweb 40450001).

Nos nós de cabeceira de cada sub-bacia sofram inseridos dados de vazão base, que foram estimadas a partir das vazões observadas nos postos de monitoramento nos períodos de estiagem.

As séries temporais de intensidade da precipita o também foram dados de entrada do modelo, representadas por postos pluviométricos (Figura 7-13). Como as sub-bacias apresentam mais de um posto pluviométrico em seu entorno, a chuva de entrada foi estimada a partir do Método de Thiessen.

As variáveis consideradas na modelagem de qualidade da água até essa etapa do estudo incluíram parâmetros representantes da atividade humana e de efluentes com características de matéria orgânica (DBO e Nitrogênio Amoniaco), da atividade de agricultura e pastagem, sendo nutrientes como Fosfato e Nitrato. Eles foram escolhidos devido ao fato de terem sido estes parâmetros os mais sensíveis nas análises do diagnóstico dos dados de campo.

Tendo em vista a formulação para a determinação das cargas aportantes descrita no capítulo 6, a calibração do modelo foi feita para as formas totais dos elementos referidos, a saber:

- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- Nitrogênio total;
- Fósforo total.

No SWMM, as variáveis são inseridas como "poluentes" e os parâmetros a serem editados de cada variável são expostos no Quadro 7.5.

Quadro 7.5 – Parâmetros dos trechos (canais naturais) do sistema de drenagem

Parâmetro	Unidade
Conc. do poluente na água da chuva	mg/L
Coef. de decaimento	1/dia

7.2.4 Calibração do Modelo SWMM

O processo de calibração consiste, basicamente, no ajuste de parâmetros do modelo para que os processos representados apresentem comportamento similar ao observado em campo. No caso da implementação do modelo SWMM, a calibração do foi subdividida em calibração e validação hidrológica e calibração de qualidade da água.

A calibração hidrológica foi realizada através da calibração dos hidrogramas gerados nas simulações, ou seja, através do ajuste dos parâmetros das sub-bacias, dos

trechos e dos nós para que o hidrograma resultante do modelo fosse equivalente ao observado em campo para uma mesma seção de interesse no mesmo período.

Nesse estudo, a aproximação inicial dos parâmetros de calibração foi obtida da literatura científica (TUCCI, 2020; TUCCI, 2005), para que, em seguida, os parâmetros fossem ajustados por processo iterativo de tentativa e erro até que os hidrogramas apresentassem resultados compatíveis com os dados observados. Para calibração hidrológica e hidrodinâmica, foi selecionado um ponto de monitoramento em cada sub-bacia. Esse processo foi dividido em duas etapas:

- Calibração do volume total escoado pelo sistema de drenagem, inclusive do volume gerado por escoamento superficial de cada sub-bacia;
- Calibração da propagação do escoamento no sistema de drenagem, através do ajuste das ondas de escoamento e picos de vazão.

O principal parâmetro de calibração foi o CN das divisões da sub-bacia, para que o escoamento superficial gerado fosse ajustado e se aproximasse dos dados observados.

Para a bacia do Rio Pará, o período de calibração foi o ano hidrológico de outubro de 2016 a outubro de 2017, e o período de validação foi o ano hidrológico de outubro de 2017 a outubro de 2018.

Para a sub-bacia do Rio Itapecerica, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40185000, conforme ilustrado na Figura 7.20.

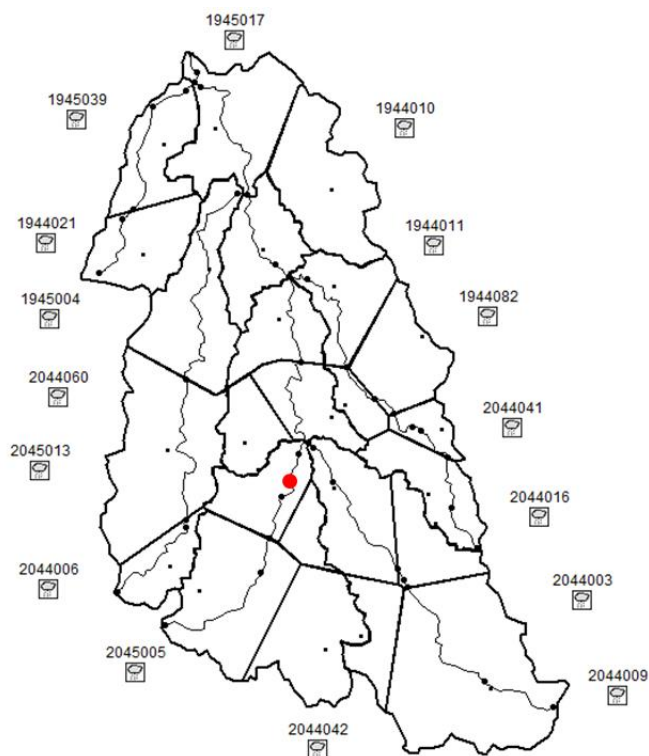


Figura 7.20 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica (Estação 4185000).

No caso das áreas da sub-bacia do Rio Itapecerica, o valor médio de CN foi de 75, com pequenas variações entre as áreas. A Figura 7.21 e a Figura 7.22 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia do Rio Itapecerica, respectivamente.

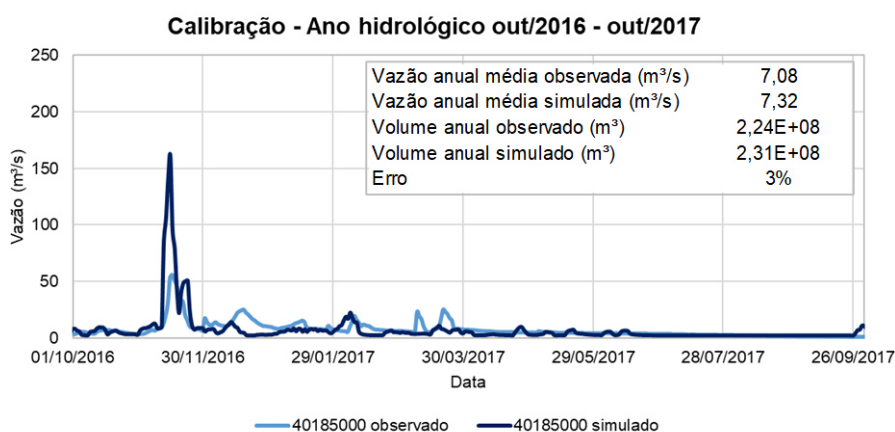


Figura 7.21 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica.

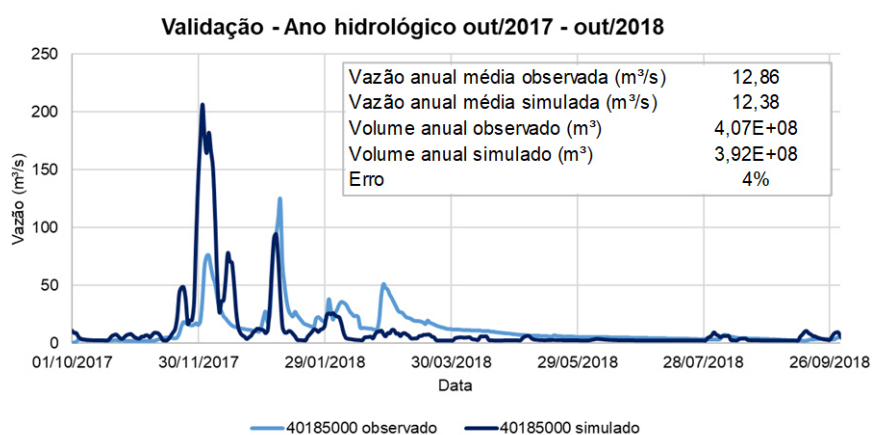


Figura 7.22 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Itapecerica.

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 7,08 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 7,32 m³/s, representando um erro de 3%. Nesse período, o modelo representou o maior pico de vazão e representou o escoamento no período de estiagem.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 12,86 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 12,38 m³/s, representando um erro de 4%. Nesse período, o modelo representou o maior pico de vazão e representou o escoamento no período de estiagem.

Para a sub-bacia do Rio São João, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40269900, conforme ilustrado na Figura 2.23.

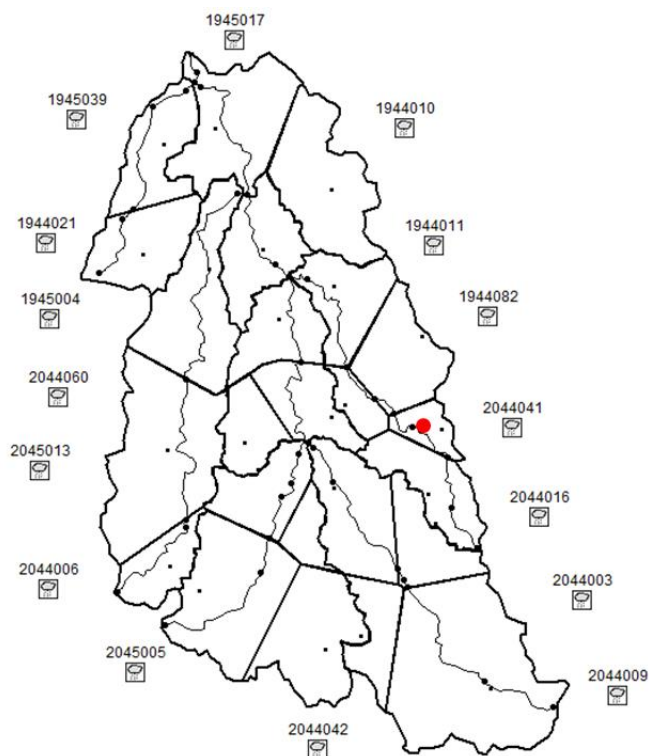


Figura 7.23 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João (Estação 4026990).

No caso das áreas da sub-bacia do Rio São João, o valor médio de CN foi de 75, com pequenas variações entre as áreas. A Figura 7.24 e a Figura 7.25 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia, respectivamente.

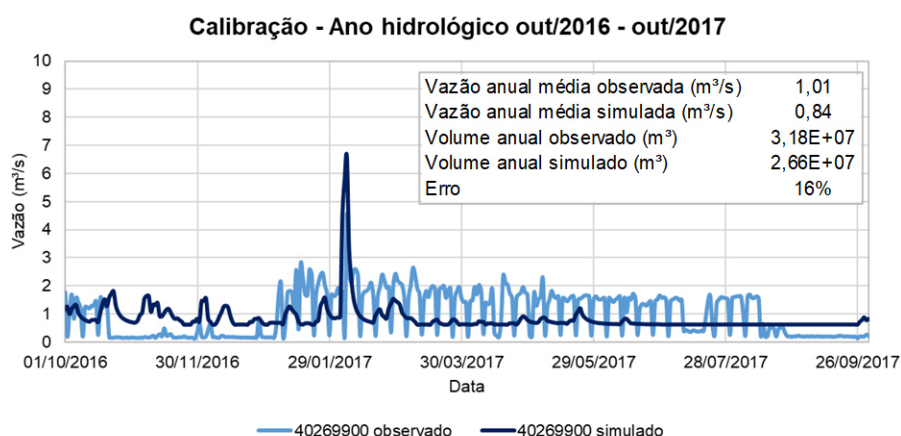


Figura 7.24 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João.

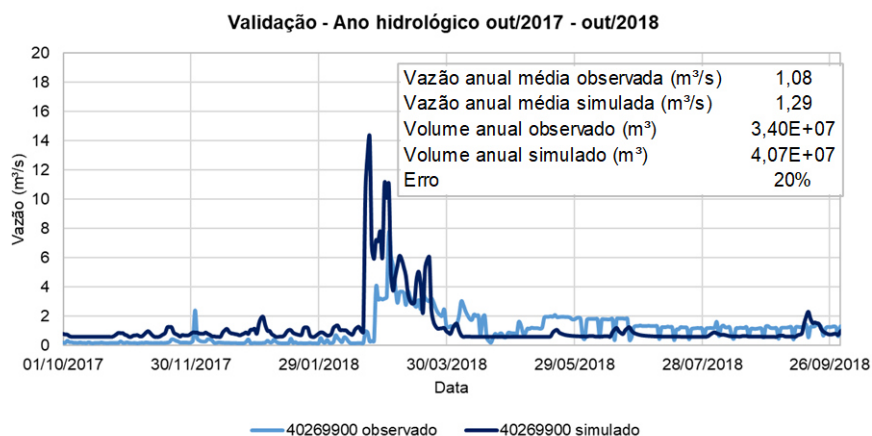


Figura 7.25 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio São João.

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 1,01 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 0,84 m³/s, representando um erro de 16%. Nesse período, o modelo representou o maior pico de vazão e representou o escoamento no período de estiagem. Porém, é possível identificar que os dados observados apresentam oscilações anômalas, provavelmente causadas por problemas no equipamento de monitoramento.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 1,08 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 1,29 m³/s, representando um erro de 4%. Nesse período, o modelo representou o maior pico de vazão e representou o escoamento no período de estiagem.

Para a sub-bacia do Rio Picão, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40500000, conforme ilustrado na Figura 7.26.

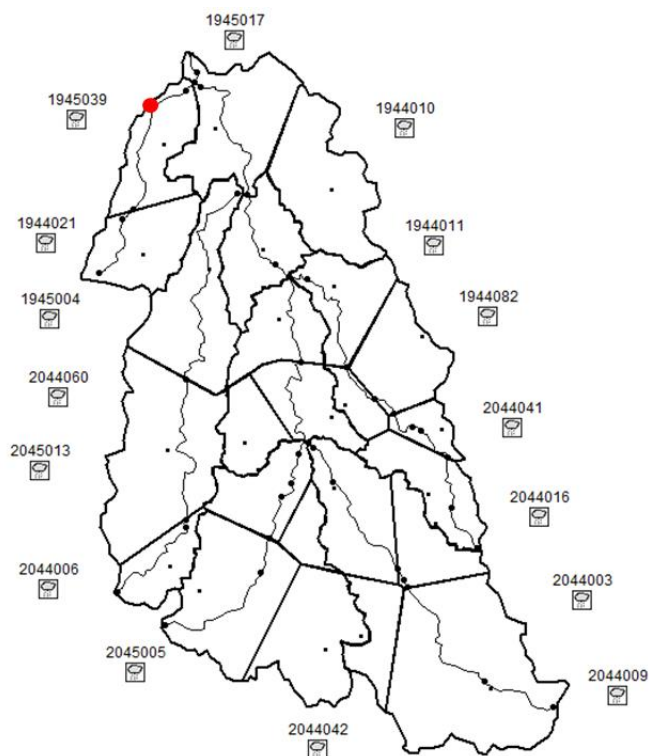


Figura 7.26 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão (40500000).

A calibração e validação da sub-bacia do Rio Picão foi a que apresentou os resultados mais discrepantes entre dados observados e simulados. O modelo hidrológico SWMM superestimou as vazões geradas pelo escoamento superficial da sub-bacia, provocando picos de vazão não observados nos dados de campo. Por isso o erro calculado na calibração foi de 155% (Figura 7.27) e na validação de 188% (Figura 7.28). Por se tratar de um rio afluente ao Pará no seu trecho de jusante, essa discrepância não afeta toda a bacia, apenas seu trecho mais a jusante.

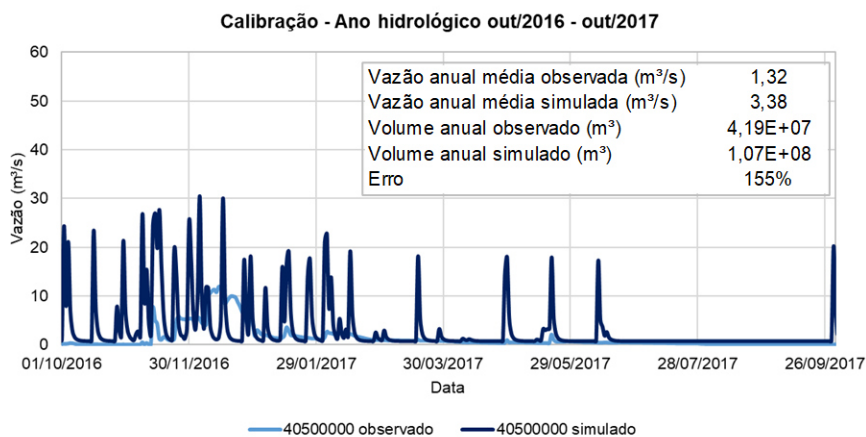


Figura 7.27 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão

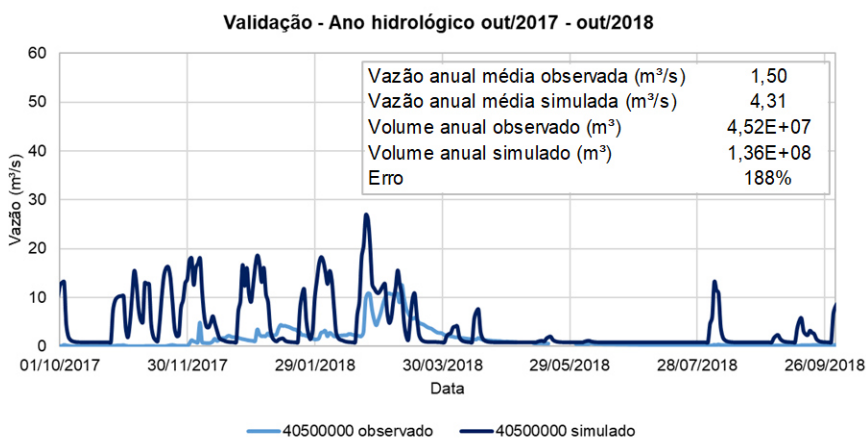


Figura 7.28 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Picão.

Para o trecho superior do Rio Pará o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40150000, conforme ilustrado na Figura 7.29.

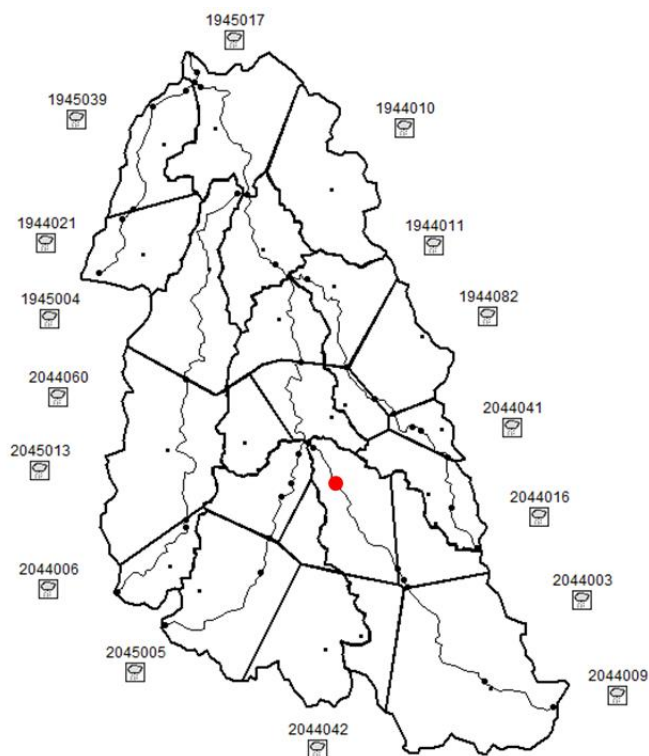


Figura 7.29 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará (40150000).

No caso das áreas do trecho superior do Rio Pará, o valor médio de CN foi de 69, com pequenas variações entre as áreas. A Figura 7.30 e a Figura 7.31 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia, respectivamente.

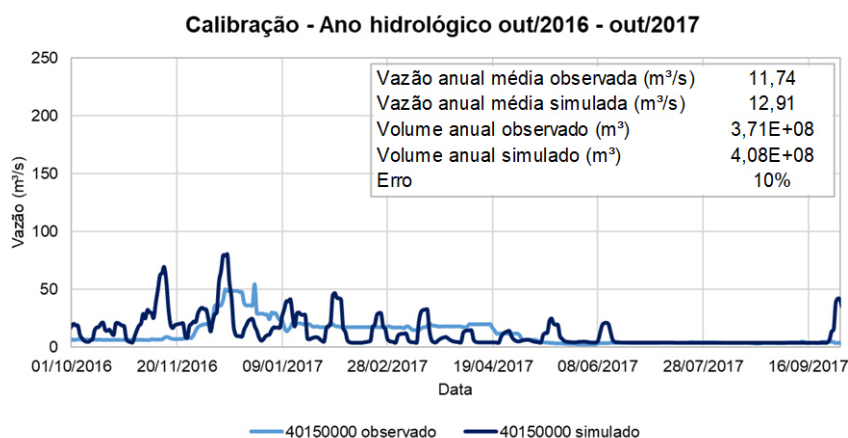


Figura 7.30 – Resultado da calibração do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará, trecho de montante.

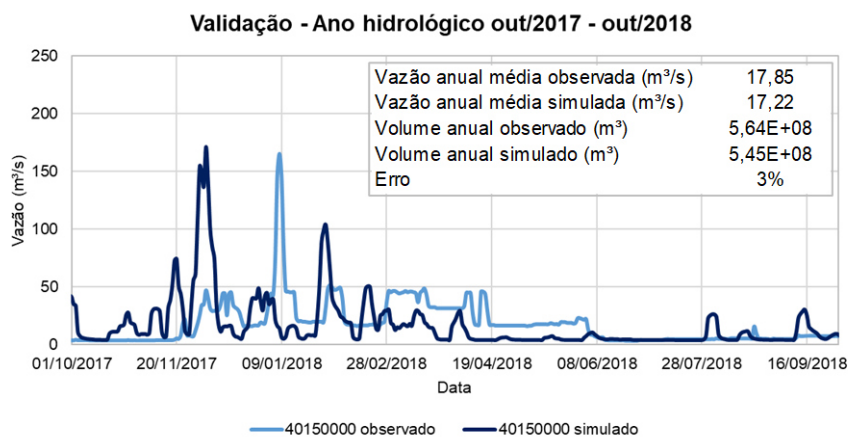


Figura 7.31 – Resultado da validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará, trecho de montante.

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 11,74 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 12,91 m³/s, representando um erro de 10%. Nesse período, o modelo representou picos de vazão que não foram identificados no período observado, ainda que a média da vazão tenha apresentado um erro baixo. No período de estiagem, o modelo representou o comportamento satisfatoriamente.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 17,85 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 17,22 m³/s, representando um erro de 3%. Nesse período, o modelo representou picos de vazão que não foram identificados no período observado, ainda que a média da vazão tenha apresentado um erro baixo. No período de estiagem, o modelo representou o comportamento satisfatoriamente.

Para o trecho intermediário do Rio Pará, o ponto de calibração foi a Estação Hidroweb 40330000, conforme ilustrado na Figura 7.32.

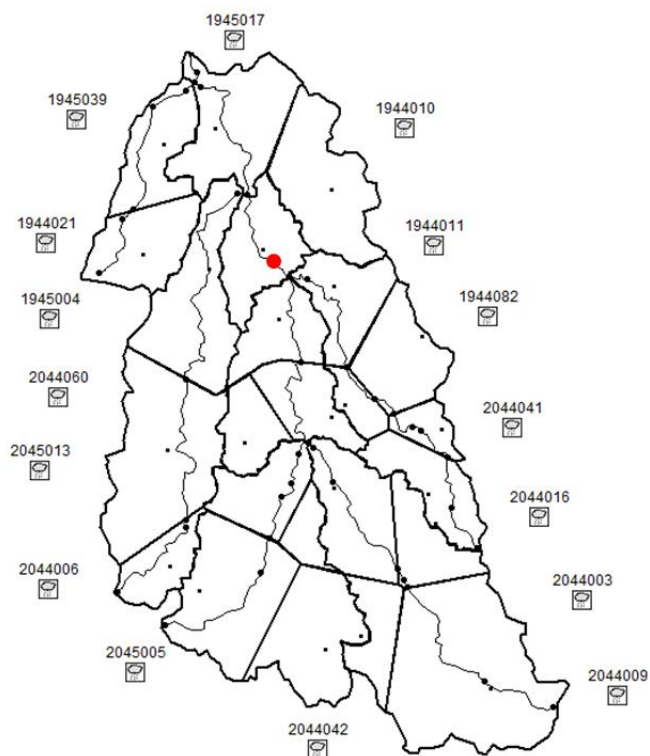


Figura 7.32 – Ponto de calibração e validação do modelo hidrológico da sub-bacia do Rio Pará (40330000).

No caso das áreas do trecho intermediário o Rio Pará, o valor médio de CN foi de 68, com pequenas variações entre as áreas. A Figura 7.33 e a Figura 7.34 ilustram os gráficos de calibração e validação para a sub-bacia, respectivamente.

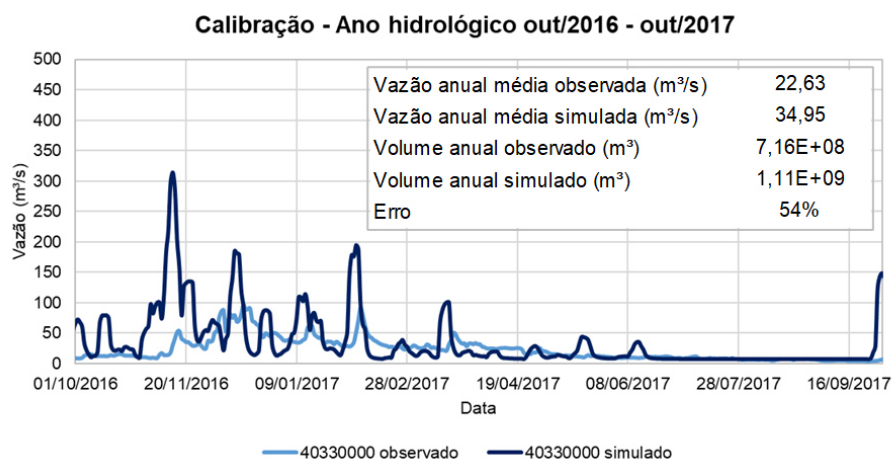


Figura 7.33 – Resultado da calibração do modelo hidrológico do Rio Pará, trecho intermediário.

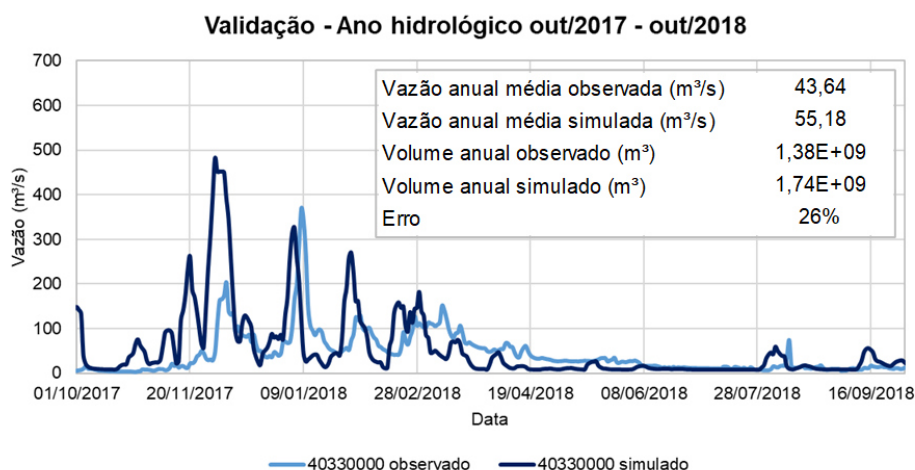


Figura 7.34 – Resultado da validação do modelo hidrológico do Rio Pará, trecho intermediário.

No período de calibração, a vazão anual média observada foi de 22,63 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 34,95 m³/s, representando um erro de 54%. Nesse período, o modelo representou um pico de vazão que não foi identificado no período observado, o que provocou um erro maior. Nos outros instantes, inclusive no período de estiagem, o modelo representou o comportamento satisfatoriamente.

Já no período de validação, a vazão anual média observada foi de 43,64 m³/s, enquanto a vazão anual média simulada foi de 55,18 m³/s, representando um erro de 26%. Nesse período, o modelo representou um pico de vazão que não foi identificado

no período observado, o que provocou um erro maior. Nos outros instantes, inclusive no período de estiagem, o modelo representou o comportamento satisfatoriamente.

Com o modelo hidrológico calibrado e validado, foi possível calibrar o modelo de qualidade da água das sub-bacias. Nessa etapa, foram calibradas as variáveis DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total. A partir das estimativas das cargas pontuais e difusas desses parâmetros (Item 6), foi inserido em cada nó do sistema a contribuição das cargas geradas para aquele trecho, ou seja, quais sub-bacias (Microbacias) contribuem com aporte de poluentes para cada um dos nós da rede. A calibração consistiu no ajuste do coeficiente de decaimento do parâmetro e na porcentagem do que de fato chega nos rios em relação ao que é gerado nas sub-bacias.

Os parâmetros de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total do modelo de qualidade de água do SWMM foram ajustados para que suas concentrações médias estivessem dentro do Boxplot dos dados observados entre os anos de 2015 e 2020, ou seja, para que seu comportamento médio fosse equivalente aos dados observados em campo.

Na sub-bacia do Rio Itapecerica, os pontos de dados observados foram as estações IGAM PA031, PA004 e PA007, conforme ilustrado na Figura 7.35. A Figura 7.36 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

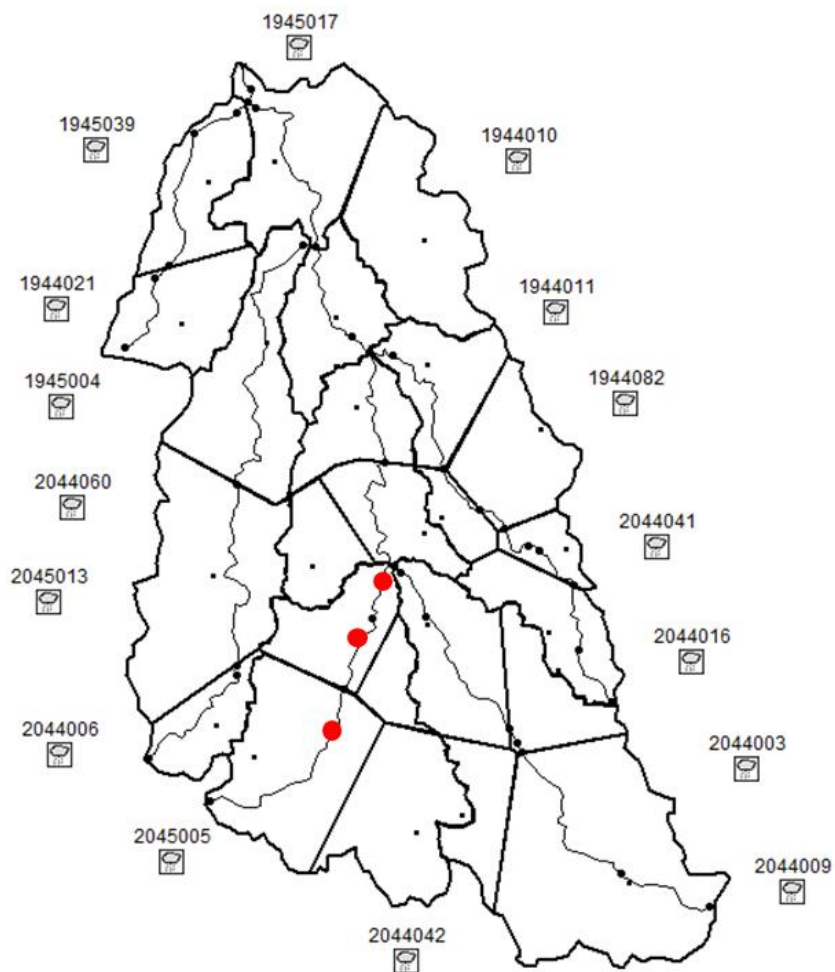


Figura 7.35 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Itapecerica.

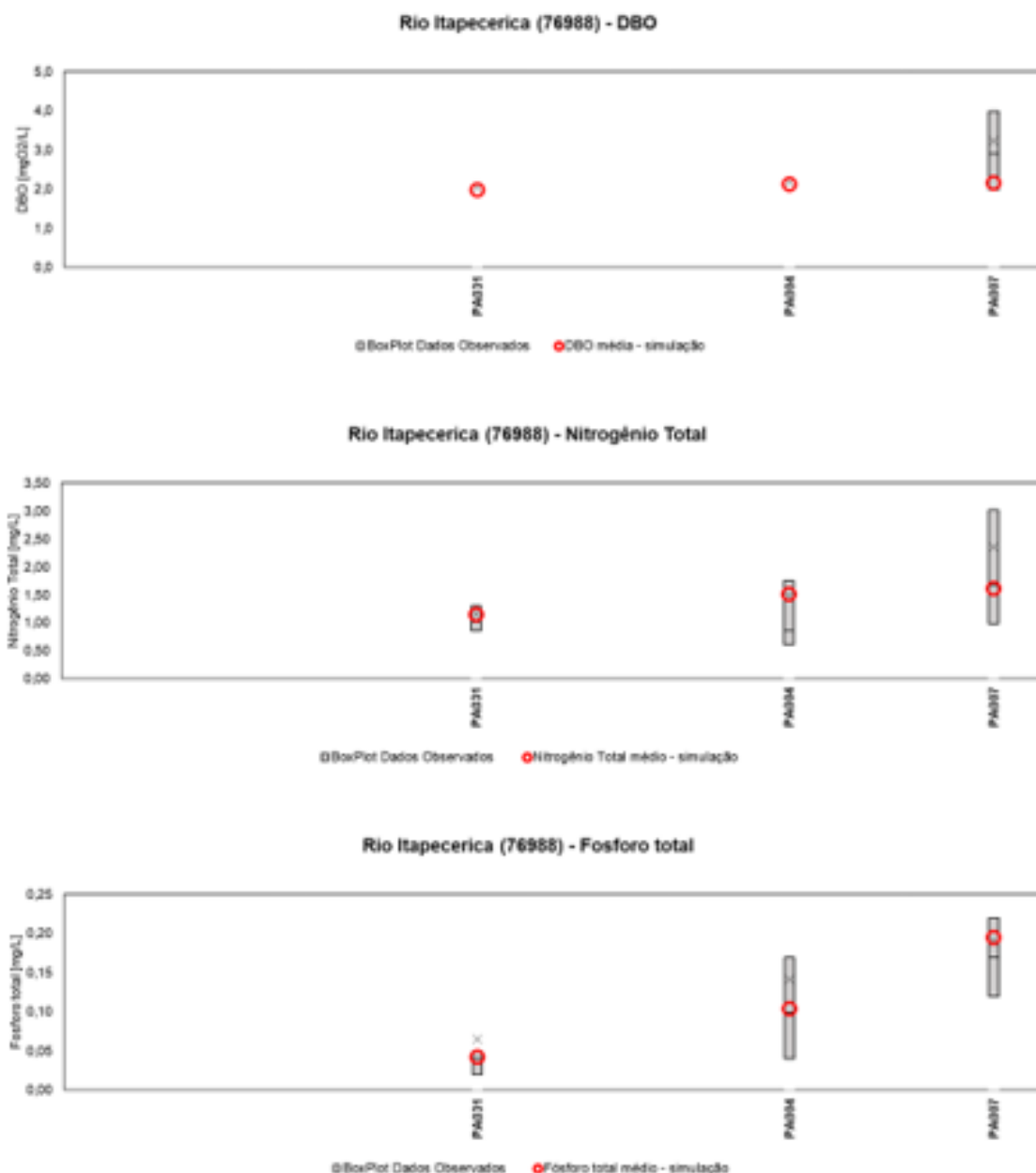


Figura 7.36 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Itapecerica.

Na sub-bacia do Rio São João, os pontos de dados observados foram as estações IGAM PA036, PA009 e PA011, conforme ilustrado na Figura 7.37. A Figura 7.38 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

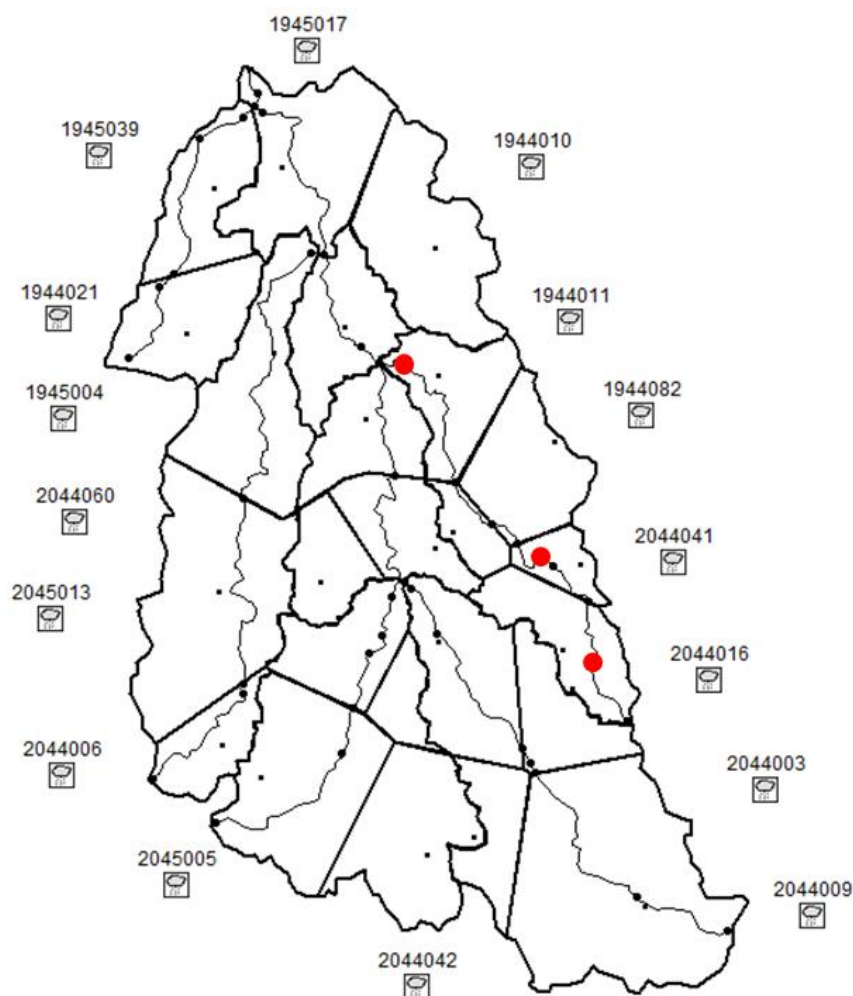


Figura 7.37 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio São João.

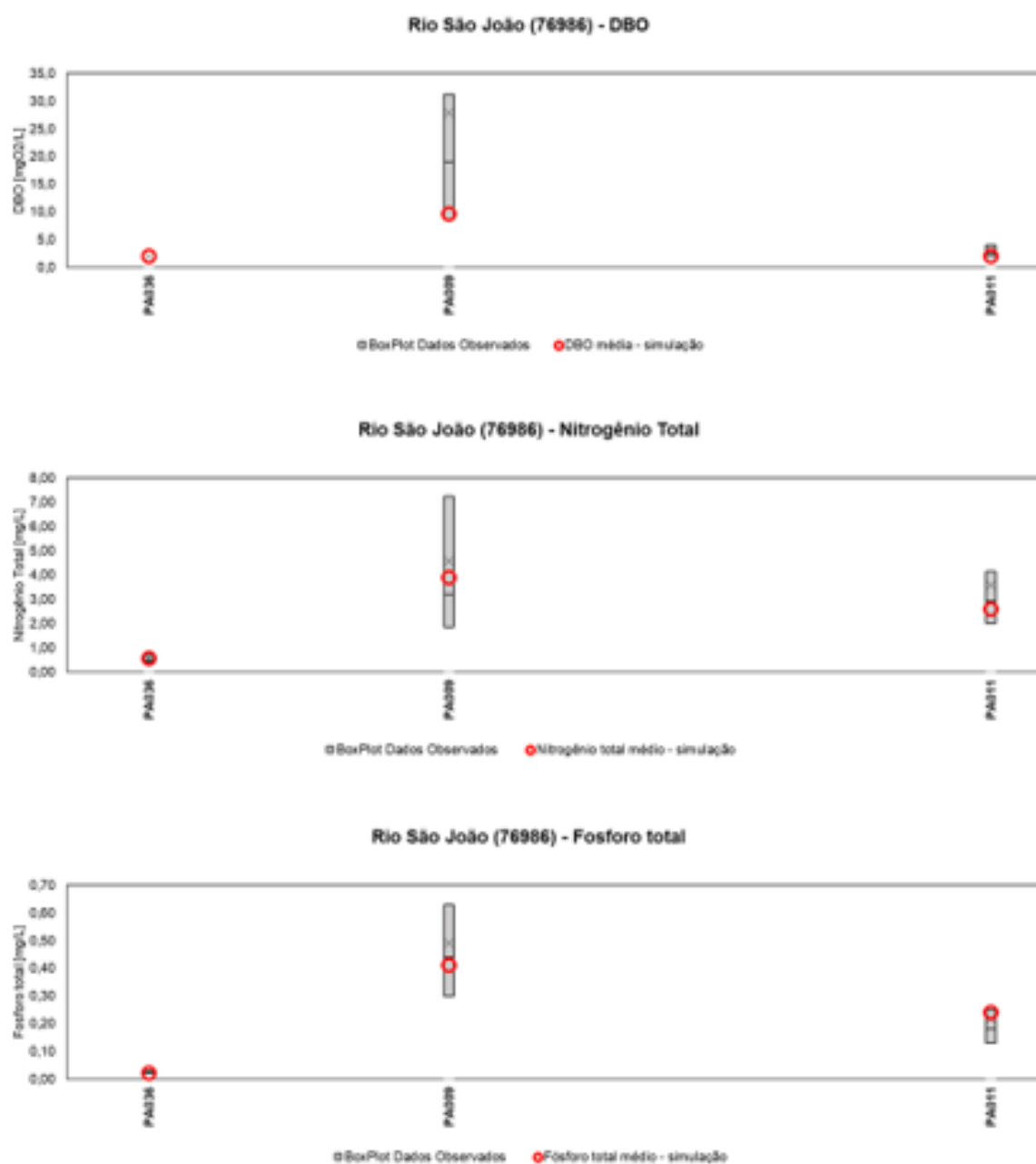


Figura 7.38 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio São João.

Na sub-bacia do Rio São Picão, os pontos de dados observados foram as estações IGAM PA021, PA037, conforme ilustrado na Figura 7.39. A Figura 7.40 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

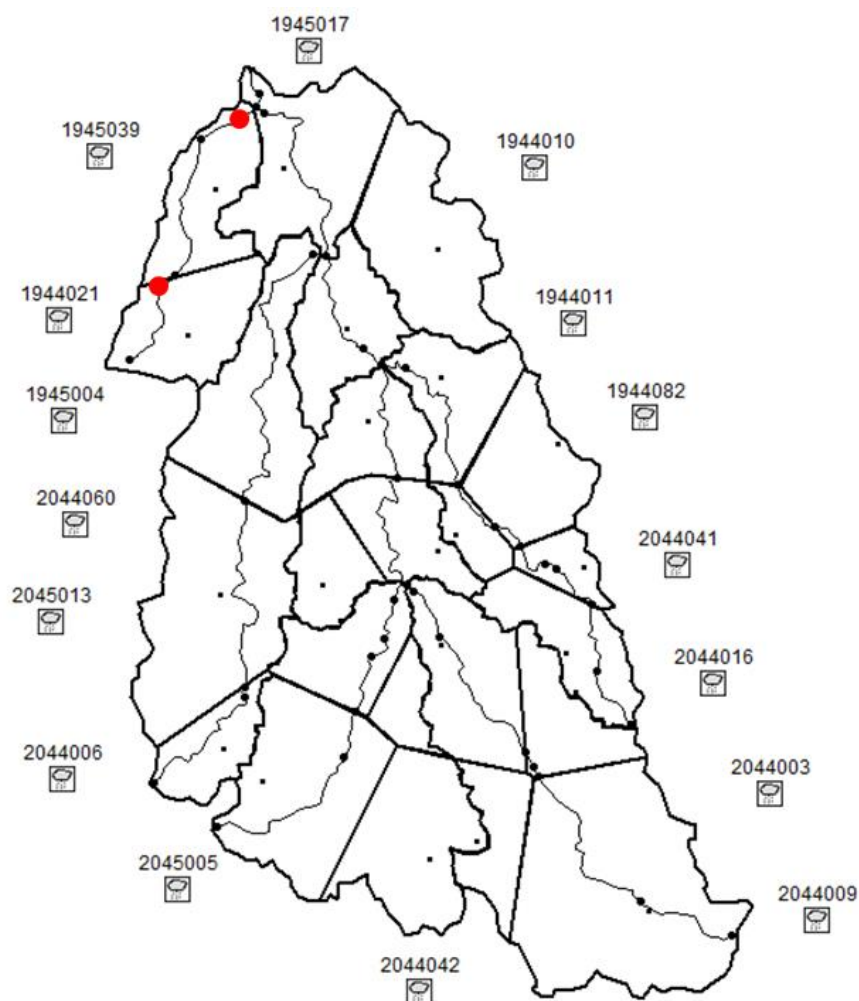


Figura 7.39 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Picão.

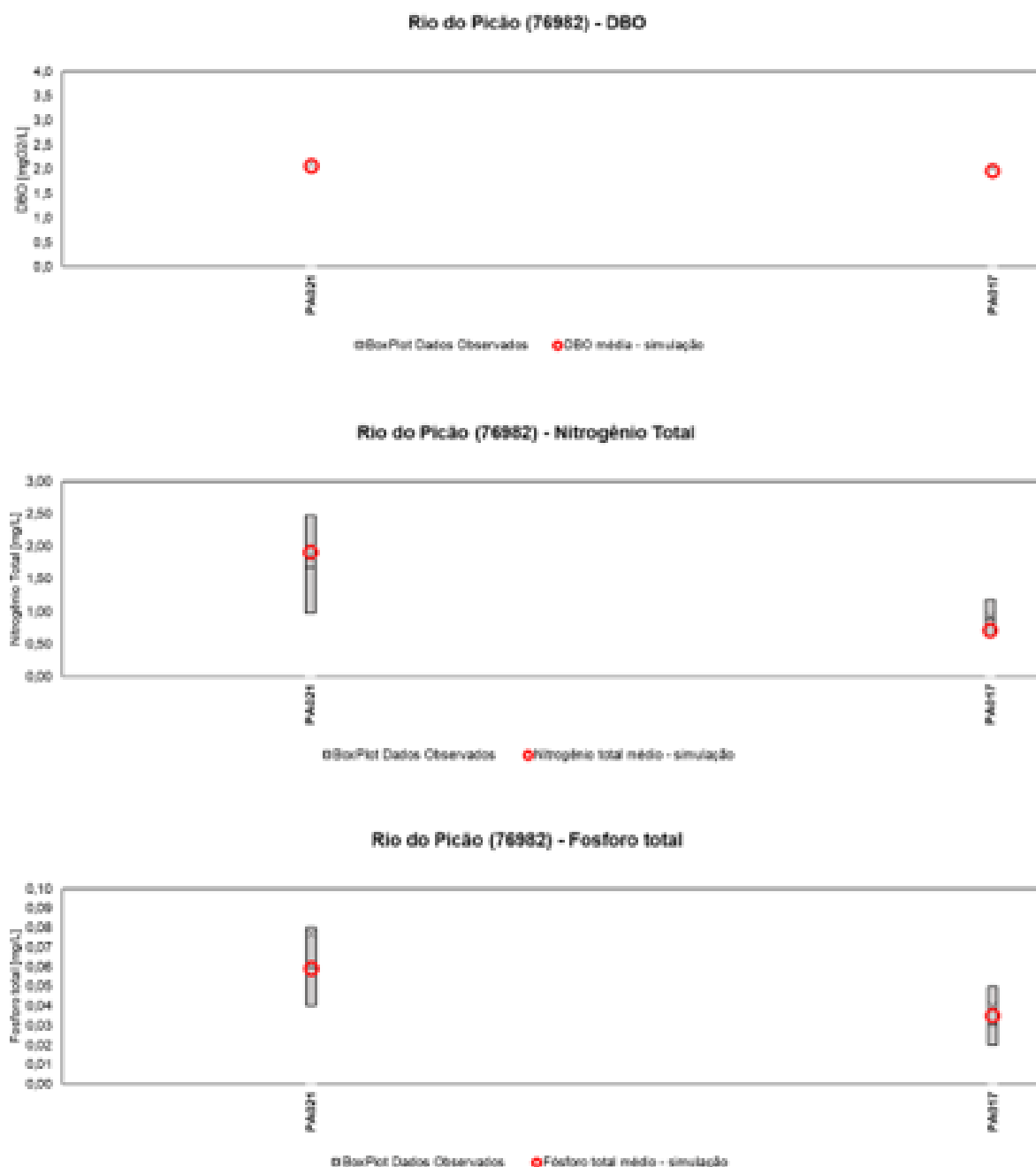


Figura 7.40 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Picão.

Na sub-bacia do Rio Lambari, os pontos de dados observados foram as estações IGAM PA040, PA015, conforme ilustrado na Figura 7.41. A Figura 7.42 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

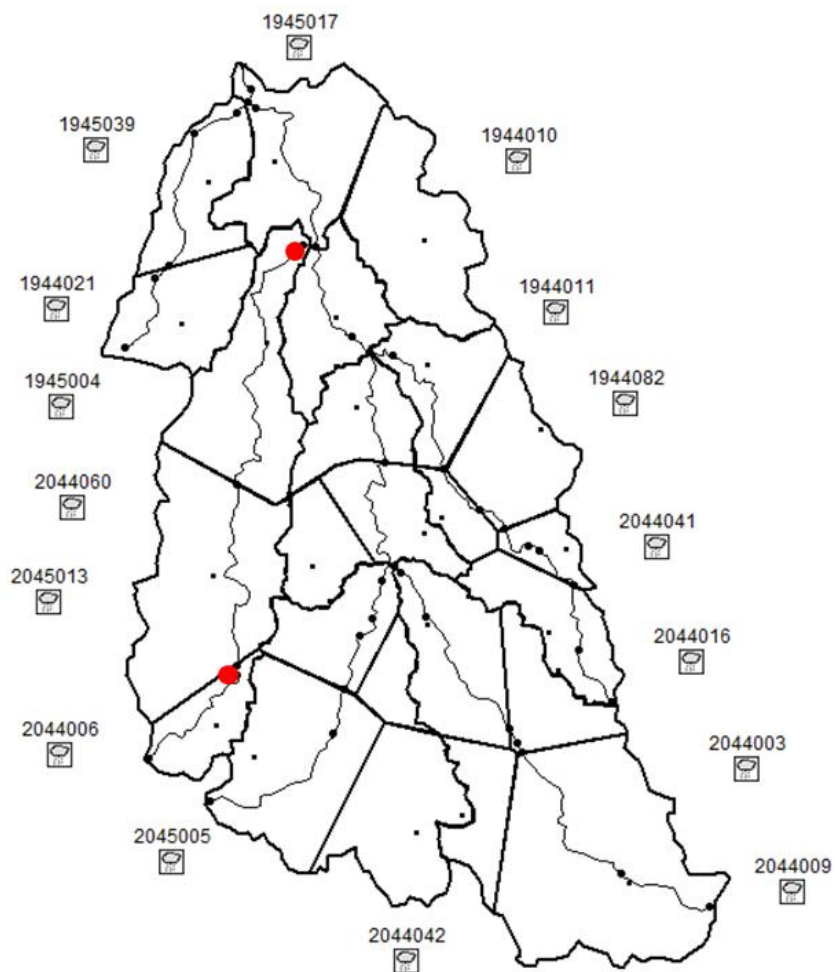


Figura 7.41 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Lambari.

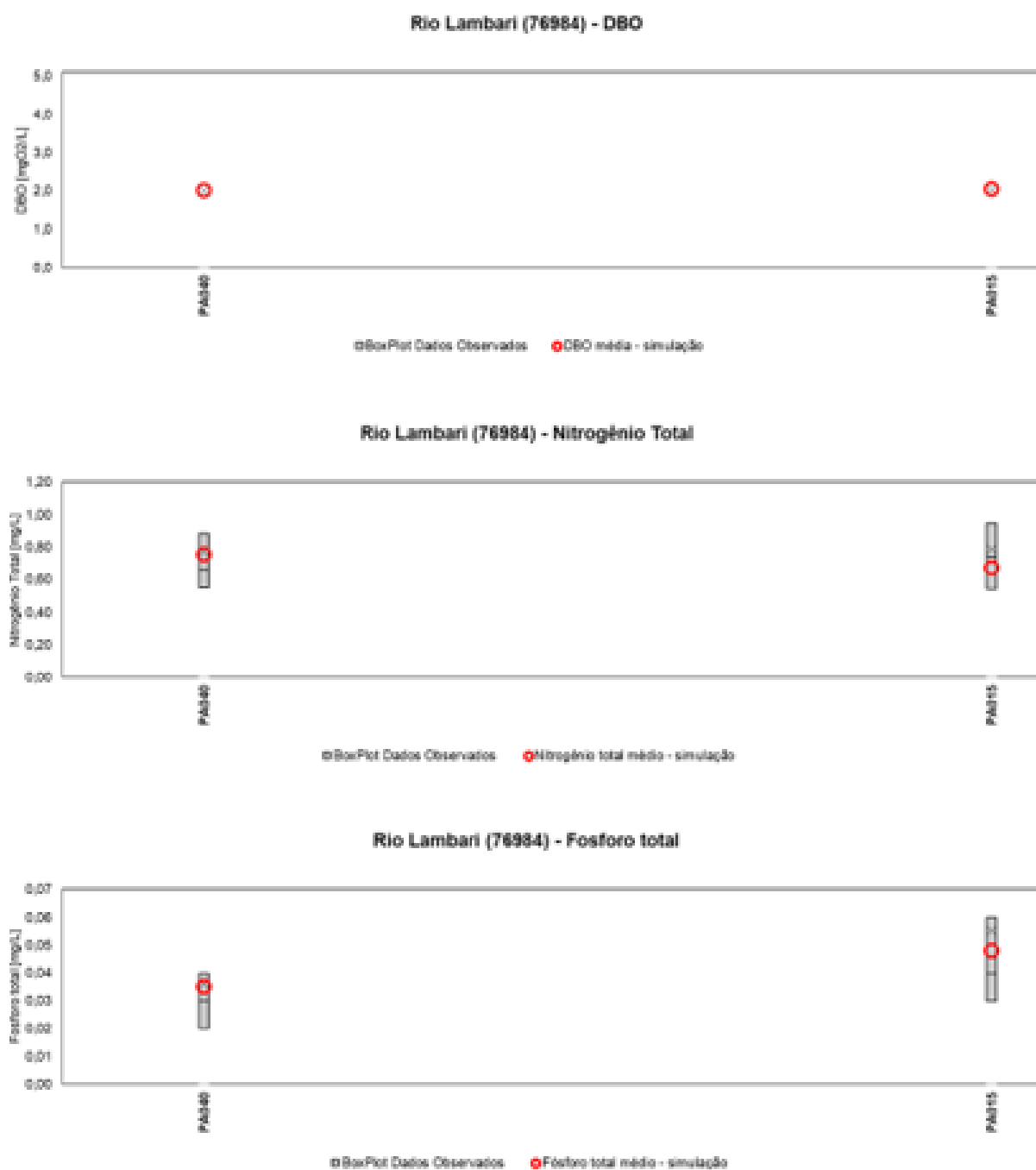


Figura 7.42 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Lambari.

Na sub-bacia do Rio Pará, os pontos de dados observados foram as estações IGAM PA001, PA003, PA028, PA005, PA013 e PA019, conforme ilustrado na Figura 7.43. A Figura 7.44 ilustra a calibração da concentração média de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo total em relação aos dados observados.

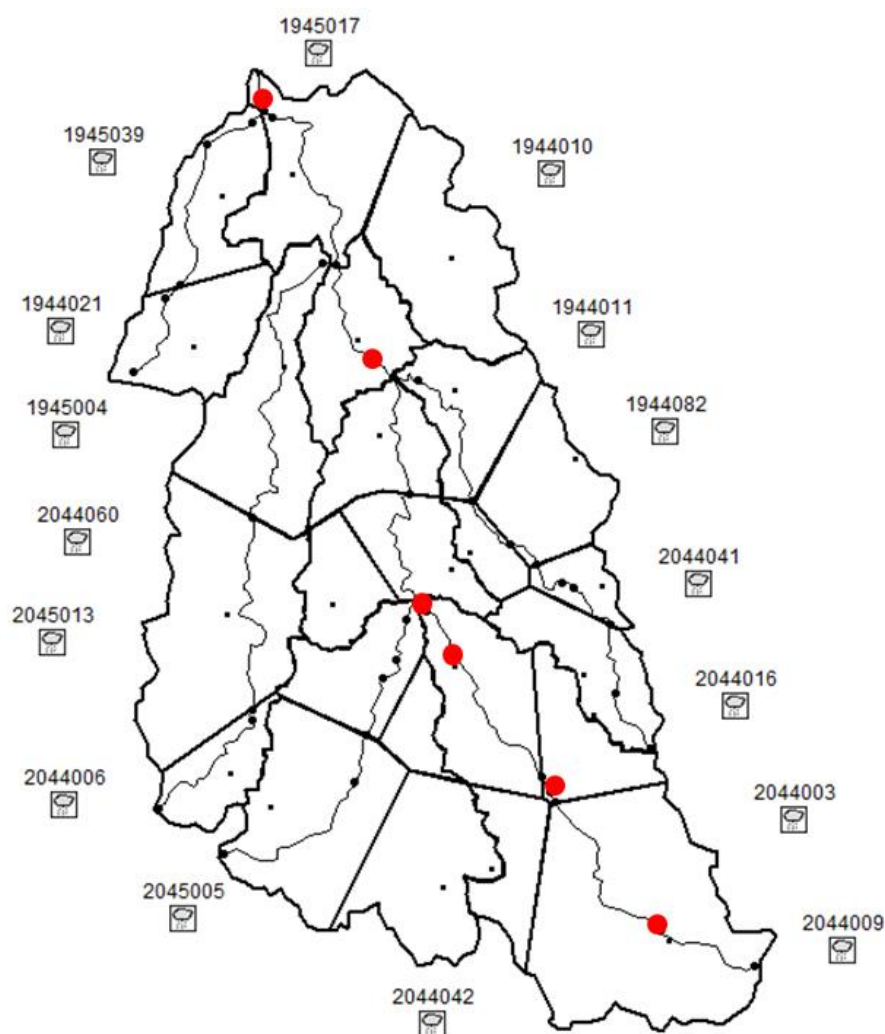


Figura 7.43 – Pontos com dados de qualidade da água usados na calibração da sub-bacia do Rio Pará

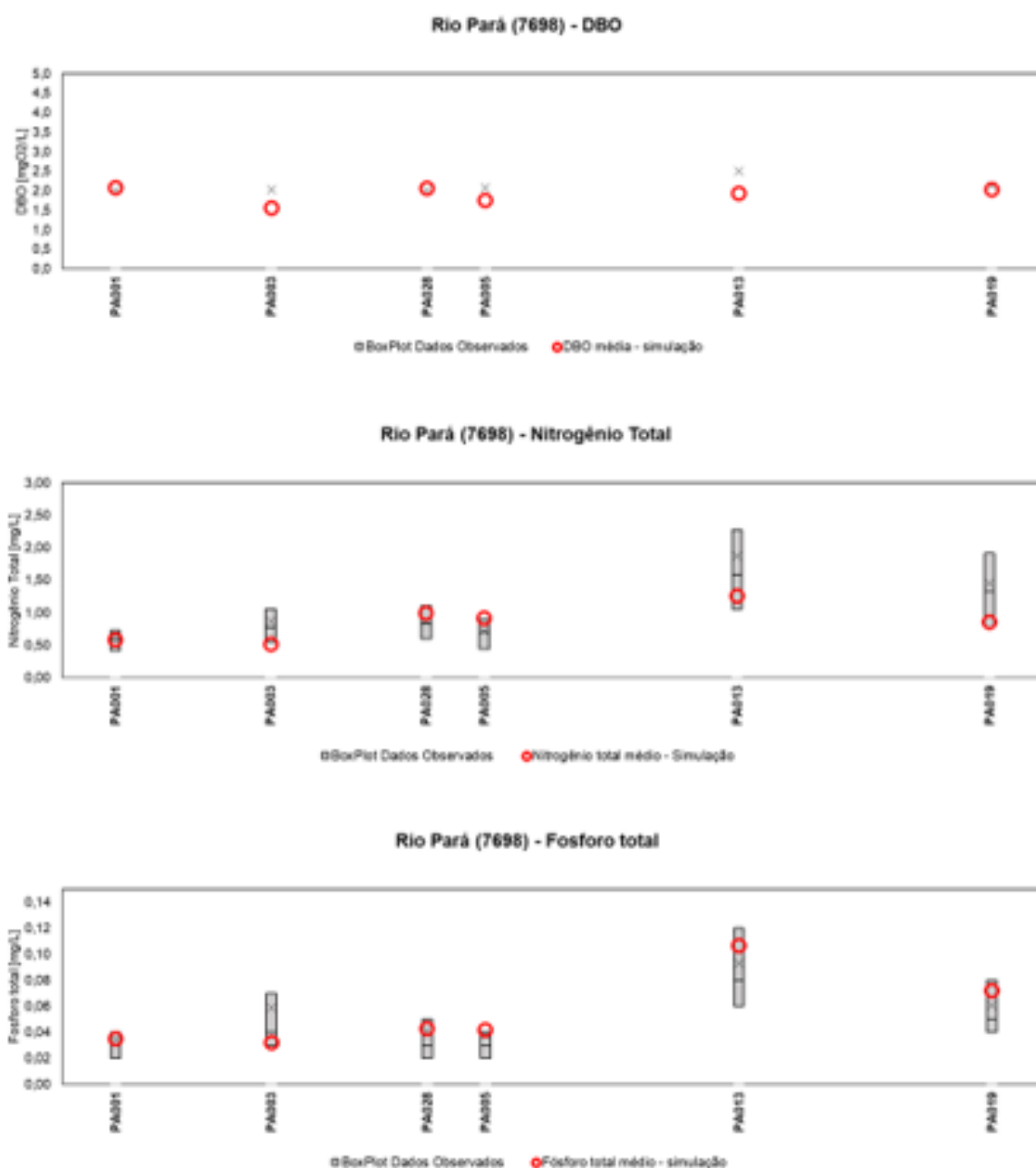


Figura 7.44 – Resultado das concentrações médias de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em relação aos dados observados no Rio Pará.

7.2.1 Simulação de Cenários com vazões de referência

Com os modelos hidrológicos de qualidade da água calibrados, foi possível simular cenários com diferentes vazões de referência ($Q_{7,10}$, Q_{MLT} e Q_{cheia} – vazão de cheia) para estimar as concentrações de DBO, Nitrogênio Total e Fósforo Total em diferentes

trechos do rio para esses cenários. O Quadro 7.6 mostra as vazões de referência para cada cenário simulado.

Quadro 7.6 – Vazões de referência para simulações de qualidade da água

Rio	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	Q_{MLT} (m ³ /s)	Q_{cheia} (m ³ /s)
Pará	8,66	35,81	482
São João	0,62	4,20	11,74
Itapecerica	1,63	14,27	156
Lambari	4,43	25,18	153
Picão	0,81	7,50	27,75

Para a Bacia do Rio Pará, a concentração de DBO, no cenário de $Q_{7,10}$, apresenta valores maiores nos trechos do Rio São João, com valores entre 5 mg/L e 10 mg/L. Na maior parte da Bacia, a concentração fica entre 1 mg/L e 3 mg/L. Nos trechos de cabeceira dos Rios Pará, Lambari e Picão, a concentração é menor que 1 mg/L. No cenário de Q_{MLT} , apenas um trecho do Rio São João apresenta concentração entre 1 mg/L e 3 mg/L, enquanto o resto da bacia apresenta valores inferiores a 1 mg/L. No cenário de Q_{cheia} , a concentração de DBO fica abaixo de 1 mg/L ao longo de toda bacia (Figura 7.45).

A concentração de Nitrogênio Total, no cenário de $Q_{7,10}$, apresenta valores maiores entre 3 mg/L e 5 mg/L e um pequeno trecho do Rio Itapecerica com valores entre 1 mg/L e 3 mg/L. Os outros trechos apresentam valores inferiores a 1 mg/L. Nos cenários de Q_{MLT} e Q_{cheia} , a concentração de Nitrogênio Total fica abaixo de 1 mg/L ao longo de toda bacia (Figura 7.46).

A concentração de Fósforo Total, no cenário de $Q_{7,10}$, apresenta valores maiores nos trechos do Rio São João e do Itapecerica, com valores maiores que 0,15 mg/L. Na maior parte do Rio Pará, a concentração fica entre 0,05 mg/L e 0,1 mg/L. Nos trechos de cabeceira do Pará, Lambari e Picão a concentração é inferior a 0,03 mg/L. No cenário de Q_{MLT} , a maior parte do Rio São João apresenta concentração entre 0,05 mg/L e 0,1 mg/L, o trecho de jusante do Rio Itapecerica apresenta valores entre 0,03 mg/L e 0,04 mg/L, e o resto da bacia apresenta valores inferiores a 0,03 mg/L. No cenário de Q_{cheia} , apenas um pequeno trecho do Rio São João apresenta concentração entre 0,05 mg/L e 0,1 mg/L, enquanto o resto da bacia apresenta

concentração inferior a 0,03 mg/L concentração de Fósforo Total fica abaixo de 1 mg/L ao longo de toda bacia (Figura 7.47).

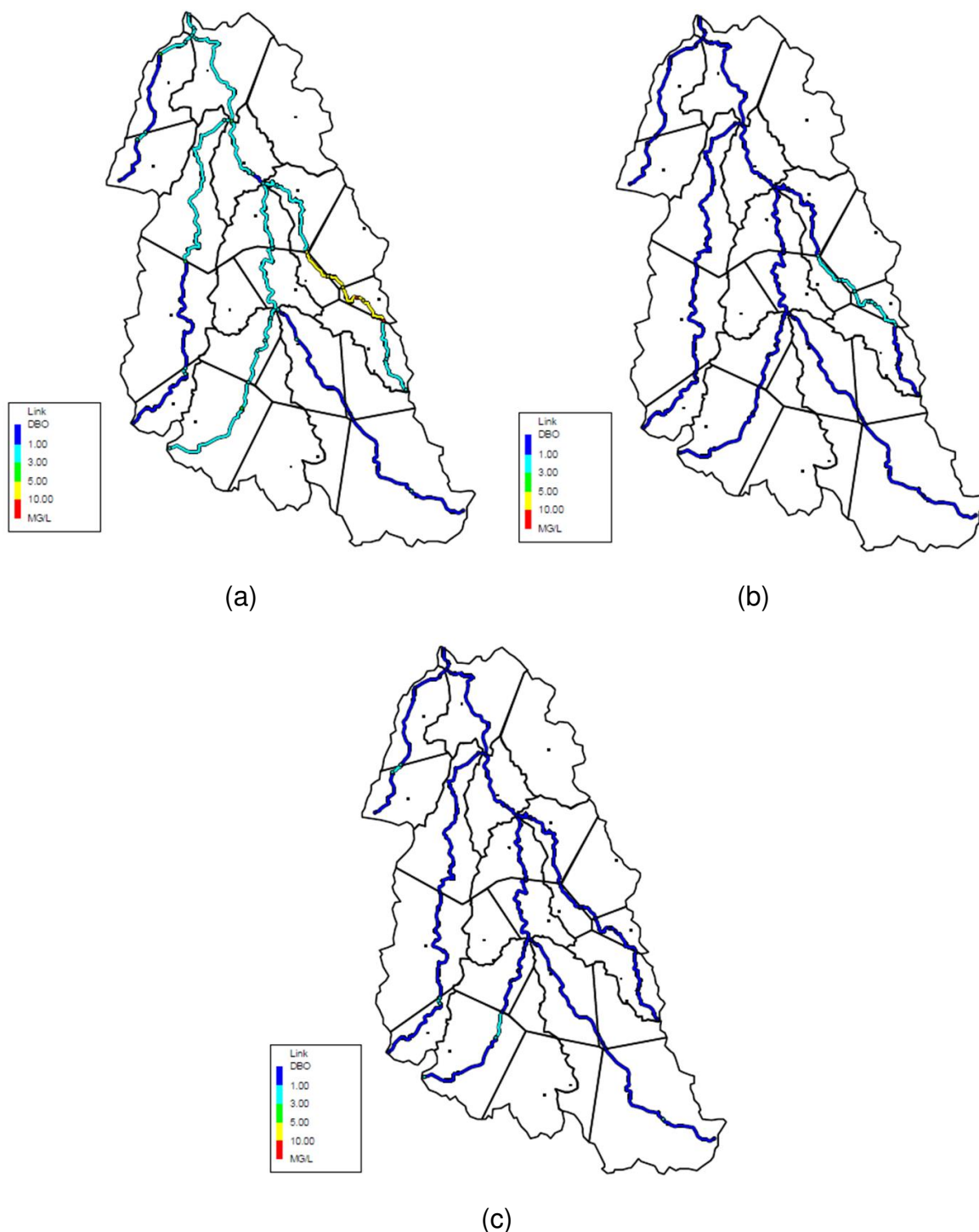


Figura 7.45 – Concentração de DBO na bacia do Rio Pará para os cenários (a) $Q_{7,10}$, (b) Q_{MLT} e (c) Q_{cheia} .

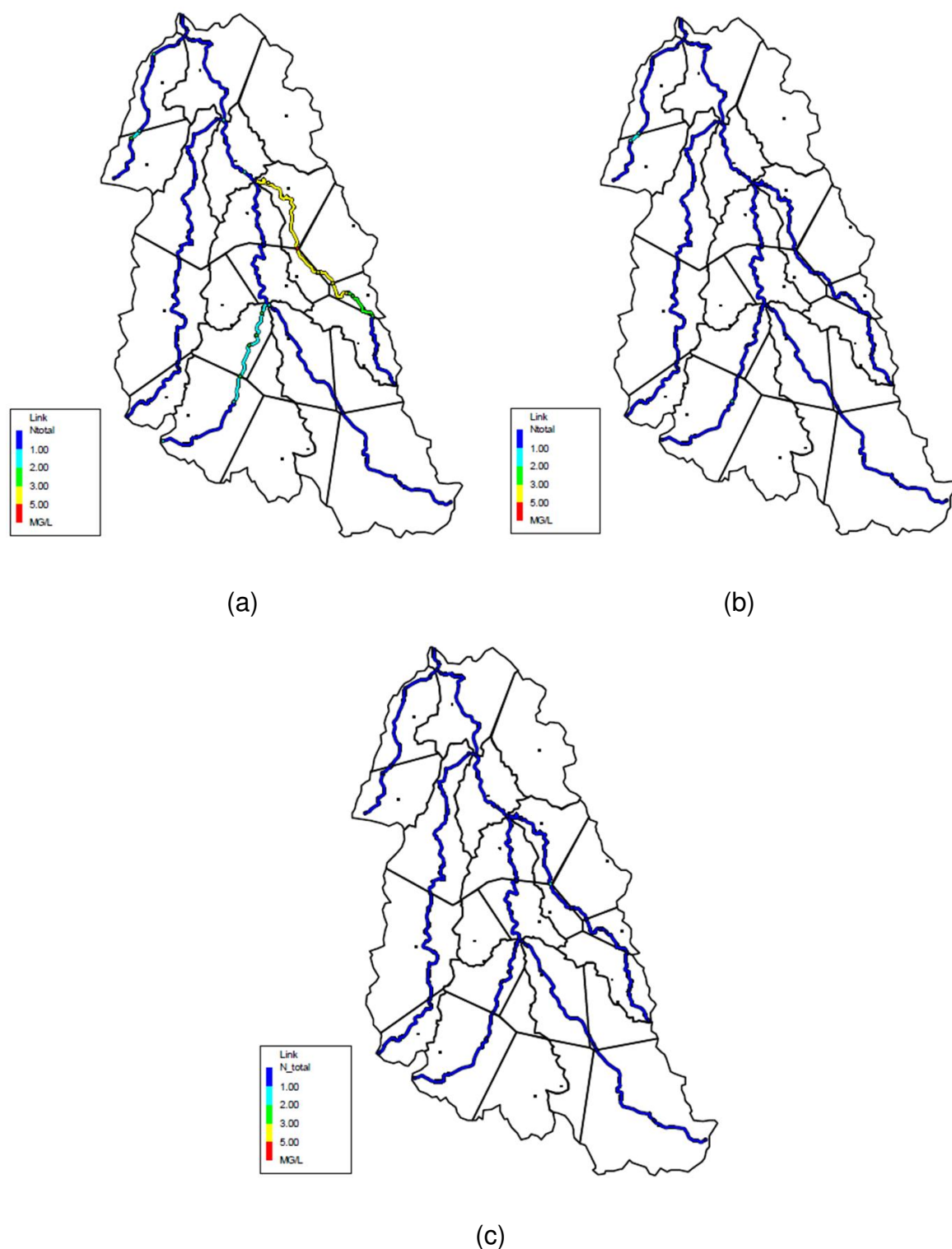


Figura 7.46 – Concentração de Nitrogênio Total na bacia do Rio Pará para os cenários (a) $Q_{7,10}$, (b) Q_{MLT} e (c) Q_{cheia} .

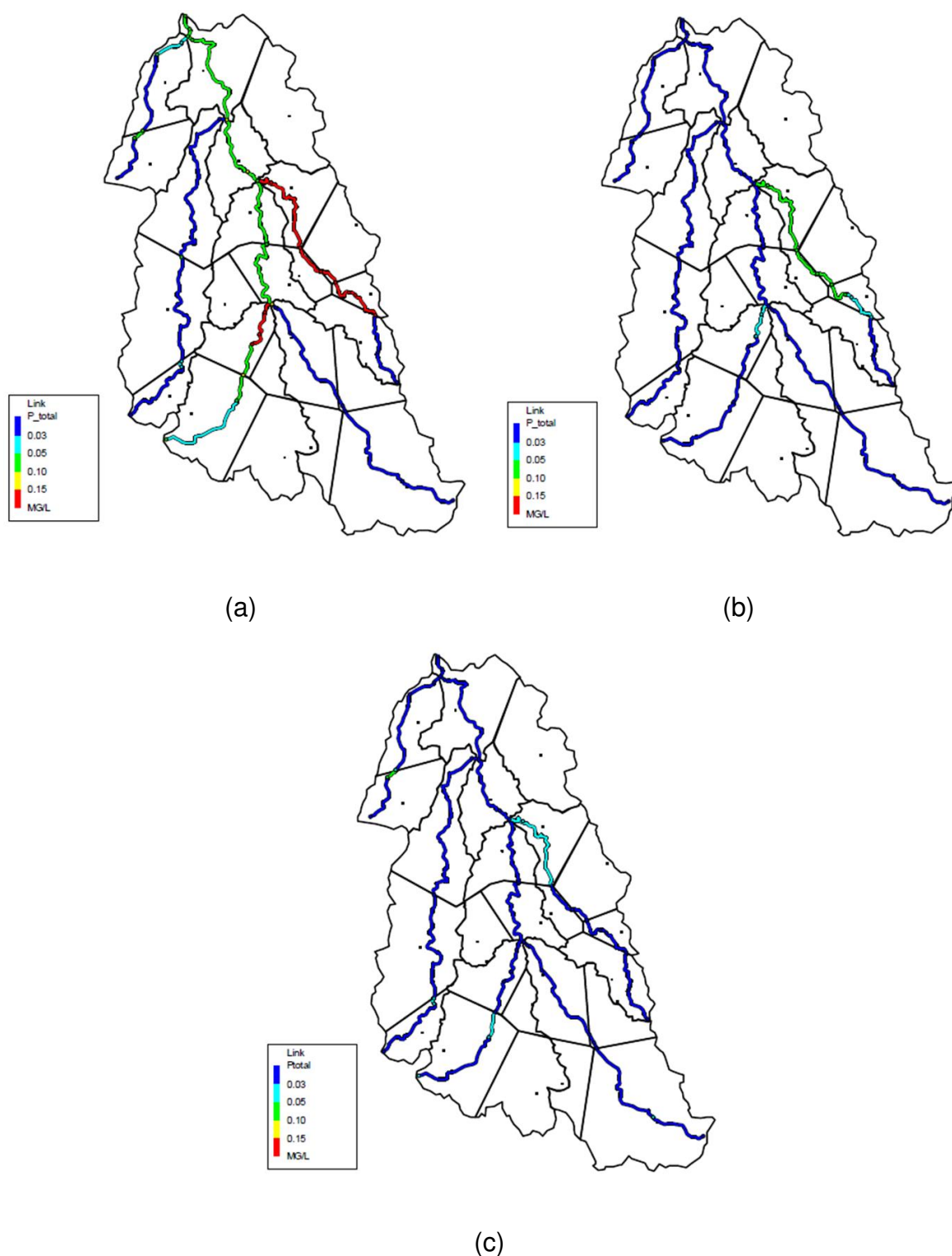


Figura 7.47 – Concentração de Fósforo Total na bacia do Rio Pará para os cenários (a) $Q_{7,10}$, (b) Q_{MLT} e (c) Q_{cheia} .

A investigação das concentrações das variáveis de qualidade da água em diferentes cenários é essencial para o enquadramento dos corpos hídricos, ou seja, para o estabelecimento de metas para atingir determinada qualidade da água (classe) a partir dos usos múltiplos da água no trecho específico do corpo hídrico. Nesse sentido, a ferramenta de modelagem hidrológica e de qualidade da água é indispensável para simular cenários com diferentes vazões de base, captações, lançamentos e aporte de poluentes, sendo possível, a partir disso, estabelecer as mudanças necessárias na bacia hidrográfica para atendimento dos padrões de qualidade que devem ser alcançadas ou mantidas nos rios.

7.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MONITORAMENTO E COTEJO FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE FORMA A AVALIAR CONDIÇÃO DA BACIA

Para auxiliar no diagnóstico das condições de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Pará utilizou-se uma ferramenta recomendada pela ANA, o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE). Nesta avaliação foram utilizados os dados do ano de 2019 e 2020.

7.3.1 Metodologia de cálculo

O ICE é usado para indicar a condição de conformidade da qualidade do corpo hídrico ao Enquadramento estabelecido previamente, seja por estudo específico ou por ausência dele, em que os rios de água doce são enquadrados como Classe 2, segundo a Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 91/2008 ou, no caso de Minas Gerais, pela DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008.

Esse índice é uma simplificação para facilitar a comunicação e interpretação dos resultados e, portanto, não substitui a análise detalhada das condições de qualidade da água.

O ICE se baseia na comparação entre valores dos dados de monitoramento com padrões de qualidade da água instituídos pela legislação e é composto por três fatores, a saber (Oliveira et. al, 2018):

1. A abrangência do impacto causado pela não conformidade;
2. A frequência com que as desconformidades ocorrem;

3. A amplitude da desconformidade (desvio em relação ao limite estabelecido na legislação).

O ICE varia de 0 a 100, sendo 0 a desconformidade total com o enquadramento e 100 a conformidade total ao enquadramento. Cada um dos três fatores tem a respectiva expressão de cálculo, como exposto a seguir.

Fator 1 (Abrangência): Indica o número de variáveis que ultrapassaram os limites indicados na legislação no período de monitoramento:

$$F_1 = \frac{n^\circ \text{ de variáveis que ultrapassaram o limite estabelecido}}{n^\circ \text{ total de variáveis analisadas}} \times 100$$

Fator 2 (Frequência): Indica o percentual de vezes que variáveis de qualidade estiveram em desconformidade em relação ao número de levantamentos realizados no período de monitoramento:

$$F_2 = \frac{n^\circ \text{ de levantamentos que ultrapassaram o limite estabelecido}}{n^\circ \text{ total de levantamentos}} \times 100$$

Fator 3 (Amplitude): Representa a diferença entre o valor observado e o valor estipulado pelo enquadramento na legislação. O F3 é calculado em 3 passos:

1. **Varição (Δv).** Número vezes que a variável ficou fora do valor estabelecido, seja por ter ultrapassado ou por não ter atingido, o que depende da variável.

Se a condição for não ultrapassar o limite:

$$\Delta v = \frac{\text{valor do levantamento}}{\text{valor estabelecido}} - 1$$

Se a condição for não ser inferior ao limite:

$$\Delta v = \frac{\text{valor estabelecido}}{\text{valor do levantamento}} - 1$$

2. **Soma normalizada das Variações (SNV).** Soma das variações (Δv) que não atenderam os limites estabelecidos pela legislação, dividido pelo total de levantamentos.

$$SNV = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta v_i}{n^{\circ} \text{ de coletas}}$$

3. Calcular F3:

$$F3 = \frac{SNV}{(0,01 \times SNV) + 0,01}$$

Por fim, o ICE é calculado pela integração dos três fatores na expressão:

$$ICE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right)$$

As faixas de valores de ICE indicam as categorias de qualidade expostas no Quadro 7.7.

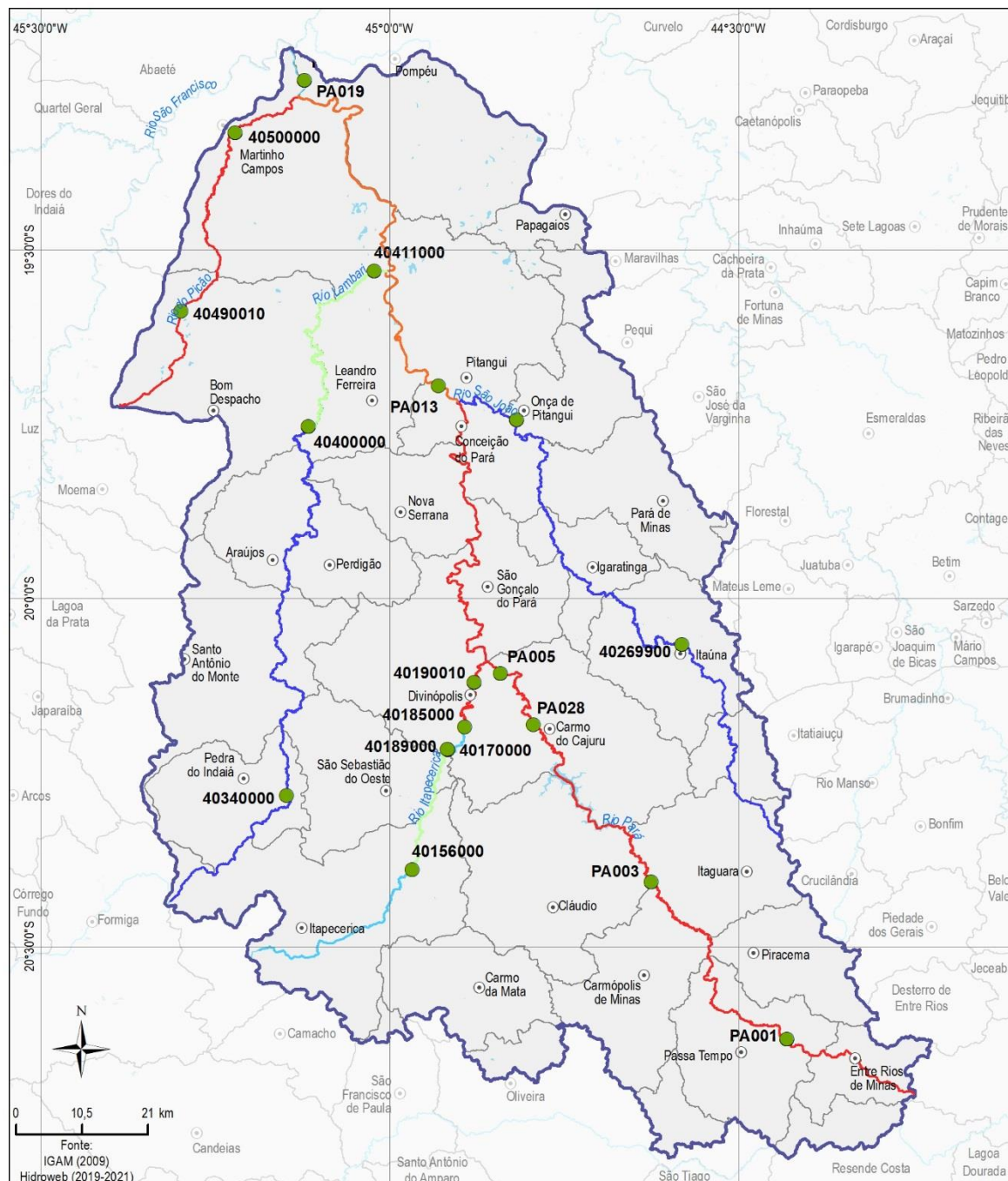
Quadro 7.7 – Categorias de qualidade adotadas para o ICE.

ICE	Faixa
Excelente	95-100
Bom	80-94
Regular	65-79
Ruim	45-64
Péssimo	0-44

O número de parâmetros monitorados e considerados no cálculo do ICE é um critério estabelecido previamente, dependendo dos dados disponíveis e das variáveis relevantes para o estudo. A partir das variáveis que o ICE considerar, é possível, por exemplo, que uma variável que esteja muito fora dos padrões reduza o Índice consideravelmente. Normalmente, o ICE é calculado por ano (2018, 2019, 2020...), mas também pode ser calculado por estação do ano, por exemplo, para investigar efeitos de sazonalidade (Oliveira et. al. 2018).

7.3.2 Resultados

O mapa da Figura 7.48 demonstra o resultado do cálculo do ICE para os principais cursos de água da bacia hidrográfica do rio Pará, e aqueles com estações de monitoramento da qualidade da água consideradas válidas pela análise apresentada anteriormente.



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- Curso d'água
- Massa d'água
- QA Válidas

Índice de Conformidade com o Enquadramento - ICE

- 0 - 45
- 46 - 65
- 66 - 80
- 81 - 95
- 96 - 100

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.48 – Índice de Conformidade ao Enquadramento bacia hidrográfica do rio Pará para o ano de 2019.

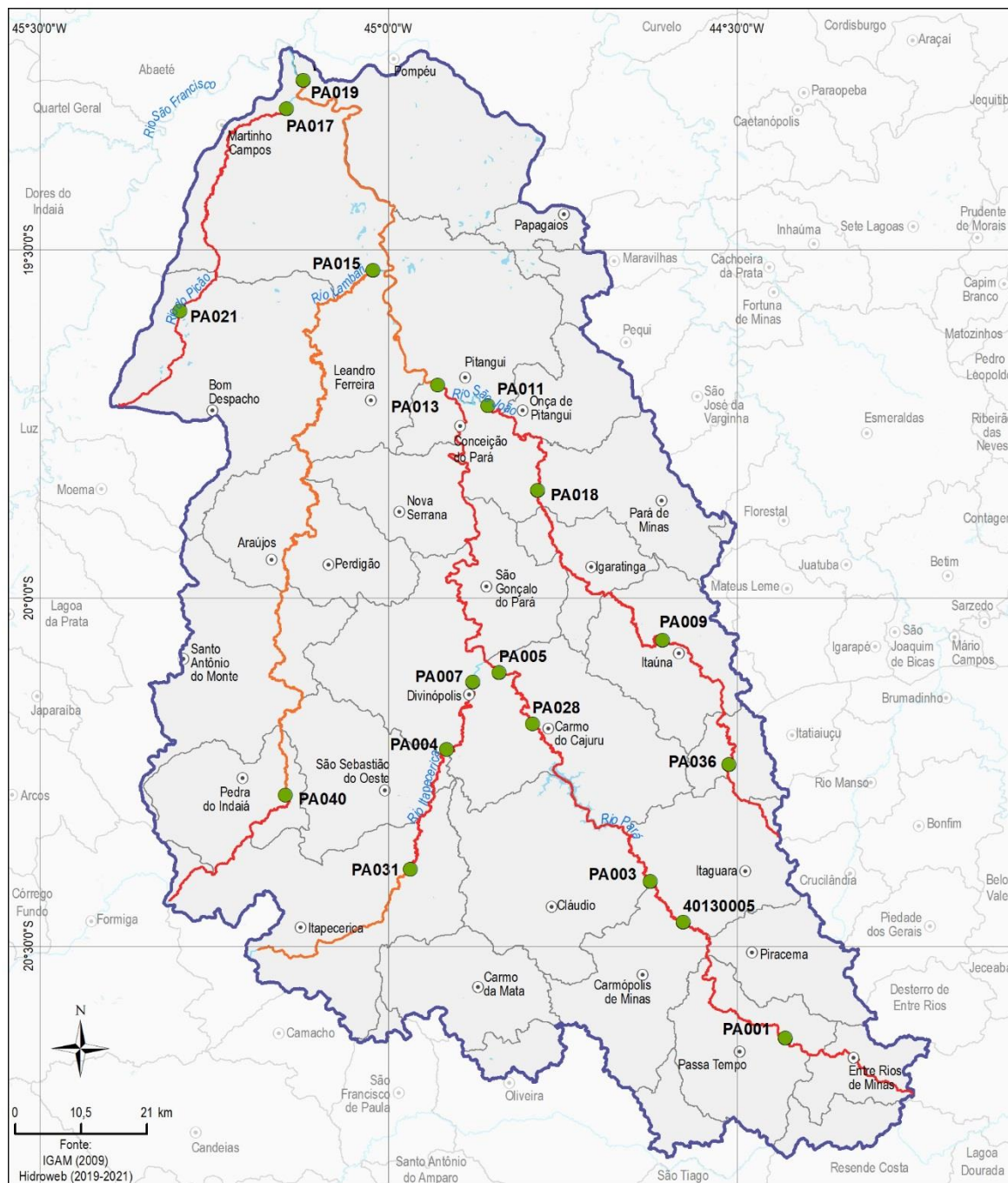


Figura 7.49 – Índice de Conformidade ao Enquadramento para 2020 bacia hidrográfica do rio Pará.

Em relação ao rio principal nota-se que o trecho da cabeceira até o meio da bacia (trecho da estação PA001 a estação PA013) apresenta, segundo a classificação do ICE condições péssimas em termos de conformidade ao enquadramento, passando para ruim no trecho de jusante.

Unindo os dados avaliados de cada estação, confirma-se que os parâmetros responsáveis por esta classificação são a *E. coli*, o Ferro Dissolvido e o Fósforo Total, tendo somente uma estação com problemas nas concentrações de Oxigênio Dissolvido (Figura 7.50).

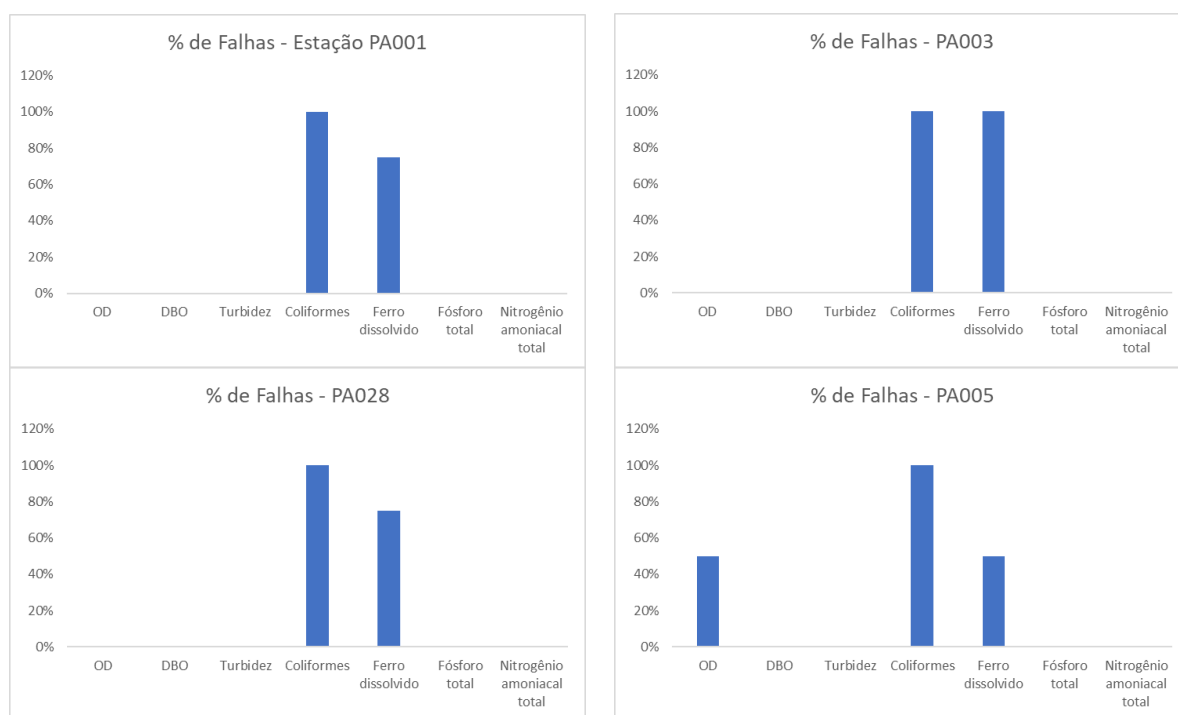


Figura 7.50 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações PA001, PA003, PA028 e PA005.

Ao correlacionar os resultados com a caracterização do uso do solo e atividades realizadas na sub-bacias, nota-se que nesta região mais de 60% do solo é utilizado como atividade de pastagem. Esta atividade promove ao ambiente condições de altas cargas de fertilizantes e matéria orgânica produzida pelos animais, fontes de

constituintes como o Fósforo e os microrganismos identificados pelo indicador do coliformes.

A situação do Ferro, por sua vez, pode estar relacionada com tipo de solo da região, amplamente conhecida pela riqueza em minerais, sendo que as maiores reservas atualmente estão nos estados de Minas Gerais e do Pará (Rodrigues, 2020).

Vale ressaltar, também, o impacto negativo da área urbana próxima à estação PA005, que pode ser notado pela redução das concentrações de Oxigênio Dissolvido e maior porcentagem de falhas deste parâmetro registrado nos resultados do ICE na estação PA005.

O trecho a jusante da estação PA013 até a foz do rio Pará tem em média 54% do seu território com uso do solo de pastagem, assim como os anteriores. No entanto, nesta região destaca-se também a agricultura (11%) e floresta (20%). Em termos de parâmetros em desconformidade com o enquadramento, são os mesmos da região de montante.

Nota-se que curso de água principal não apresentou nenhum evento de desconformidade ao enquadramento para os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Turbidez ou Nitrogênio Amoniacal. Isso demonstra as características amplamente rurais da bacia hidrográfica e com baixas porcentagens de solo exposto.

Para os afluentes, iniciando pela porção de cabeceira, o rio Itapecerica apresenta trechos de qualidade classe excelente em termos de conformidade com o enquadramento (a montante da estação 40156000 e entre as estações 40189000 e 40185000), classe bom (entre 40156000 e 40170000) e classe péssima a jusante da estação 40185000.

Os usos do solo predominantes nas áreas classificadas como de qualidade excelente e boa são pastagem (57%) e floresta (25%). O trecho entre a estação 40185000 e a foz do rio é dominado pela mancha urbana do município de Divinópolis.

A avaliação de falhas desse curso de água mostra que para o período analisado (2019) houve falhas para os parâmetros de Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total e *E. coli*, mas somente os dois últimos tiveram 100% do

tempo em desconformidade com o enquadramento e apenas considerando o trecho da foz do rio.

Esses resultados demonstram a influência da utilização dos fertilizantes e dos dejetos dos animais advindos das áreas da pastagem e o significativo impacto negativo na qualidade da água causado pela mancha urbana, prejudicando 4 das 7 variáveis analisadas.

Como no trecho principal, o rio Itapecerica não apresentou problemas com Turbidez e Demanda Bioquímica de Oxigênio. Neste caso também não foram detectadas desconformidades para o Ferro Dissolvido.

O afluente rio São João conta apenas com duas estações de monitoramento da qualidade da água válidas para este período. As estações, por sua vez, contam apenas com dados de Oxigênio Dissolvido, que não apresentam nenhuma desconformidade no período.

Como o uso do solo nessa região tem predominância de pastagem, agricultura e floresta, como é o mais comum da bacia hidrográfica, espera-se que sejam encontrados problemas com Fósforo e *E. coli*. Desta forma, estas são variáveis interessantes de serem integradas ao monitoramento local, visando acompanhar e controlar a contribuição afluente ao rio.

O rio Lambari aflui ao terço final do rio Pará e tem uma extensão de aproximadamente 203,5 km. O uso preponderante em sua bacia hidrográfica é, como nas demais, a pastagem (61%), com destaques também para a agricultura (13%), atividade que cresce nas áreas mais baixas da bacia hidrográfica, e floresta (21%). A região de cabeceira tem a atividade de agricultura concentrada, enquanto no trecho médio e na foz predomina a pastagem.

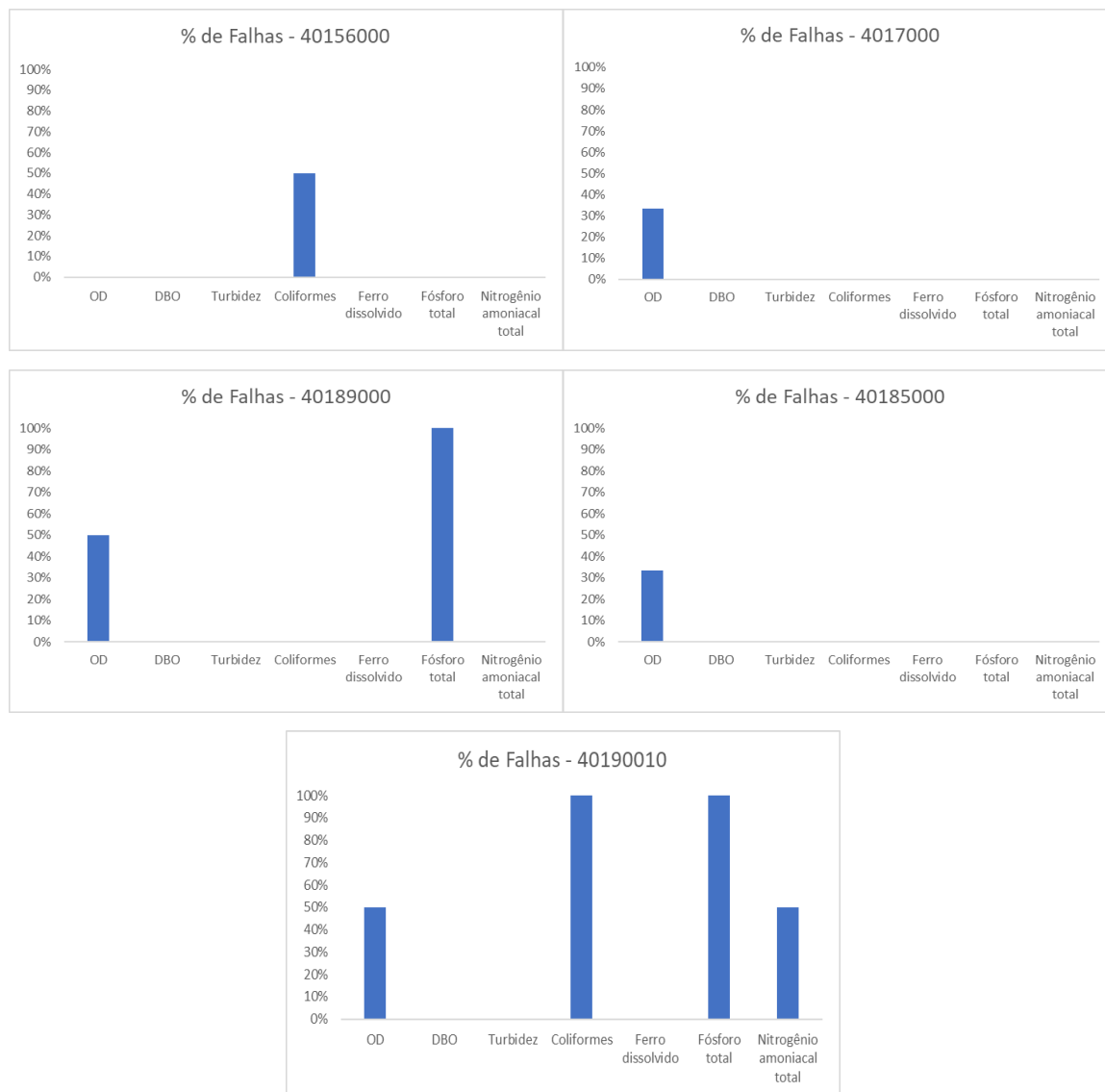


Figura 7.51 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio Itapecerica

Para a sua avaliação de qualidade da água foram determinadas três estações válidas, sendo que uma delas só tem dados de Oxigênio Dissolvido. O rio apresenta classificações excelentes, do início do rio até a estação 40400000, e regular, desta até a foz.

A análise de falhas não mostra nenhuma desconformidade na estação 40340000 e na 40400000. Por outro lado, na estação 40411000 foi identificada falha nos parâmetros

de Fósforo Total e *E. coli*, mais uma vez traço das características rurais da bacia (Figura 7.52).

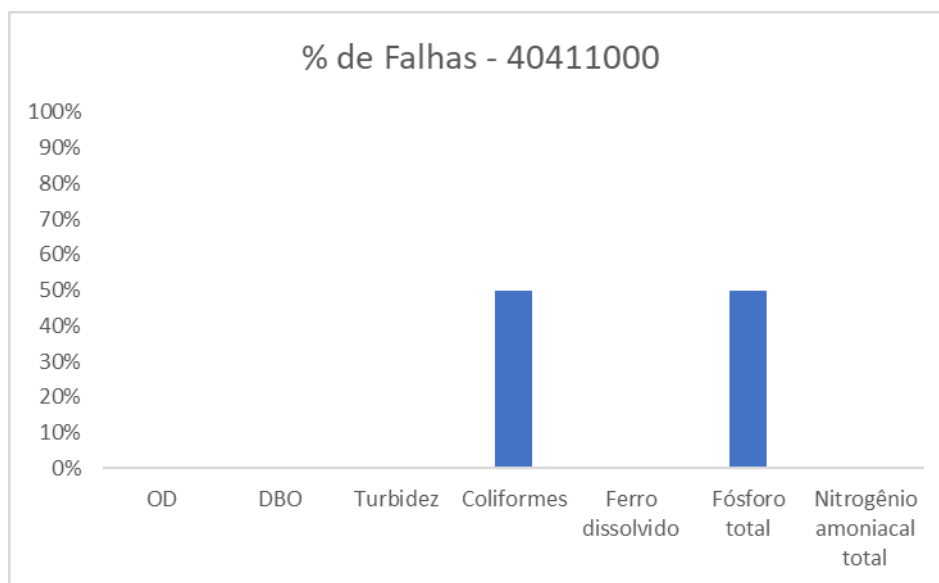


Figura 7.52 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio Lambari

O rio do Picão, também afluente ao rio Pará, está localizado na porção inferior da bacia hidrográfica, afluindo quase à foz do curso principal. Ele possui duas estações válidas para esta análise, as quais resultaram na divisão do curso de água em dois trechos, o de montante com classe péssimo e de jusante com classe regular (Figura 7.53).

Em termos de uso do solo, novamente a pastagem é predominante (61%), mas também trata de área composta por floresta (23%), savana (10%), agricultura (5%) e áreas urbanas (1%).

Aprofundando a análise das condições de qualidade da água, por meio da análise de falhas nota-se que os parâmetros com falhas são os mesmos encontrados em outras áreas da bacia hidrográfica, Fósforo Total e *E. coli*.

Ao avaliar a distribuição espacial correlacionada à qualidade da água no trecho, pode-se inferir que a atividade da agricultura seja a responsável pela piora da qualidade do

trecho de montante, elevando as concentrações de Fósforo Total, uma vez que está concentrada na região de entorno da estação.

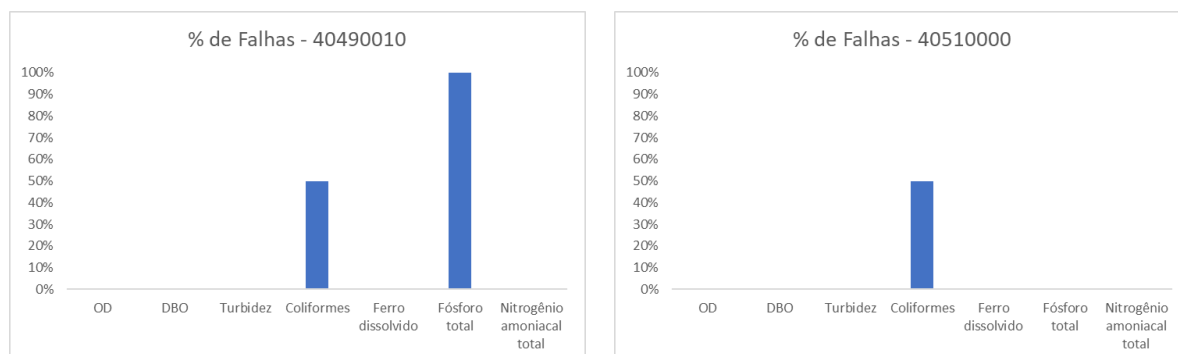


Figura 7.53 – Avaliação da porcentagem de falhas por parâmetro no cálculo do ICE para as estações no rio do Picão

7.3.3 Considerações

Com as informações da avaliação realizada, é possível verificar que a bacia hidrográfica do rio Pará possui características principalmente rurais, com predominância de áreas de pastagens, acompanhadas pela agricultura e floresta. Algumas manchas urbanas estão presentes na região, no entanto, a área de influência percebida nos dados de qualidade da água trata da sede de Divinópolis, região próxima à foz do rio Itapeçerica. O Oxigênio Dissolvido e o Nitrogênio Amoniacal foram os parâmetros que demonstraram a influência daquele município no curso de água com algumas medidas em desconformidade com o enquadramento, tratando de indicadores de poluição urbana.

As estações avaliadas não registraram problemas com matéria orgânica na bacia, sendo que o indicador Demanda Bioquímica de Oxigênio apresenta baixa variação anual. Os sólidos também apresentam baixas alterações anuais e poucos problemas na bacia hidrográfica, uma vez que seu indicador, Turbidez não registrou nenhuma desconformidade no período.

O Ferro Dissolvido apresentou algumas falhas ao enquadramento na região de cabeceira do rio Pará, no entanto, não é notado no uso de solo atividades que poderiam inserir de forma antropogênica este constituinte na bacia hidrográfica e,

tendo em vista as características geológicas locais, entende-se que a maior probabilidade é que esta seja uma contribuição natural.

De maneira geral a bacia hidrográfica apresenta poluição por Fósforo e *E. coli*, ambos com registros de desconformidade durante o período todo e na maioria das estações da bacia hidrográfica. Sabendo que suas principais fontes estão associadas com fertilizantes de solo e excremento de animais, esses resultados acompanham as principais atividades executadas na região.

8. ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL PERTINENTE

8.1 ANÁLISE DO ARCABOUÇO LEGAL DE ABRANGÊNCIA NACIONAL E ESTADUAL QUE TENHA RELAÇÃO COM OS ESTUDOS ORA EM CURSO

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída por meio da Lei Federal nº 9.433/1997, que apresentou o enquadramento de corpos de água em classes como um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Da mesma forma, foram criados os outros instrumentos de gestão como a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e os planos de recursos hídricos, sendo que estes últimos podem ser elaborados para áreas de abrangência nacional, estadual ou de bacia hidrográfica.

O presente estudo trata especificamente do enquadramento de corpos de água em classes, que tem os objetivos de assegurar qualidade das águas compatível com os usos mais exigentes para os quais são destinadas as águas de determinado corpo hídrico e diminuir os custos de combate à poluição das águas, com base em ações preventivas. Trata-se de um instrumento de planejamento em que são avaliadas as condições atuais da bacia e são construídos cenários futuros possíveis, a partir dos quais deve ser definido um cenário de planejamento com ações futuras e que devem ser executadas na bacia para que todos os corpos hídricos tenham qualidade compatível com os usos da água. Para a bacia hidrográfica do rio Pará, o enquadramento já foi aprovado pelo COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental, sendo formalizado por meio de sua Resolução nº 28/1998. De toda forma, considerando o tempo referente a sua aprovação anterior, a condição em que se

encontra a bacia hoje e seus cenários possíveis a serem construídos na próxima etapa de estudos, bem como a legislação mais recente e posterior à aprovação anterior, está sendo realizado o presente estudo com vistas à apresentação de nova proposta de enquadramento.

O enquadramento de corpos de água em classes tem impacto em todos os outros instrumentos, mas também pode ser influenciado por eles. O primeiro deles a ser considerado nesta análise trata do SNIRH, que é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Nesse sentido, se mostra como uma base fundamental à busca de informações para o presente estudo, como pode ser identificado nas análises diagnósticas que vêm sendo realizadas no presente documento. De forma complementar, os resultados e análises desenvolvidos neste estudo gerarão base importante de informações para disponibilização no próprio SNIRH ou atualização de bases existentes.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos deve ser emitida para todos os empreendimentos que alterem a qualidade, quantidade ou regime dos corpos hídricos. Nesse sentido, envolvem captações de águas superficiais ou subterrâneas, lançamento de efluentes em corpos hídricos ou intervenções que levem a alterações no regime hídrico dos corpos de água como é o caso de barragens para geração de energia hidrelétricas, amortecimento de cheias ou regularização de vazões, por exemplo. Dessa forma, para diversas análises de pedidos de outorga, é importante consultar ou verificar a compatibilidade dos usos pretendidos com a qualidade resultante dos corpos de água. Como principal exemplo, pode ser citado o lançamento de efluentes em que deve ser avaliado se o corpo hídrico irá manter a qualidade em que encontra-se enquadramento, mesmo após a realização do referido uso para a diluição. Outros exemplos podem ser citados, como é o caso de outorgas que tratam da formação de reservatórios para aproveitamentos hidrelétricos, em que devem ser avaliadas suas condições em termos de manutenção da qualidade de enquadramento de suas águas. De forma inversa, ao avaliar um uso para captação de água, é importante verificar se a finalidade do empreendimento é compatível com aqueles usos previstos daquela água de acordo com o respectivo enquadramento.

Também dentre os instrumentos de gestão, podem ser citados os planos de recursos hídricos, que fundamentam e orientam a política de recursos hídricos em sua área de atuação, que pode ser a bacia hidrográfica, o Estado ou o País. Nesse sentido, constam de etapas de diagnóstico, prognóstico e plano de ações, em moldes semelhantes ao do enquadramento. Além disso, diversos estudos previstos nas etapas de diagnóstico e prognóstico dos planos de recursos hídricos são também compatíveis com os estudos de enquadramento, sendo, inclusive, recomendado que a proposta de enquadramento seja elaborada em conformidade com o plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante sua elaboração, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH nº 91/2008 que dispõe sobre os procedimentos gerais para enquadramento. Nesse sentido, é fundamental que as ações previstas nos planos de recursos hídricos e nos planos de ações das propostas de enquadramento estejam compatíveis, o que irá otimizar investimentos em ações em prol das bacias hidrográficas. No caso da bacia hidrográfica do rio Pará, já possui o seu Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH elaborado e aprovado pelo seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH por meio da DN – Deliberação Normativa CBH Pará nº 14, de 10 de abril de 2008. Tal plano será mais bem abordado no capítulo de levantamento de políticas, planos e programas. Dessa forma, os planos e enquadramentos devem trabalhar de forma integrada, na medida do possível com objetivos e metas comuns e com ações sinérgicas e otimização do dispêndio de recursos.

Seguindo pelos instrumentos de gestão, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos visa reconhecer a água como bem econômico, dar ao usuário indicação de seu valor, incentivar a racionalização de uso e obter recursos financeiros para o investimento em ações dos planos de recursos hídricos. Nesse sentido, considerando o comentário já apresentado anteriormente em que os planos de recursos hídricos e os enquadramentos devem atuar de forma integrada, é possível que as ações previstas nos planos de ações do enquadramento sejam financiadas com recursos da cobrança, caso também estejam previstas no contexto daquele outro instrumento. Outro aspecto de integração direta entre o instrumento enquadramento e a cobrança pelo uso de recursos hídricos trata da formulação de cálculo aplicada nas metodologias usualmente aprovadas para pagamento pelos usuários. Como exemplo, na própria

metodologia aprovada para a bacia hidrográfica do rio Pará pela DN nº 24/2013 de seu CBH, um dos fatores adotados na fórmula de cobrança trata do $K_{cap\ classe}$, que é um coeficiente que considera a classe de enquadramento do corpo de água em que se faz a captação. Assim, de acordo com a respectiva classe de enquadramento, o valor pago pelo usuário pode ser majorado (classe especial ou 1) ou minorado (classes 3 ou 4).

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos já foi implementada na bacia hidrográfica do rio Pará desde 2018 e arrecadou em 2020 um valor total de R\$ 2.425.754,77¹⁵. Esse valor e o potencial de arrecadação para os próximos anos poderão ser utilizados como fontes de recursos para o financiamento de ações do enquadramento, desde que estejam compatíveis com o respectivo PDRH da bacia do rio Pará.

Dessa forma, apresenta-se de forma direta que todos os instrumentos de gestão apresentam relação direta com o enquadramento dos corpos hídricos, sendo influenciados ou influenciando suas informações e estudos desenvolvidos. Esse aspecto é fundamental, uma vez que no contexto do plano de ações deste enquadramento deverão ser avaliadas e, caso necessário, ser previstas ações para serem desenvolvidas no contexto do aperfeiçoamento ou adequação dos outros instrumentos de gestão.

A Política Estadual de Recursos Hídricos em Minas Gerais foi criada por meio de Lei Estadual nº 13.199/1999 e previu os mesmos instrumentos considerados na legislação federal, acrescentando a compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos, o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo e as penalidades. Apesar da política estadual já ter sido regulamentada por meio de alguns decretos, esses apenas o instrumento “penalidades” vem sendo aplicado, faltando ainda melhor disciplinamento para que os outros dois instrumentos sejam efetivamente aplicados no estado. Quanto ao instrumento enquadramento, na lei estadual apresenta os mesmos objetivos previstos na Lei Federal nº 9.433/1997. O decreto estadual nº 41.578/2001 regulamentou a Política Estadual de Recursos Hídricos e não apresentou maior detalhamento para o

¹⁵ <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2021/02/Cobran%C3%A7a-e-Arrecada%C3%A7%C3%A3o-2020-CG-Par%C3%A1-2.pdf>

instrumento enquadramento, determinando que o CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos e o COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental, sob a coordenação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, estabelecessem, mediante deliberação normativa conjunta, o disciplinamento. Tal deliberação será apresentada mais adiante neste subitem.

Tratando do disciplinamento específico do instrumento enquadramento, foi formalizado em nível nacional pela já citada Resolução CNRH nº 91/2008, que definiu as quatro etapas previstas de estudos, sendo elas o diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e o programa de efetivação. Além disso, o documento indica os aspectos que devem ser abordados em cada uma dessas quatro etapas do estudo de enquadramento e que são seguidas de acordo com o termo de referência previsto para a elaboração do presente estudo.

Cabe destacar da Resolução CNRH nº 91/2008 em seu artigo 15, o estabelecimento das regras transitórias para a implementação das ações de gestão de recursos hídricos, mais especificamente a aplicação de instrumentos como a outorga e a cobrança, bem como o licenciamento ambiental. Nesses casos, enquanto não estiverem enquadrados os corpos de água, cabe à autoridade outorgante, em articulação com o órgão de meio ambiente, a definição da classe a ser adotada para a implementação dos instrumentos de gestão, em função dos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água. Também de forma transitória, até que o órgão outorgante tenha informações para a definição em questão e estabeleça a classe correspondente para a aplicação dos instrumentos de gestão, poderá ser adotada, para as águas doces superficiais, a classe 2.

De abrangência estadual em Minas Gerais, cabe destacar a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM e CERH nº 06/2017, que dispõe sobre os procedimentos gerais para enquadramento de corpos de água superficiais. Nesse sentido, a DN em questão define que o enquadramento deve se dar por meio do estabelecimento de classes de qualidade para cada corpo hídrico tendo como referência seus usos preponderantes mais restritivos e a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Por esse motivo, o capítulo sobre os usos da água deste documento já avançou na identificação e exposição dos usos preponderantes mais restritivos de cada sub-bacia. O DN mineira

segue as mesmas etapas de estudos previstas na Resolução do CNRH, assim como o que deve constar em cada etapa de estudos. Além disso, apresenta regra transitória semelhante à já disposta na Resolução do CNRH, sendo definido que, enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces devem ser consideradas como classe 2, exceto se apresentarem condições de qualidade atuais melhores, situação em que deverá ser aplicada classe mais rigorosa.

De abrangência nacional, cabe citar, ainda, alguns atos específicos sobre o tema e formalizados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, como é o caso da Resolução nº357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento. Nesse caso, estabelece cinco classes de águas doces e suas finalidades mais restritivas de usos, a saber:

- Classe especial: águas destinadas:
 - Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
 - À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
 - À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas:
 - Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
 - À proteção das comunidades aquáticas;
 - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;
 - À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
 - À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
 - À proteção das comunidades aquáticas;
 - À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000;
 - À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
 - À aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas:
 - Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
 - À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
 - À pesca amadora;
 - À recreação de contato secundário; e
 - À dessedentação de animais.
 - Classe 4: águas que podem ser destinadas:
 - À navegação; e
 - À harmonia paisagística.

Dessa forma, quando da avaliação das propostas de enquadramento, serão consideradas questões relacionadas aos usos preponderantes mais restritivos para cada corpo hídrico. A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece, ainda, as condições e os padrões de qualidade que devem ser seguidos para atendimento aos usos estabelecidos para cada trecho e corpo de água, tanto em termos de parâmetros como seus limites máximos que devem ser observados. Na sequência, a Resolução CONAMA n° 430/2011 complementa a Resolução CONAMA n° 357/2005, em termos de condições e padrões de lançamento de efluentes.

Especificamente para as águas subterrâneas, tendo em vista a necessidade de promover a proteção da qualidade natural, a prevenção e o controle da poluição, em consonância com a legislação de recursos hídricos vigente, o CONAMA aprovou a Resolução 396/2008, que fixou as diretrizes ambientais para a classificação e enquadramento das águas subterrâneas.

A Resolução CONAMA 396/2008 classifica as águas subterrâneas em seis classes com base na qualidade hidrogeoquímica natural, possíveis alterações promovidas por atividades antrópicas e exigência ou não de tratamento para os usos preponderantes. Estabeleceu, ainda, as condições e padrões de qualidade a partir dos Valores Máximos Permitidos – VMP para sua utilização, e dos Valores de Referência de Qualidade – VRQ, determinados pelos órgãos gestores responsáveis, para cada uso preponderante, e definiu as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

De abrangência estadual, importante citar a DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. No que se refere aos usos previstos para cada classe de enquadramento, a DN estadual se mostra bastante parecida com a nacional, com a única diferença referindo-se à classe especial, que destina ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção, sendo sublinhado o item acrescido na legislação estadual.

8.2 LEVANTAMENTO DAS INSTITUIÇÕES COM ATUAÇÃO NA BACIA E QUE FAZEM PARTE DO SINGREH.

Como já disposto no subitem anterior, a Política Nacional de Recursos Hídricos foi criada por meio da Lei Federal nº 9.433/1997. A mesma lei instituiu o SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo as entidades responsáveis pelo processo de gestão de recursos hídricos no âmbito nacional. No âmbito estadual, a já supracitada Lei Estadual nº 13.199/1999 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH.

Para a presente análise, são, a seguir, destacadas as entidades que apresentam responsabilidades no processo de estudo e aprovação dos enquadramentos de corpos de água em classes.

A primeira delas trata do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, órgão consultivo, normativo e deliberativo, que é responsável pela aprovação final do enquadramento encaminhado pelo respectivo CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica, no caso de bacias hidrográficas de rios de domínio da União. No caso do estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH tem funções semelhantes, tendo sido criado pelo Decreto Estadual nº 26.961/1987 e sendo representado por conselheiros dos poderes público estadual e municipal de forma paritária, além de usuários e entidades da sociedade civil ligadas aos recursos hídricos, também de forma paritária. Sua estrutura é estabelecida por meio do Decreto Estadual nº 48.209/2021

Também de abrangência nacional, cabe citar a ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal nº 9.984/2000 como órgão gestor de recursos hídricos nacional e com o nome original de Agência Nacional de Águas e cuja denominação foi alterada pela Lei Federal nº 14.026/2020, assumindo também as funções de agência reguladora do setor saneamento. Dentre outras funções, a ANA é responsável pela emissão das outorgas para usos de águas de domínio da União, implementar a cobrança em cursos de água de domínio da União e pelo desenvolvimento de estudos de enquadramento na ausência da agência de bacia ou entidade delegatária.

De abrangência estadual o órgão gestor de recursos hídricos é o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, criado por meio da Lei Estadual nº 12.584/1997, que alterou a denominação do antigo DRH – Departamento de Recursos Hídricos. O IGAM é uma autarquia vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e que tem atribuições de análise e emissão de outorgas, desenvolvimento de estudos de cobrança e enquadramento, na ausência da respectiva agência de bacia ou entidade delegatária.

Outra instituição de grande relevância nos processos relacionados ao enquadramento trata do Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH, que tem a responsabilidade de participar

das discussões durante o período de elaboração dos estudos e de aprovar a proposta de enquadramento para deliberação final do respectivo Conselho de Recursos Hídricos. De abrangência interestadual, o CBH São Francisco foi criado por meio de decreto presidencial sem número de 5 de junho de 2001 e vem atuando desde então no processo de gestão de toda a bacia, sendo um dos mais participativos no país.

Especificamente para a bacia hidrográfica do rio Pará, o CBH Pará foi criado por meio do Decreto Estadual nº 39.913/1998 e tem 40 representantes distribuídos de forma paritária entre o poder público estadual, municipal, usuários e entidades da sociedade civil. O CBH Pará tem sido bastante atuante, já tendo aprovado seu PDRH em 2008, os critérios e normas de cobrança pelo uso dos recursos hídricos em 2013 (Deliberação nº 24/2013) e a indicação da Agência Peixe Vivo como Entidade Delegatária das funções de Agência de Bacia (Deliberação nº 23/2013).

Nesse sentido, cabe citar a Agência Peixe Vivo como ator de importante atuação na bacia, atuando como Entidade Delegatária das funções de Agência de Bacia e que, com isso, vem recebendo os recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia, contratando e gerindo os estudos com os recursos arrecadados, sendo o braço executivo do CBH Pará e também do CBH São Francisco.

Por fim, cabe destacar a já citada Resolução CNRH nº 91/2008, que apresenta as responsabilidades de elaboração dos estudos de enquadramento em seu artigo 8º, sendo que em caso como o da bacia do rio Pará, a entidade delegatária, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e os órgãos de meio ambiente, deverão elaborar os estudos de enquadramento e encaminhar as propostas de alternativas ao CBH Pará para discussão, aprovação e posterior encaminhamento, para deliberação do CERH. Atribuições semelhantes são previstas na também já citada DN Conjunta COPAM-CERH nº 06/2017.

9. LEVANTAMENTO DE POLÍTICAS, PLANOS E PROGRAMAS LOCAIS E REGIONAIS EXISTENTES E CAPACIDADE DE INVESTIMENTO

Esta análise foi realizada para cada um dos municípios que fazem parte da bacia e tratou da verificação daqueles que possuem Planos Municipais de Saneamento Básico ou Planos Diretores e que poderiam de alguma forma nortear o uso do solo e da água na região. Nesse sentido, foi construído o Quadro 9.1, com a relação dos planos identificados. Como se verifica pelo quadro em questão, 18 municípios já possuem seus PMSBs elaborados e 22 possuem Planos Diretores. Vale lembrar que a elaboração de PMSBs é obrigatória de acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico – Lei Federal nº 11.445/2007, modificada pela Lei 14.026/2020, que estipula os seguintes prazos para sua elaboração e aprovação:

- Até 2 de agosto de 2020 para municípios com mais de 100.000 habitantes (na Bacia, caso de Patos de Minas), e
- 2 de agosto de 2024 para municípios com menos de 50.000 habitantes (na Bacia, todos os demais).

Quadro 9.1 – PMSBs e Planos Diretores dos municípios da bacia.

Município	PMSB	Ano	Plano Diretor	Ano
Araújos	Sim	2016	Sim	-
Bom Despacho	Sim	2014	Sim	2006
Carmo da Mata	Não	-	Sim	2014
Carmo do Cajuru	Não	-	Sim	2016
Carmópolis de Minas	Sim	2014	Sim	2014
Cláudio	Sim	2018	Sim	2017
Conceição do Pará	Não	-	Não	-
Desterro de Entre Rios	Não	-	Sim	2009
Divinópolis	Sim	2011	Sim	2014
Florestal	Não	-	Sim	1978
Igaratinga	Não	-	Não	-
Itaguara	Sim	2020	Sim	2007
Itapeçerica	Não	-	Sim	2001
Itatiaiuçu	Não	-	Sim	2006
Itaúna	Sim	2013	Sim	2018
Leandro Ferreira	Não	-	Não	-
Maravilhas	Não	-	Não	-

Município	PMSB	Ano	Plano Diretor	Ano
Martinho Campos	Não	-	Não	-
Nova Serrana	Sim	2017	Sim	2007
Oliveira	Não	-	Sim	2008
Onça de Pitangui	Sim	2018	Não	-
Papagaios	Sim	2014	Sim	2013
Pará de Minas	Sim	2014	Sim	2011
Passa Tempo	Não	-	Não	-
Pedra do Indaiaá	Não	-	Não	-
Perdigão	Sim	2018	Não	-
Piracema	Sim	2018	Não	-
Pitangui	Sim	2016	Sim	2007
Pompéu	Sim	2014	Sim	2007
Resende Costa	Sim	2013	Não	-
Santo Antônio do Monte	Não	-	Sim	2007
São Francisco de Paula	Sim	2016	Sim	2019
São Gonçalo do Pará	Não	-	Sim	2010
São Sebastião do Oeste	Sim	2010	Não	-

Fonte: Pesquisa realizada nos sites das Prefeituras e/ou Câmara Municipal de cada município. Elaboração: Engecorprs, 2021

Para estimar a capacidade de investimento dos municípios da CH SF2, foram abordadas algumas informações. Em primeiro lugar, foram buscadas informações sobre a capacidade de pagamento, que é calculada e divulgada pela Secretaria do Tesouro Nacional através do CAPAG – Capacidade de Pagamento, espécie de *rating* cuja metodologia classifica a capacidade de pagamento dos entes subnacionais em níveis (“A”, “B”, “C” ou “D”), os quais são determinados por critérios técnicos que definem se é possível, a este ente, pleitear financiamento ou garantia por parte da União.

O Quadro 9.2 apresenta o CAPAG para os municípios da bacia conforme informações disponíveis no sistema do Tesouro Nacional. De uma forma geral, observa-se que há predominância de CAPAG C, que mostra baixo índice possível de pagamento e que poderia ser utilizado para dar suporte a solicitações de financiamento de ações nos municípios da bacia, considerando, inclusive, ações voltadas aos recursos hídricos.

Quadro 9.2 – CAPAG para os municípios da bacia.

Município	Ano	Indicador de Endividamento (%)	Classificação Endividamento	Indicador de Poupança Corrente (%)	Classificação Poupança	Indicador de Liquidez (%)	Classificação Liquidez	Classificação CAPAG
Araújos	2020	0,01	A	0,93	B	0,39	A	B
Bom Despacho	2020	0,09	A	0,00	n.d.	0,02	A	n.d.
Carmo da Mata	2020	0,21	A	0,93	B	0,92	A	B
Carmo do Cajuru	2020	0,05	A	0,93	B	0,95	A	B
Carmópolis de Minas	2020	0,05	A	0,95	B	0,42	A	B
Cláudio	2020	0,16	A	1,01	C	1,12	C	C
Conceição do Pará	2020	0,13	A	0,96	C	0,47	A	C
Desterro de Entre Rios	2020	0,02	A	0,89	A	0,49	A	A
Divinópolis	2020	0,16	A	0,95	B	1,67	C	C
Florestal	2020	0,00	A	1,02	C	2,74	C	C
Igaratinga	2020	0,03	A	0,91	B	2,64	C	C
Itaguara	2020	0,00	A	0,97	C	0,29	A	C
Itapecerica	2020	0,05	A	0,99	C	0,61	A	C
Itatiaiuçu	2020	0,00	n.d.	0,85	A	0,06	A	n.d.
Itaúna	2020	0,10	A	0,90	A	1,69	C	C
Leandro Ferreira	2020	0,06	A	0,88	A	0,84	A	A
Maravilhas	2020	0,26	A	0,98	C	0,06	A	C
Martinho Campos	2020	0,16	A	0,90	A	1,37	C	C
Nova Serrana	2020	0,24	A	0,95	C	13,02	C	C
Oliveira	2020	0,02	A	0,84	A	-0,01	C	C
Onça de Pitangui	2020	0,02	A	0,91	B	1,62	C	C
Papagaios	2020	0,04	A	0,94	B	1,41	C	C

Município	Ano	Indicador de Endividamento (%)	Classificação Endividamento	Indicador de Poupança Corrente (%)	Classificação Poupança	Indicador de Liquidez (%)	Classificação Liquidez	Classificação CAPAG
Pará de Minas	2020	0,15	A	0,90	A	0,73	A	A
Passa Tempo	2020	0,05	A	0,91	B	0,52	A	B
Pedra do Indaiá	2020	0,03	A	0,91	B	0,20	A	B
Perdigão	2020	0,02	A	0,83	A	0,78	A	A
Piracema	2020	0,15	A	0,90	A	0,58	A	A
Pitangui	2020	0,19	A	0,91	B	0,57	A	B
Pompéu	2020	0,33	A	0,89	A	0,41	A	A
Resende Costa	2020	0,00	n.d.	0,85	A	0,02	A	n.d.
Santo Antônio do Monte	2020	0,03	A	0,92	B	0,00	n.d.	n.d.
São Francisco de Paula	2020	0,20	A	0,91	B	0,02	A	B
São Gonçalo do Pará	2020	0,07	A	0,93	B	2,07	C	C
São Sebastião do Oeste	2020	0,00	n.d.	0,94	B	0,11	A	n.d.

Fonte: CAPAG. Capacidade de Pagamento dos Municípios. Tesouro Nacional Transparente. Economia e Finanças. Brasília, 2020.

Verifica-se que somente os municípios de Desterro de Entre Rios, Leandro Ferreira, Pará de Minas, Perdígão, Piracema e Pompéu alcançaram o conceito A em 2020. Ainda assim esse não é o único critério a definir a capacidade de endividamento municipal com a finalidade de investimento. Dentre outros diplomas legais, é preciso considerar, também, a Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar 101/2000) que determina que os estados e municípios não podem contrair dívidas superiores a 60% da sua Receita Corrente Líquida bem como estão impedidos de comprometer mais de 95% das suas receitas com despesas de pessoal. O endividamento consolidado dos municípios também não pode superar 120% das receitas correntes líquidas anuais.

Especificamente em nível estadual, o último CAPAG disponível foi disponibilizado em maio de 2021 e apresenta Minas Gerais apresentando classificação D, com alto risco de inadimplência no caso da obtenção de financiamentos. O estado apresenta o indicador 1 (Valor percentual resultante do cálculo do indicador de endividamento) em 204%, indicador 2 (Valor percentual resultante do cálculo do indicador de poupança corrente) em 105,20% e o 3 (Valor percentual resultante do cálculo do indicador de liquidez) em 6.598,76%.

Um segundo parâmetro a ser considerado é a relação entre receitas e despesas dos municípios da bacia, sendo suas informações sistematizadas no Quadro 9.3 para o ano de 2019. Conforme pode ser constatado no quadro em questão, apenas Onça de Pitangui apresentou superávit em 2019 (1,88%). Para os demais municípios, essa relação negativa variou de -2,74% (em Leandro Ferreira) a -37,0513% (Cláudio). Destaca-se de forma negativa, o fato de os municípios da bacia apresentarem balanço financeiro deficitário, o que prejudica que adquiram novos financiamentos ou o potencial para investirem em novas ações positivas para a bacia.

Quadro 9.3 – Finanças Municipais na Bacia.

Município	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Relação (R-D)	%
Araújos	56.020.650,64	65.181.238,89	-56.018.631,64	-16,35
Bom Despacho	299.967.051,86	402.350.329,19	-299.965.032,86	-34,13
Carmo da Mata	71.001.785,30	83.376.438,00	-70.999.766,30	-17,43
Carmo do Cajuru	154.485.199,14	174.400.117,48	-154.483.180,14	-12,89
Carmópolis de Minas	121.785.610,36	142.627.485,37	-121.783.591,36	-17,11

Município	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Relação (R-D)	%
Cláudio	145.350.169,36	199.195.233,08	-145.348.150,36	-37,05
Conceição do Pará	71.690.679,68	77.539.562,37	-71.688.660,68	-8,16
Desterro de Entre Rios	53.738.920,64	57.352.640,88	-53.736.901,64	-6,72
Divinópolis	1.395.088.466,44	1.841.106.989,53	-1.395.086.447,44	-31,97
Florestal	58.367.140,98	72.558.941,03	-58.365.121,98	-24,31
Igaratinga	84.826.337,46	90.695.846,36	-84.824.318,46	-6,92
Itaguara	90.422.104,12	109.108.043,82	-90.420.085,12	-20,67
Itapecerica	111.844.774,26	125.274.243,74	-111.842.755,26	-12,01
Itatiaiuçu	199.553.140,12	218.645.312,04	-199.551.121,12	-9,57
Itaúna	675.807.226,88	795.685.653,91	-675.805.207,88	-17,74
Leandro Ferreira	41.786.079,58	42.932.716,72	-41.784.060,58	-2,74
Maravilhas	52.443.117,18	59.624.592,83	-52.441.098,18	-13,69
Martinho Campos	88.701.513,56	95.871.176,56	-88.699.494,56	-8,08
Nova Serrana	550.129.683,60	638.248.337,80	-550.127.664,60	-16,02
Oliveira	305.045.431,96	322.898.192,78	-305.043.412,96	-5,85
Onça de Pitangui	44.961.249,28	44.115.726,53	-44.959.230,28	1,88
Papagaios	90.336.299,14	104.201.591,51	-90.334.280,14	-15,35
Pará de Minas	560.931.103,64	610.806.577,94	-560.929.084,64	-8,89
Passa Tempo	60.314.078,58	65.813.295,54	-60.312.059,58	-9,12
Pedra do Indaiá	45.453.181,00	48.604.995,82	-45.451.162,00	-6,93
Perdigão	84.977.106,42	87.448.715,34	-84.975.087,42	-2,91
Piracema	58.926.285,08	68.860.586,39	-58.924.266,08	-16,86
Pitangui	137.579.169,44	171.713.361,12	-137.577.150,44	-24,81
Pompéu	223.299.600,36	256.243.447,82	-223.297.581,36	-14,75
Resende Costa	75.797.761,40	84.223.337,04	-75.795.742,40	-11,12
Santo Antônio do Monte	165.592.925,16	213.410.656,04	-165.590.906,16	-28,88
São Francisco de Paula	49.896.147,02	53.036.537,40	-49.894.128,02	-6,29
São Gonçalo do Pará	79.852.734,86	85.172.012,21	-79.850.715,86	-6,66
São Sebastião do Oeste	72.458.047,36	90.865.140,99	-72.456.028,36	-25,40
TOTAL	6.378.430.771,86	7.599.189.074,07	-1.220.758.302,21	

Fonte: Tesouro Nacional – Siconfi/ Engecorps

Destaca-se que a Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece que os serviços públicos de saneamento básico tenham a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços. A mesma Lei indica, ainda, que podem ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. Neste sentido, para planejar o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é importante conhecer não só a capacidade financeira dos municípios, mas também a

renda média da população e a situação de trabalho da população local, conforme Quadro 2.25 exposto na análise socioeconômica dos municípios da bacia. Com rendimento assalariado médio em torno de dois salários mínimos, há que se considerar a existência de parcela significativa da população em situação de informalidade e rendimentos inferiores a esse patamar.

Dentre as políticas e planos existentes e com abrangência na bacia, cabe destacar o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PRHSF 2016-2025 e os recursos advindos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco como um todo, bem como o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – PDRH Pará.

O PRHSF foi aprovado pelo CBHSF por meio de sua Deliberação nº 91/2016 e tem vigência decenal, pelo período de 2016 a 2025 e foi elaborado seguindo as etapas de diagnóstico, prognóstico e plano de ações. Seu plano de ações foi estruturado em seis eixos de atuação, como exposto a seguir:

- Eixo I – Governança e mobilização social;
- Eixo II – Qualidade da água e saneamento;
- Eixo III – Quantidade de água e usos múltiplos;
- Eixo IV – Sustentabilidade hídrica do semiárido;
- Eixo V – Biodiversidade e requalificação ambiental;
- Eixo VI – Uso da terra e segurança de barragens.

Para cada um dos eixos foram definidas metas para serem atingidas até o ano de 2025, atividades, indicadores e foi previsto um investimento a ser dispendido com recursos advindos da cobrança, dentre outras fontes possíveis de serem obtidas na bacia. O presente estudo está, inclusive, sendo desenvolvido no contexto do Eixo I, atividade I.1.a, que se refere à implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos na bacia, sendo que um dos indicadores estabelecidos é o número de corpos de água superficial com enquadramento aprovado e outro é o número de aquíferos com proposta de enquadramento. Além dessas ações previstas, há uma série de outras no contexto do PRHSF e que serão avaliadas mais a fundo quando da etapa

de proposição do programa de efetivação do enquadramento, de forma a verificar a compatibilidade e possibilidade de sinergia e otimização do dispêndio de recursos na bacia.

O PDRH Pará foi aprovado em 2008 pelo seu CBH e foi desenvolvido em nove etapas, sendo a última apresentando o modelo de avaliação e gestão de recursos hídricos, o que corresponde ao seu plano de ações, composto de quatorze programas distribuídos em cinco planos, de acordo com o exposto no Quadro 9.4. Cada um dos programas propostos teve ações definidas, com local que deveria abranger e a estimativa de custos. No entanto, cabe destacar que os custos estimados não foram associados a fontes de recursos disponíveis, o que dificulta o processo de implementação do respectivo plano. Assim como no caso do PRHSF, o plano de ações do PDRH Pará será revisitado quando da proposição do programa de efetivação do enquadramento, de forma a verificar potencial sinergia entre ações e de otimização dos recursos disponíveis, de forma a levar a melhores benefícios para a bacia.

Quadro 9.4 – Estrutura do Plano de Ações do PDRH Pará.

Plano	Programa
Plano de Desenvolvimento	Programa 1 – Consolidação da Gestão de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 2 – Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 3 – Revitalização, Recuperação e Conservação Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 4 – Sustentabilidade Econômico-Social da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
Plano de Ações de Apoio – Diretrizes e critérios dos instrumentos de gestão	Programa 5 – Gestão da Informação da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 6 – Controle dos Usos e Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 7 – Enquadramento dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará nas classes estabelecidas no Plano Diretor
	Programa 8 – Criação de Áreas Sujeitas a Restrição de Uso, com vistas à Proteção dos Recursos Hídricos e de Ecossistemas Aquáticos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará
Plano de Ações de Implementação	Programa 9 – Fiscalização e Monitoramento Integrado dos Usos e Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 10 – Criação e Aplicação de Indicadores de Desempenho e Socioeconômicos
Plano de Ações Emergenciais	Programa 11 – Saneamento Ambiental Emergencial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 12 – Controle Emergencial do Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará
	Programa 13 – Conservação do Solo e Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Plano	Programa
Plano de Uso Integrado dos Recursos Hídricos	Programa 14: Gestão da Informação existente no Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: Tese (2008)

No contexto do programa 7 que trata especificamente do enquadramento de corpos de água em classes, o PDRH Pará previu algumas ações como a complementação e aprimoramento dos estudos hidrológicos, levantamento de capacidade de autodepuração dos corpos hídricos da bacia, atualização de fontes de poluição da bacia, definição de estratégias para atingimento do enquadramento e realização de workshops para apresentação das estratégias. De uma forma geral, parte das ações previstas no PDRH Pará são consideradas no presente estudo, mas observa-se que algumas não foram todas incluídas, devendo ser verificada a necessidade de inserção no plano de ações deste estudo de enquadramento.

10. CONSULTA PÚBLICA

10.1 CONVITES E MOBILIZAÇÃO

O processo de mobilização para a Consulta Pública de validação do Diagnóstico foi feito por meio de contato telefônico e por e-mail aos membros dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHSF e CBH do Rio Pará), às secretarias de meio ambiente dos municípios pertencentes à bacia, aos membros do Grupo de Acompanhamento Técnico – GAT e a federações e entidades representativas de usuários, tais como a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG e a Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais – FAEMG.

Os convites enviados são mostrados na Figura 10.1 e Figura 10.2 a seguir.


CONSULTAS PÚBLICAS


O Comitê de Bacia Hidrográfica SF convida para a Consulta Pública de apresentação dos resultados do diagnóstico do estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes.

08/09/2021 - 14H30 MIN
Circunscrição Hidrográfica SF 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará
[Link de Acesso](#)

09/09/2021 - 08H30 MIN
Circunscrição Hidrográfica SF 3 – Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba
[Link de Acesso](#)

09/09/2021 – 14h
Circunscrição Hidrográfica SF 4 – Entorno da Represa de Três Marias
[Link de Acesso](#)

REALIZAÇÃO


APOIO



EXECUÇÃO


Figura 10.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo.

CONSULTA PÚBLICA

Consulta Pública do Diagnóstico do Estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes para a Circunscrição Hidrográfica SF 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Público Alvo

- Representantes do Comitê de Bacia Hidrográfica
- Órgãos gestores de recursos hídricos e outros atores atuantes no processo de gerenciamento de recursos hídricos, como usuários, sociedade civil e prefeituras.

Objetivo da Consulta Pública

Validar o diagnóstico do “rio que temos” em termos de qualidade e usos da água atuais

LINK: [ACESSAR REUNIÃO](#)

08/09/2021 – 14h 30


PROGRAMAÇÃO


14h30 – 14h45: Abertura – CBH SF, Agência Peixe Vivo, IGAM e CBH Estadual


14h45 – 15h15: Apresentação do conteúdo do diagnóstico pela Engecorps

15h15 – 15h45: Abertura para comentários sobre a apresentação – 30 minutos

15h45: Discussão por curso de água – Validação do “rio que temos” – usos atuais



REALIZAÇÃO


APOIO



EXECUÇÃO


Figura 10.2 – Convite à Consulta Pública de Validação do Diagnóstico da CH SF2

Um exemplo de e-mail enviado aos convidados está apresentado no Anexo I do presente relatório.

Previamente à realização da consulta foi realizada uma reunião com os membros do GAT para apresentação prévia do relatório, cuja ata está apresentada no Anexo II do presente relatório.

10.2 REALIZAÇÃO DO EVENTO

O evento ocorreu de forma virtual, na plataforma Microsoft Teams, no dia 08 de Setembro de 2021, das 14:00 às 16:30 e contou com a participação de 34 pessoas, dentre membros de CBHs, de setores usuários e de representantes do poder público municipal, dentre outros.

O evento teve sua abertura com as palavras dos presidentes do CBHSF, do CBH Rio Pará e representantes do IGAM e da Agência Peixe Vivo. Em seguida, foi feita uma apresentação pela equipe da Engecorps do conteúdo do Diagnóstico, com exposição da estrutura do relatório e abordagem dos principais pontos, acompanhando-se uma apresentação em formato Microsoft PowerPoint, o qual se encontra anexado (Anexo III) no presente relatório. Finalizada a apresentação, a fala foi passada ao público participante, para que pudesse tirar dúvidas e tecer comentários acerca do conteúdo do relatório.

Em seguida, procedeu-se para a segunda parte da Consulta Pública, objetivando-se a discussão e validação do “rio que temos”, ou seja, do Diagnóstico das águas superficiais da bacia. Para tanto, utilizou-se da metodologia do “Mapa Falado”, onde foi compartilhado um mapa contendo a localização espacial da bacia e as principais intervenções nela presentes, separadas em diferentes layers, para discussão e validação item a item. Considerando-se o porte da bacia e o tamanho limitado da tela de computador, a bacia foi dividida em partes, para facilitar a visualização detalhada das intervenções. Assim, a discussão foi dividida em: i) macro divisão do Alto Pará; ii) macro divisão do Médio Pará; iii) macro divisão do Baixo Pará, exceto sub-bacias dos rios Picão e Lambari; iv) sub-bacias dos rios Lambari e Picão. Assim, para cada uma das regiões, foram discutidas e validadas as seguintes intervenções: a) presença de Unidades de Conservação de Proteção Integral; b) presença de fontes de poluição pontual de ETEs e de empreendimentos; e c) principais usos da água na região, materializados pelas outorgas e cadastros de usos insignificantes.

10.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições e comentários dos participantes da Consulta estão a seguir itemizados, com as respectivas respostas, em caso de comentário de questionamento:

- Os participantes comentam não haver tratamento de esgotos no município de Carmo da Mata, cujo sistema de esgotos é operado pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto);
 - A ETE identificada no município de Carmo da Mata está com o status de “em construção/ampliação” na base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019), portanto, suas cargas projetadas para quando entrar em operação não foram, naturalmente, consideradas no cálculo de cargas pontuais.
- Os participantes comentam que o Ribeirão Boa Vista, em seu curso passando pelo município de Carmo da Mata está enquadrado como Classe 2;
 - Confirmada classe de enquadramento do Ribeirão Boa Vista no trecho em que passa pela cidade de Carmo da Mata como sendo Classe 2, conforme Deliberação Normativa COPAM nº 28, de 9/11/1998.
- Os participantes comentam haver na região dos Ribeirões Vermelho, da Gama e Santo Antônio muitas áreas de pastagem;
 - Corroborando com o comentário dos participantes, pode-se observar na Figura 2-28 do presente relatório que há extensas áreas ocupadas por pastagem na região dos ribeirões Vermelho, da Gama e Santo Antônio, sendo que as cargas de poluição provenientes dessas áreas são computadas no cálculo de cargas difusas, tal como apresentado no Capítulo 6.2 do presente relatório.
- Os participantes comentam haver no solo da região dos ribeirões Vermelho, da Gama e Santo Antônio alta concentração de alumínio, que pode ser observado nas análises do monitoramento da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais);

- A estação de monitoramento mais próxima à região é a estação PA031, localizada a jusante da confluência dos três ribeirões supracitados. Analisando-se os dados da série histórica desta estação, identifica-se, de fato, valores acima do limite da legislação em algumas das medições, que podem estar associados ao fato de haver altas concentrações de alumínio no solo, quando associado a chuvas.
- Os participantes comentam não haver tratamento de esgotos no município de São Sebastião do Oeste, e que todo o esgoto gerado na cidade é lançado no Ribeirão São Pedro, afluente do Rio Itapecerica;
 - De fato, não foram identificados lançamentos de ETEs no município de São Sebastião do Oeste, segundo base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019). Deste modo, as cargas provenientes de esgotos domésticos estão computadas no cálculo de cargas difusas, conforme Capítulo 6.2.
- Os participantes comentam haver lançamento de efluentes de empresa do setor de avicultura, no município de São Sebastião do Oeste, como fonte pontual de poluição;
 - Foram identificados empreendimentos de avicultura no município de São Sebastião do Oeste, porém, estes não foram considerados no cálculo de cargas pontuais, uma vez que seus lançamentos não são feitos diretamente em corpo hídrico.
- Os participantes comentam haver lançamentos de efluentes industriais desde a captação da COPASA no Rio Itapecerica até a confluência com o Rio Pará e que está em planejamento a implantação de uma ETE no município de Divinópolis para tratamento dos esgotos domésticos da cidade;
 - De fato, foram identificados inúmeros empreendimentos registrados na Declaração de Carga Poluidora do IGAM/FEAM ao longo do Rio Itapecerica, na altura do município de Divinópolis, sendo que alguns destes têm lançamentos diretamente em corpos d'água, sendo assim, computados no cálculo de cargas pontuais do Capítulo 6.1.

- Os participantes comentam haver no município de Pedra do Indaiá uma ETE para tratamento dos efluentes municipais, com tecnologia suficiente para atendimento dos parâmetros de lançamento em rio classe 2, operado pela COPASA;
 - Segundo base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019), não foram identificadas ETEs no município de Pedra do Indaiá. Em busca na internet, também não foi possível identificar ETEs no município. Adicionalmente, foi encontrada uma Decisão sobre Processo Administrativo, emitido pela SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável), na qual consta o indeferimento do pedido de licença ambiental de ETE no município de Pedra do Indaiá (Processo Administrativo Licenciamento: 1936/2021. Data de publicação da Decisão: 25/08/2021), podendo-se inferir que não há ETEs operantes no município.

- Os participantes comentam haver na sede do município de Santo Antônio do Monte uma ETE para tratamento dos efluentes. Comentam também haver grande lançamento próximo ao Rio Lambari, proveniente da comunidade de São José dos Rosas, distrito de Santo Antônio do Monte, com cerca de 1000 habitantes;
 - A ETE de Santo Antônio do Monte está identificada e computada no cálculo de cargas pontuais. Já as contribuições advindas de esgotos não tratados por ETE são contabilizadas no cálculo de cargas difusas, tal como apresentado no Capítulo 6.2 do presente relatório.

- Os participantes comentam que a ETE de Itaúna não trata a totalidade do efluente municipal, e que a ETE atende os parâmetros de lançamento da classe do rio onde lança;
 - De fato, segundo base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019), o percentual da população urbana atendida por tratamento de esgoto no município de Itaúna é de apenas 6%. A carga de poluição dos demais 94% não tratados estão computados no cálculo de cargas difusas, conforme Capítulo 6.2.

- Os participantes comentam haver dois curtumes no município de São Gonçalo do Pará. Um deles trata seus efluentes e lança em córrego classe 2. O outro curtume

lança seus efluentes sem tratamento. Adicionalmente, comentam que a COPASA faz análises de cromo total em córrego da região, mas que seria interessante, a título de sugestão, analisar também os parâmetros cromo tri e hexavalente, por conta as cargas advindas destes curtumes;

- Não foram identificados curtumes na base de Declarações de Carga Poluidora, disponibilizada pelo IGAM. Porém, em pesquisa na internet, foram identificados dois curtumes no município. Suas localizações foram levantadas a partir dos respectivos endereços, constantes na página eletrônica “Cadastro Industrial de Minas Gerais, do CIEMG/FIEMG, e incorporadas no mapa de cargas pontuais e suas informações serão utilizadas para o processo de modelagem de qualidade.
- Os participantes comentam que os esgotos do município de Perdigão são lançados no rio Lambari sem tratamento e que não está prevista a construção de ETEs no município;
 - De fato, na base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019) o percentual da população urbana atendida por tratamento de esgoto no município de Perdigão é de 0%. Sendo assim, as contribuições advindas de esgotos domésticos foram computadas no cálculo de cargas difusas, conforme Capítulo 6.2.
- Os participantes comentam que a ETE de Pará de Minas atende os parâmetros de lançamento da classe do rio onde lança;
 - Segundo base de dados adotada (Atlas Esgoto 2019), a tipologia de tratamento da ETE Pará de Minas é constituída por sistema integrado de reator anaeróbio + filtro aeróbio + decantador. Segundo mesma fonte, a eficiência de remoção de DBO na ETE é de 36%.
- Os participantes comentam que na divisa dos municípios de Pará de Minas e Conceição do Pará há uma hidrelétrica pertencente a uma indústria têxtil em cujo reservatório, chamado de Lago Azul (ou Represa dos Cariocas), há problemas

com proliferação de aguapés, evidenciando a alta carga orgânica, proveniente do município de Itaúna;

- A represa em questão foi identificada e encontra-se localizada a jusante dos pontos de monitoramento PA009 e PA018, que estão sendo utilizados nas análises e suporte à modelagem de qualidade.
- Os participantes comentam que no município de Conceição do Pará há uma ETE sendo instalada, com previsão de início de operação em 2022, com tecnologia para atendimento dos parâmetros de lançamento em rio classe 2;
 - A ETE em construção no município de Conceição do Pará não constava na base de dados utilizada (Atlas Esgoto 2019). De toda forma, as cargas advindas de esgotos domésticos foram computadas no cálculo de cargas difusas, considerando que não há tratamento de efluentes no município até o presente momento.
- Os participantes comentam que no município de Leandro Ferreira a construção de uma ETE para tratamento dos esgotos domésticos está em curso e que atualmente, esses efluentes são lançados no Ribeirão das Areias, além de haver lançamentos difusos de diversas comunidades neste ribeirão;
 - As cargas advindas de esgotos domésticos do município de Leandro Ferreira foram computadas no cálculo de cargas difusas, uma vez que o tratamento de efluentes domésticos é inexistente no município até o presente momento, segundo base de dados adotada (Atlas Esgoto 2019).
- Os participantes comentam que o município de Martinho Campos lança seus esgotos diretamente no rio Picão e que há uma ETE, se não operante, em processo de implantação. Ainda, os distritos de Ibitira, Campo Grande e Alberto Isaacson, com aproximadamente 1000 habitantes cada, têm lançamentos de efluentes após tratamento em fossa filtro.
 - Analogamente ao item anterior, as cargas oriundas dos esgotos domésticos do município de Martinho Campos foram computadas no cálculo de cargas difusas, por não haver tratamento no município. Para

sistemas individuais e tratamento, como é o caso dos distritos citados, foi considerado abatimento de 30% na carga poluente, conforme apresentado no Capítulo 6.2 do presente relatório.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento trata do diagnóstico dos recursos hídricos para dar suporte ao estudo de enquadramento dos corpos de água em classes para a bacia hidrográfica do rio Pará (CH SF2). Nesse sentido, apresentou a análise das informações disponíveis na bacia, com o foco na condição de qualidade da bacia hidrográfica e nos estudos de caracterização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como os usos preponderantes existentes na bacia e em suas sub-bacias, com base em dados de outorgas e de usos consuntivos estimados para a bacia.

Assim, apresentou inicialmente uma caracterização dos meios físico, biótico e socioeconômico da bacia e seus principais aspectos relevantes ao estudo de enquadramento. Na sequência, apresentou as informações das vazões de referência e estações fluviométricas cujas séries históricas serão utilizadas nos estudos de modelagem de qualidade das águas na bacia, pensando já nas fases seguintes de prognóstico e proposição do enquadramento dos corpos hídricos da bacia.

A identificação dos usos existentes e aqueles preponderantes e mais restritivos em cada sub-bacia foi apresentada na sequência, mostrando que parte importante da bacia tem usos para consumo humano, aquicultura, irrigação e consumo industrial. Vale destacar que, por meio das bases de dados disponíveis, não foi possível conhecer as informações sobre tipos de tratamento das águas utilizadas para consumo humano, o que permitiria dar suporte a uma melhor consideração dentre as finalidades possíveis de acordo com os normativos nacional e estadual de classificação das águas.

Na sequência, foram apresentadas informações sobre a caracterização hidrogeológica e a disponibilidade de águas subterrâneas de acordo com a base de dados disponível. Nesse caso, o destaque é dado para a grande dificuldade para a obtenção de informações que pudessem dar suporte ao desenvolvimento de estudos mais acurados, principalmente no que se refere à qualidade das águas subterrâneas.

Apesar de demandadas informações de qualidade dos poços cujas águas são utilizadas para abastecimento humano ou mesmo de outros poços perfurados e disponíveis na bacia, tais informações são bastante escassas e não foram obtidas.

O documento seguiu para análises voltadas às condições de qualidade, com estimativas de cargas poluidoras pontuais e difusas e sobre a condição atual das águas dos corpos hídricos da bacia. Nesse caso, pode ser ressaltado aqui o grande número de parâmetros e pontos em que o ICE mostrou desconformidade ao longo de parte importante da bacia, o que deverá ser tratado mais adiante, com o processo de modelagem e análise das condições futuras da bacia e ações que deverão ser executadas.

Ainda no que se refere à análise de informações de qualidade, foi possível verificar que a bacia hidrográfica do rio Pará possui características principalmente rurais, com predominância de áreas de pastagens, acompanhadas pela agricultura e florestas. Foram identificadas algumas manchas urbanas na região, mas a principal área de influência percebida nos dados de qualidade da água trata da sede de Divinópolis, região próxima à foz do rio Itapeçerica. O Oxigênio Dissolvido e o Nitrogênio Amoniacal demonstraram importante influência dos efluentes de Divinópolis no curso de água com algumas medidas em desconformidade com o enquadramento.

Especificamente para matéria orgânica, não foram registrados problemas na bacia, com o indicador Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentando baixa variação anual. Os sólidos também apresentam baixas alterações anuais e poucos problemas na bacia hidrográfica, uma vez que seu indicador, Turbidez não registrou nenhuma desconformidade no período de análise.

Ainda quanto aos parâmetros analisados, foram identificadas falhas ao enquadramento em relação ao Ferro Dissolvido na região de cabeceira do rio Pará. Por outro lado, importante ressaltar que não foram identificadas atividades que poderiam inserir de forma antropogênica este constituinte na bacia hidrográfica e, tendo em vista as características geológicas locais, considera-se maior probabilidade de que se trate de contribuição natural.

A bacia hidrográfica do rio Pará apresenta, ainda, poluição por Fósforo e *E. coli* com registros de desconformidades durante todo o período em análise e na maioria dos pontos avaliados. Nesse caso, considerando que suas principais fontes são associadas a fertilizantes ao solo e excremento de animais, pode ser indicado que os resultados seguem características referentes às principais atividades executadas na região.

Por fim, foi apresentada análise do arcabouço legal e institucional e políticas, planos e programas existentes na bacia, o que dará suporte importante para as etapas seguintes do estudo, mais notadamente no que se refere ao programa de efetivação do enquadramento e as ações que serão propostas para a execução na bacia. Nesse sentido, cabe destacar que no momento de proposição das ações, elas serão verificadas quanto à compatibilidade com planos já existentes, mais especificamente o PDRH Pará e o PRHSF, o que fará com que tenham potencializados seus resultados na bacia.

Assim, considera-se que foi realizada uma caracterização adequada das condições atuais da bacia em termos de diagnóstico com as informações relevantes para dar suporte à continuidade dos estudos de enquadramento para a próxima etapa, em que serão desenvolvidos cenários possíveis de ocorrer na bacia.

12. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.897/1987: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 9.898/1987: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 13.969/1997: Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ACWORTH, R. I. The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment. *Quart. J. Eng. Geol. Hydrogeol.*, 20 (4), pp. 265-272, 1987.

ALKMIM, F.F. História Geológica de Minas Gerais. Disponível em <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/HistoriaGeologicadeMG.pdf>

ALMEIDA, ELIANE DE PAULA CLEMENTE; SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS; ZARONI, Maria José. Latossolos Vermelho-Amarelos. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html. Acessado em 05/2021.

ALVIM, L. A. C. Monitoramento Automático da Qualidade das Águas no Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo – CETESB, São Paulo, 2013.

AMORIM, L. F. Hydrodynamics and Water Quality Assessment Of Lakes By Thermal Behaviour And Modelling. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2d38e3f-5e62-41ad-87ab-990490841073>. Acesso em: maio de 2021.

_____. Atualização do Atlas Águas: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano. No prelo.

_____. Barragens de rejeito de mineração. Disponível em: <https://www.snisb.gov.br>. Acesso em junho de 2021.

_____. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br>. Acesso em maio de 2021.

_____. Caderno de Recursos Hídricos 6: Implementação do Enquadramento em Bacias Hidrográficas no Brasil; Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos – SNIRH: arquitetura computacional e sistêmica no Brasil. Brasília, DF, 2009. Disponível em:

<https://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/CatalogoPublicacoes_2009.asp>

. Acesso em junho de 2021.

_____. Ciclo Hidrológico e Águas Subterrâneas. 2014. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CicloHidrologicoeAguasSubterraneas2014.pdf>> Acesso em Maio de 2021.

_____. Demanda Hídrica Total e Setorial por Microbacia. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>. Acesso em: junho de 2021.

_____. Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, ano base 2019. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br>>. Acesso em junho de 2021.

_____. Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucua e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: resumo executivo / Agência Nacional de Águas; Elaboração e Execução: Consórcio Engecorps - Walm. -- Brasília: ANA, 2017.

_____. Evaporação Líquida de Reservatórios Artificiais. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>. Acesso em: junho de 2021.

_____. Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a gestão de recursos hídricos: resumo executivo / Agência Nacional de Águas; Elaboração e execução: TPF – Techne. Brasília: ANA, 2018.

_____. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica / Agência Nacional de Águas.- Brasília: ANA, 2009. ISBN 978-85-89629-49-2

_____. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra Na Bacia Do São Francisco - Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos

Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013). Brasília, 2004.

_____. Portal Hidroweb. Disponível em:
<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: maio de 2021

ANA/CETESB. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Brasília, DF, 2011. Disponível em:
<<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>>. Acesso em junho de 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA. Disponível em:
<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: junho de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n 274, de 29 de novembro de 2000. Brasília, DF, 2000. Disponível em:
<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf>. Acesso em maio de 2021.

_____. Resolução CONAMA n 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005. Disponível em:
<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em maio de 2021.

_____. Resolução CONAMA n 396, de 03 de abril de 2008. Brasília, DF, 2008. Disponível em:
<<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em maio de 2021.

_____. Resolução CONAMA n 430, de 13 de maio de 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em maio de 2021.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH n 91, de 05 de novembro de 2008. Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes?limit=100&limitstart=100>>. Acesso em junho de 2021.

BRASIL. Presidência da República. Decreto de 05 de junho de 2001 – Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/2001/Dnn9225.htm>. Acesso em maio de 2021.

_____. Lei n 9.433, de 08 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em junho de 2021.

_____. Lei n 9.984, de 17 de julho de 2000 – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm>. Acesso em maio de 2021.

_____. Lei n 11.445, de 05 de janeiro de 2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em maio de 2021.

_____. Lei Federal n 12.187, de 29 de dezembro de 2009 – Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Brasília, DF, 2009. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em maio de 2021.

_____. Lei n 14.026, de 15 de julho de 2020 – Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art2>. Acesso em maio de 2021.

BUSS, D. F., BAPTISTA, D. F., NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. RBG 27(3):269-282. 1997.

CARVALHO, L. M. T. et al. Monitoramento dos reflorestamentos no estado de Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.; OLIVEIRA, A. D.(Ed.). Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento dos reflorestamentos e tendências da produção em volume, peso de matéria seca e carbono. Lavras: UFLA, 2008. cap 1. 90 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13192>> Atualização disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em maio de 2021.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Deliberação CBHSF n 91, de 15 de setembro de 2016. Belo Horizonte, MG, 2016. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/deliberacoes/>>. Acesso em maio de 2021.

_____. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Resumo Executivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Alagoas, 2016.

_____. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – SIGASF. Disponível em: <<https://siga.cbhsaofrancisco.org.br>>. Acesso em maio de 2021.

CHAPRA, S. C. Surface Water-Quality Modeling. [S.l.]: Waveland Press, 2008.

COGO, NEROLI PEDRO; LEVIEN, RENATO; SCHWARZ, RICARDO ALTAIR. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciada por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 27, n. 4 (jul./ago. 2003), p. 743-753, 2003.

COSTA, M.B. Avaliação da Irrigação por Pivô Central na cultura do café (*Coffea caniflora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros – ES. ESALQ – USP, Piracicaba: 2006. Tese de Doutorado.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Rio de Janeiro: folha SE.23 – Belo Horizonte: folha SE.23. Brasília: CPRM, 2004. Escala 1: 1.000.000. Programa Geologia do Brasil

_____. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. Rio de Janeiro. Escala 1:2.500.000 SIG. 2007.

_____. Sistema de Informação de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil – SIAGAS. Disponível em: < <http://siagasweb.cprm.gov.br> >. Acesso em junho de 2021.

CREECH, C. T.; SIQUEIRA, R. B.; SELEGEAN, J. P.; MILLER, C. Anthropogenic impacts to the sediment budget of São Francisco River navigation channel using SWAT. International Journal of Agricultural & Biological Engineering, v.8, n.3, p.140-157, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3965/j.ijabe.20150803.1372>. Acesso em maio de 2021.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. Hidrologia Subterrânea. Ed. Omega, vols. 1 e 2. 1996.

DAEE/UNESP. Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) / Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo. 44 p. 2013.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 6: Ribeirão Preto / São Paulo, São Paulo: DAEE. 4v. 1974.

_____. Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. Nota explicativa. São Paulo. São Paulo: DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica, IG- Instituto Geológico, IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 3 v. (mapa e CD-ROM). 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Árvore do Conhecimento: Solos Tropicais. Rio de Janeiro, 2013

_____. divisão de Solos. 2020. Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (Primeira aproximação), disponível em <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916#more>

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Áreas declaradas contaminadas, ano base 2020. Disponível em: <<http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/inventario-e-lista-de-areas-contaminadas>>. Acesso em junho de 2021.

_____. Declaração de carga poluidora, ano base 2019. Disponível em: <<http://www.feam.br/-declaracao-de-carga-poluidora>>. Acesso em junho de 2021.

_____. Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais. Minas Gerais, 2015.

_____. Estratégia de Adaptação Regional às Mudanças Climáticas para Minas Gerais. Minas Gerais, 2014.

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. 4ª ed. Prentice-Hall, Inc., USA. 598 p + CD-ROM. 2001.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. São Paulo: Servemar, 2006.

GILBERT, R. O. Statistical methods for environmental pollution monitoring. Pacific Northwest Lab., Richland, WA (USA), 1987.

GOMES, M. A. F. (editor técnico). Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: Implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF. 477 p. 2008.

HARPER, H. H. Stormwater Chemistry and Water Quality: Estimating Pollutant Loadings and Evaluation of Best Management Practices for Water Quality Improvements. Environmental Research&Design, inc., 1998.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Solos do Estado de São Paulo. Latossolos. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Latossolos.pdf>. Acessado em 05/2021.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em maio de 2021.

_____. Censo Agropecuário, 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: maio de 2021.

_____. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2011.

_____. Divisão regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/. Acesso em: maio de 2021.

_____. Estatísticas do Cadastro Central de Empresas – CEMPRE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9016-estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas.html?=&t=o-que-e>. Acesso em outubro de 2021.

_____. Manual técnico de geomorfologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 5).

_____. Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil, escala 1:250.000, Geomorfologia. Rio de Janeiro, 2019

_____. Pesquisa Agropecuária Municipal, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acesso em maio de 2021.

_____. Produto Interno Bruto dos Municípios – PIB dos Municípios – referência 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=publicacoes>. Acesso em maio de 2021.

_____. Regiões de influência das cidades: 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

_____. Utilização de fertilizantes por unidade de área (kg/ha.ano). Sistema de Recuperação Automática – Sidra. Rio de Janeiro, 2012.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco - PAN Cavernas do São Francisco. 2018

IDE SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em maio de 2021.

IEDE – Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. <http://iede.fjp.mg.gov.br/> -

IEF – Instituto Estadual de Florestas. Cobertura Florestal de Minas Gerais (2009). Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em maio de 2021.

_____. Plano de Manejo do Parque Estadual Serra do Ouro Branco. 2017

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Comitês e Unidades de Planejamento. Belo Horizonte: IGAM, 2010a. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/83?task=view>. Acesso em: maio de 2021.

_____. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, 2006. Disponível em <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/642>

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil – NCB Período 1981 – 2010. 2019. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: maio de 2021.

JACOMINE, PAULO KLINGER TITO. A nova classificação brasileira de solos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 5, p. 161-179, 2013.

JI, Z.-G. Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

JOHNSON, A. I. (1967). Specific Yield—Compilation of Specific Yields for Various Materials. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 1662-A.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2009.

KOBIYAMA, M., MOTA, A. D. A., CORSEUIL, C. W. Recursos hídricos e saneamento. 1ª ed. Curitiba: Organic, 2008.

MACHADO, M. F. & SILVA, S. F. Geodiversidade do estado de Minas Gerais / Organização Marcelly Ferreira Machado & Sandra Fernandes da Silva. — Belo Horizonte: CPRM. 131 p.+ DVD. 2010.

MAPBIOMAS. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acessado em 01 de abril de 2019.

MARTINS, J. R. S. HIDRODINÂMICA APLICADA À MODELAGEM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS: Revisão de processos e métodos. Tese de livre docência. ed. São Paulo: USP, 2017.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental - CERH. Deliberação Normativa COPAM n 14, de 28 de dezembro de 1995. Belo Horizonte, MG, 1995. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Minas%20Gerais%20-%20Rio%20Paraopeba%20%20-%20Bacia%20do%20S%C3%A3o%20Francisco.pdf>>. Acesso em junho de 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM n 217, de 06 de dezembro de 2017. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <https://www.udop.com.br/legislacao-arquivos/78/deliberacao_normativa_n217.pdf>. Acesso em junho de 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n 01, de 05 de maio de 2008. Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em junho de 2021.

_____. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n 06, de 14 de setembro de 2017. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <<https://williamfreire.com.br/publicacoes/artigos/deliberacao-normativa-conjunta-copam-cerhmg-no-06-de-14-09-2017/>>. Acesso em maio de 2021.

MINAS GERAIS. Lei n 13.199, de 29 de janeiro de 1999 - Política Estadual de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG, 1999. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panorama-dos-estados/mg/lei-no13-199-99_mg.pdf>. Acesso em maio de 2021.

_____. Lei n 12.584, de 17 de julho de 1997 – Altera a denominação do Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – DRH-MG, para Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Belo Horizonte, MG, 1997. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2342>>. Acesso em maio de 2021.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. Decreto n 26.961, de 28 de abril de 1987 – Cria o Conselho Estadual de recursos Hídricos, CERHI. Belo Horizonte, MG, 1987. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1165>>. Acesso em maio de 2021.

_____. Decreto n 39.913, de 22 de setembro de 1998 – Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Belo Horizonte, MG, 1998. Disponível em: <<https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/01/Decreto-n%C2%BA-39913-Decreto-de-Cria%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em maio de 2021.

_____. Decreto n 41.578, de 08 de março de 2001 – Regulamenta a Lei n 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos

Hídricos. Belo Horizonte, MG, 2001. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/mg/decreto-n-41578-2001-minas-gerais-estabelece-o-regulamento-do-instituto-mineiro-de-gestao-das-aguas-igam>>. Acesso em maio de 2021.

_____. Decreto n 48.209, de 18 de junho de 2021. Belo Horizonte, MG, 2021. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/mg/decreto-n-48209-2021-minas-gerais-dispoe-sobre-o-conselho-estadual-de-recursos-hidricos-de-minas-gerais>>. Acesso em junho de 2021.

MITCHELL, B. Integrated water resource management, institutional arrangements, and land-use planning. *Environment and Planning A*, v. 37, n. 8, p. 1335-1352, 2005.

MORRIS, D.A. & JOHNSON, A.I. Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials, as Analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, 1948-1960. USGS Water Supply Paper: 1839-D. 1967.

NETO, G. G. et al. Comparação entre os dados de chuvas observados em pluviômetros automáticos e convencionais: estudo para os eventos ocorridos na sub-bacia 45 entre novembro/2010 e dezembro de 2011. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, novembro 2013.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas, Instituto Agrônômico/EMBRAPA Solos. Campinas. 1999. 64p.

OLIVEIRA, M. d., ROCHA, C. H., VELEZ, o. G., & SOUZA, L. d. (2018). Qualidade da água e índice de conformidade ao enquadramento da represa Dr. João Penido, Juiz de Fora (MG), Brasil. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (pp. 1-8). Juiz de Fora: UFJF.

OMERNIK, J. M. Nonpoint source-stream nutrient level relationships: a nationwide study. U.S. EPA Report nº EPA-600/3-77-105. U. S. Environmental Protection Agency. Corvallis, Oregon, 1977.

PAIVA, E. M. C.; PAIVA, J. B. D.; MOREIRA, A. P.; MAFFINI, G. F.; MELLER, A.; DILL, P. R. J. Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacai Mirim. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.6, n.2, p.129-135, 2001.

PASSOS, J.S.A.; BELTRÃO, J.A.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M.; Estimativas de Perdas de Solo na Bacia do Alto São Francisco Utilizando Precipitação Estimada por Satélite. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014

PAULA E SILVA, F. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 184 p. 2003.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., AND MCMAHON, T. A.: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633–1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>, 2007.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. PNUD Brasil, Ipea e FJP, 2020.

RODRIGUES, L. (12 de 02 de 2020). Ibram: produção de minério em 2019 caiu, mas faturamento cresceu. Fonte: Agência Brasil: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/ibram-producao-de-minerio-em-2019-caiu-mas-faturamento-cresceu>

ROSMAN, P. C. C. Referencial Técnico do SisBaHiA. Rio de Janeiro: Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. 241 p.

ROSMAN, L. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1 ... Washington, DC, EPA/600/R-14/413 (NTIS EPA/600/R-14/413b), 2015.

SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS; ZARONI, MARIA JOSÉ; ALMEIDA, ELIANE DE PAULA CLEMENTE. Cambissolos Háplicos. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html>. Acessado em 05/2021.

_____. Neossolos Litólicos. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html>. Acessado em 05/2021.

SANTOS, L.A.C, ET AL. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. *Élisée, Rev. Geo. UEG – Goiás*, v.9, n.2, e922022, jul./dez. 2020.

SEMA – Secretaria de Estado e Meio Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – PERH-MS. Campo Grande, MS. Editora UEMS, 2010.

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. Atlas de vulnerabilidade às inundações de Minas Gerais - 2015. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, 2015.

_____. Consulta de Decisões de Processos de Licenciamento Ambiental. Disponível em: <<http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/licenciamento/site/consulta-licenca>>. Acesso em junho de 2021.

_____. Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Minas Gerais. Belo Horizonte: SEMAD, 2020.

SINGH, A. Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 989-1003, 1989.

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente. Vulnerabilidade às mudanças climáticas. 2018. Disponível em: <idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em maio de 2021.

TESE – TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS LTDA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, 2008.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia. Ciência e Aplicação. UFRGS Editora. 943p. ISBN: ISBN: 978 - 85 - 7025 - 924 - 0. 2020.

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

ZARONI, MARIA JOSÉ; SANTOS, HUMBERTO GONÇALVES DOS. Cambissolos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html>. Acessado em 05/2021.

ZOGHEIB, F. F. Caracterização da Nappe Guaxupé na região de Nova Resende, faixa Brasília Meridional, Minas Gerais. Dissertação de Minas Gerais. UFMG, Belo Horizonte. 2016.

ANEXO I – EXEMPLO DE E-MAIL CONVITE À CONSULTA PÚBLICA

Convite Consulta Pública - SF 2 - Bacia do Rio Pará

Daniel Cortinove <daniel.cortinove@engecorps.com.br>

Seg, 06/09/2021 09:11

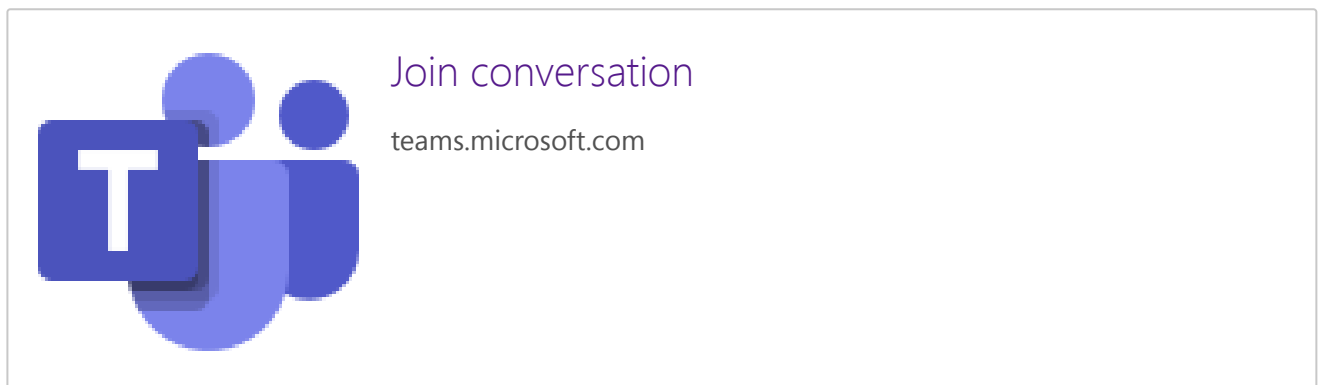
Para: Daniel Cortinove <daniel.cortinove@engecorps.com.br>

Cco: prof.leyser@gmail.com <prof.leyser@gmail.com>; secgeambfga@gmail.com <secgeambfga@gmail.com>; meioambiente@samonte.mg.gov.br <meioambiente@samonte.mg.gov.br>; andreasambiental@hotmail.com <andreasambiental@hotmail.com>; engenharia2021@leandroferreira.mg.gov.br <engenharia2021@leandroferreira.mg.gov.br>; luisfandrade@hotmail.com <luisfandrade@hotmail.com>; marcoargouvea@bol.com.br <marcoargouvea@bol.com.br>; simma@carmodocajuru.mg.gov.br <simma@carmodocajuru.mg.gov.br>; agricultura@novaserrana.mg.gov.br <agricultura@novaserrana.mg.gov.br>; dirmeioambiente@pompeu.mg.gov.br <dirmeioambiente@pompeu.mg.gov.br>; meioambiente@pitangui.mg.gov.br <meioambiente@pitangui.mg.gov.br>; magdacorradi@yahoo.com.br <magdacorradi@yahoo.com.br>; alrufino18@yahoo.com.br <alrufino18@yahoo.com.br>; mariana_guth@yahoo.com.br <mariana_guth@yahoo.com.br>; vivi_acf@yahoo.com.br <vivi_acf@yahoo.com.br>; meioambiente@bomdespacho.mg.gov.br <meioambiente@bomdespacho.mg.gov.br>; tiago.cabral@pmbd.mg.gov.br <tiago.cabral@pmbd.mg.gov.br>; rodrigoassisengcivil@hotmail.com <rodrigoassisengcivil@hotmail.com>; obrasdivinopolis@gmail.com <obrasdivinopolis@gmail.com>; marina.candida@gmail.com <marina.candida@gmail.com>

Bom dia,

A Engecorps juntamente com a Agência Peixe Vivo e o Comitê da Bacia do Rio São Francisco (CBHSF) convidam para a Consulta Pública do Diagnóstico do Estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes para a Circunscrição Hidrográfica SF 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará que acontecerá no dia 08 de Setembro de 2021.

Marque em sua agenda e não perca esse encontro.



Att,

Daniel Cortinove | Departamento de Hidráulica de Saneamento | **ENGECORPS** | **GrupoTYPISA**

Tel. +55 11 21355252 – R 7765 | daniel.cortinove@engecorps.com.br

ENGECORPS | Al. Tocantins, 125 – 12º andar – cj. 1202 | 06455020 – Barueri | São Paulo | Brasil



www.engecorps.com.br

Essa mensagem e seus anexos: (i) contêm informações confidenciais; (ii) são exclusivos para o(s) destinatário(s) desse email; (iii) possuem fins específicos, e (iv) são protegidos em face dos dispositivos das leis brasileiras e mais especificamente da LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados, Lei no. 13.709 de 14/09/2018, com as alterações definidas pela lei 13.853 de 08/07/2019. Se você não é o destinatário dessa mensagem, delete-a e avise ao emitente. || This message and its attachments: (i) contain confidential information;

(ii) are intended solely for the recipient(s); (iii) have a specific purpose, and (iv) are protected under the provisions of Brazilian law and more specifically the LGPD - General Data Protection Law, Law no. 13,709 of August 14, 2018, as amended by Law 13,853 of July 8, 2019. If you are not the intended recipient, delete the message and notify the sender.

ANEXO II – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA

ATA DE REUNIÃO

Nº AR-007-01448-APV-21-R0

ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS E ESTUDO PARA O PLANEJAMENTO DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – TRECHO ALTO SÃO FRANCISCO

REUNIÃO DE ALINHAMENTO – GAT (SF2 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ)

Data: 01/09/2021

Horário das 9:00 hs às 11:45 hs

Local: Reunião por Videoconferência

Presentes:

Jacqueline Evangelista Fonseca	Coordenadora Técnica/Agência Peixe Vivo – APV
André Bonacin	Consultor da APV
Thiago Campos	APV
Leonardo Mitre	ENGEORPS – EGC
Maria Luiza Rizzotti	ENGEORPS – EGC
Flora Abuno	ENGEORPS – EGC
Allan Mota	GEPLAN/IGAM
Vivane de Matos Silva	GEPLAN/IGAM
Maria de Lourdes Amaral	IGAM
Yvonilde Medeiros	CTPPP/CBHSF
Helen Mota	GAT/CRBio-Sociedade Civil

Assuntos Tratados:

Abertura da reunião pela coordenadora técnica da APV e gestora do contrato, Jacqueline Fonseca, apresentando a pauta da reunião:

- Apresentação objetiva do conteúdo do Diagnóstico;

- Discussão de eventuais comentários ao Diagnóstico;
- Discussão da metodologia das consultas públicas

Professora Yvonilde-CBHSF: pede desculpas por não ter conseguido analisar os relatórios, pedindo uma apresentação do Diagnóstico nesta reunião. Pede também o link para download dos relatórios de Diagnóstico.

Allan Mota-IGAM: pede também apresentação inicial do Diagnóstico para contextualização. Pede também apresentação dos integrantes da reunião.

Jacqueline Fonseca-APV: apresentação dos participantes da reunião

Leo Mitre-EGC: fez apresentação da estrutura e conteúdo do Diagnóstico

Prof Yvonilde-CBHSF: qual a qualidade dos dados secundários para suporte ao modelo de qualidade, com relação à abrangência (malha), série dos dados, etc? E o plano de bacia que foi utilizado foi o PDRH Pará ou do SF?

Leonardo-EGC: tomados como base tanto o PDRH Pará como o PRHSF. Com relação ao monitoramento, levantamos 8 estações nos rios principais, com dados suficientes para modelagem. Com relação ao monitoramento quali, a malha de estações é mais densa, com estações em todos os rios a serem modelados.

Allan Mota-IGAM: queria rever o tempo de análise de 15 dias para 3 relatórios. E sugestão de consolidar a análise dos relatórios após a reunião GAT (2 a 3 dias)

Jacqueline Fonseca-APV: uma proposta possível para o processo de análise dos relatórios pelo GAT seria fazer uma reunião logo após (2 a 3 dias depois) a entrega do produto pela Engecorps. A EGC faria uma apresentação do produto para o GAT, para trazer os principais pontos e permitir ao GAT já fazer as primeiras considerações. Após isso, o GAT teria um período para apresentar as demais considerações, mantendo-se o período de 15 dias de análise.

Allan-IGAM: pode-se fazer um teste nesse modelo. Para o GAT esse modelo pode ser efetivo. Mas para o IGAM, considera a manutenção do prazo de 15 dias difícil. Para os próximos poderia fazer entregas escaladas, conforme cada relatório é finalizado.

Jacqueline-APV/Leonardo-EGC: os prazos já estão apertados. Uma prorrogação de prazos é inviável.

Leonardo Mitre-EGC: além disso, dependemos da validação do Diagnóstico para avanço do Prognóstico.

Jacqueline-APV: validado o modelo de apresentação no GAT poucos dias após a entrega do produto, como subsídio à análise do documento, mantendo-se os 15 dias de prazo total.

Allan-IGAM:

-
- Considerou boa a estratégia de manter a análise em cima das sub-bacias já adotados no PDRH Pará.
 - Solicitação de padronização dos mapas e figuras (fonte, etc).
 - Processos de licenciamento que diz que não estão georreferenciados. Mas tem shape no IDE SISEMA.
 - Indicação que processos de outorga não informam volumes utilizados. De fato, a planilha fornecida pelo IGAM fornece apenas o volume total e não tem volumes para cada finalidade, quando há mais de uma finalidade para uma mesma outorga, mas no futuro, no novo sistema de outorga, essa informação será disponibilizada.

Leonardo-EGC: Por isso focamos no uso mais restritivo de forma qualitativa para cada ponto de captação quando tinha mais de uma finalidade, e não naquele uso com maior demanda quantitativa. Assim, para cada ponto de captação, quando atendia a mais de um uso, foi considerada a finalidade mais restritiva ao invés da finalidade de maior demanda, pela falta dessa informação.

Allan-IGAM:

- Na página 266: cálculo do ICE. O índice partiu do enquadramento atual ou foi pensando em Classe 2? Se foi pensado em Classe 2, precisa ser revisado considerando o enquadramento atual.
- Questionamento sobre contaminação fecal: E. coli ou Termotolerantes? Porque a partir do ano de 2014? a análise/monitoramento passou de Termotolerantes para E. coli. Pede inclusão de alguns metais na análise, que tem já uma série boa de dados. Questionamento sobre período da série considerado. E sugestão de inclusão da porcentagem de falhas da série histórica.
- Com relação ao ICE, comentou que a equipe de monitoramento não mais está calculando o ICE, por ser pouco representativa dos rios de MG.
- Equipe de monitoramento de quantidade: (capítulo 2.2) pede melhor descrição da rede fluviométrica e a caracterização hidrológica da bacia.

Prof Yvonilde-CBHSF: os dados do estudo já estão indo para o SIGA?

Jacqueline-APV: os dados irão para o SIGA apenas após a consolidação e aprovação do produto.

Passando para a segunda parte da reunião.

Leonardo-EGC: apresenta a metodologia da consulta pública.

Helen-GAT: foi solicitada base de dados de monitoramento quali à CEMIG (que tem análise nas barragens de Cajuru e Gafanhoto). Helen ficou de fazer a solicitação.

Maria Luiza-EGC: importante georreferenciar os participantes da consulta pública. Caso seja dividido em grupos, o tempo para perguntas poderia ser transferido para os grupos individuais.

Jacqueline-APV: importante EGC ter controle das pessoas, se são do Alto/Médio/Baixo Pará. A princípio, tentar manter unificado o grupo. EGC poderia disponibilizar gravação das consultas no Youtube.

Allan-IGAM: bom dividir em grupos, porém atentar para participantes que precisam estar em mais de um grupo. Por isso, fazer as discussões simultaneamente seria difícil. E uma sugestão: não poderia ser plataforma Meet, ao invés do Teams?

Jacqueline-APV: melhor manter Teams para esta, já que os links já foram gerados e divulgados. Para as próximas, avaliaremos.

Yvonilde-CBHSF: importante georreferenciar participantes, mas acha melhor grupo unificado.

Jacqueline-APV: definido grupo único e direcionamento da discussão pela EGC para cada região/subbacia.

Bonacin-APV apresentou alguns de seus comentários considerados mais relevantes dentre aqueles constantes do seu parecer técnico.

Jacqueline-APV finalizou com as definições de grupo único para a consulta, seguindo a programação sugerida pela EGC e concluiu a reunião.

Registro Fotográfico:



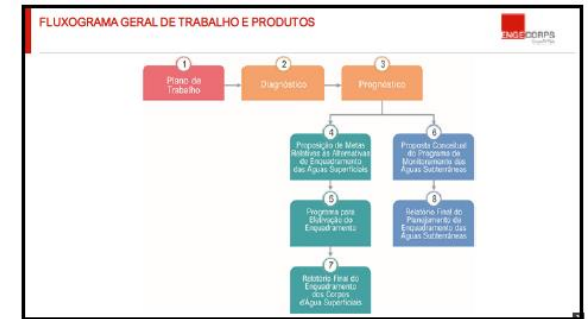
ANEXO III – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO DIAGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA



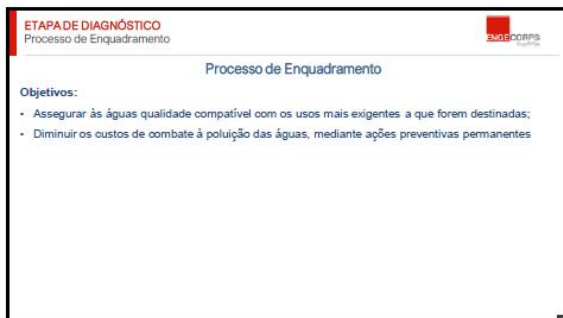
1



2



3



4



5



6

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Objetivo da Consulta Pública

Discussão e Validação da Condição Atual em Termos de Usos de Recursos Hídricos e "Rio que Temos"

7

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Estrutura do Diagnóstico

1. Introdução
2. Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica
3. Disponibilidade Hídrica Superficial
4. Identificação e Localização dos Usos e Interferências na Bacia
5. Diagnóstico das Águas Subterrâneas
6. Identificação e Localização das Cargas Poluidoras
7. Análise da Condição Atual de Qualidade das Águas na Bacia
8. Análise do Arcabouço Legal e Institucional Pertinente
9. Levantamento de Políticas, Planos e Programas Locais e Regionais Existentes e Capacidade de Investimento
10. Considerações Finais
11. Referências

8

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica

9

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica

Municípios na Bacia

Situação do Município	Nº de Municípios
Totalmente inserido na DACM	15
Parcialmente inserido na bacia, com sede dentro de seu território	5
Parcialmente inserido na bacia, com sede fora de seu território	5
Total	34

10

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica

Divisão em Sub-Bacias

Sub-Bacia	Área (km²)	Nº de Municípios	Nº de Pontos
ALTO PARÁ	1.200,0	1	1
MÉDIO PARÁ	2.500,0	1	1
BAIXO PARÁ	1.300,0	1	1
Total	5.000,0	3	3

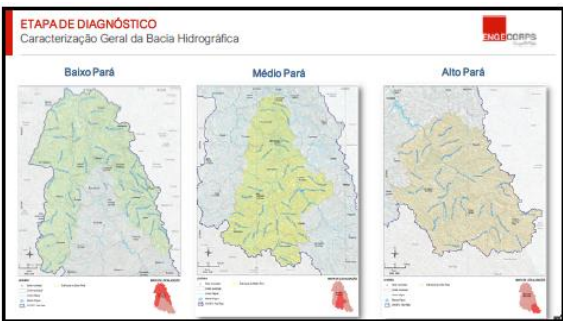
11

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica

Monitoramento de Qualidade

Município	Sub-bacia	Posto	Coord. UTM
ALTO PARÁ	ALTO PARÁ	ALTO PARÁ	180000, 100000
		ALTO PARÁ	180000, 100000
		ALTO PARÁ	180000, 100000
MÉDIO PARÁ	MÉDIO PARÁ	MÉDIO PARÁ	180000, 100000
		MÉDIO PARÁ	180000, 100000
		MÉDIO PARÁ	180000, 100000
BAIXO PARÁ	BAIXO PARÁ	BAIXO PARÁ	180000, 100000
		BAIXO PARÁ	180000, 100000
		BAIXO PARÁ	180000, 100000

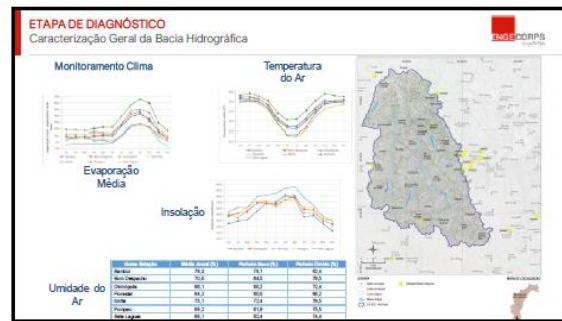
12



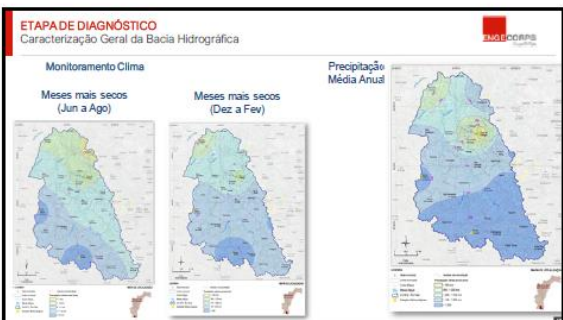
13



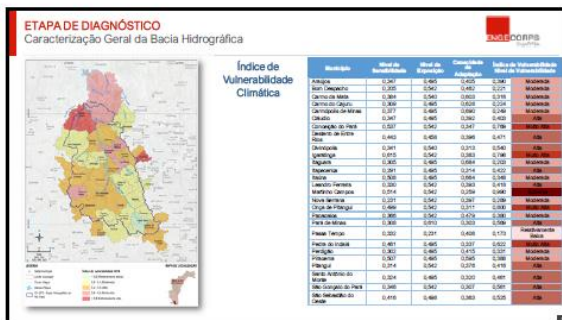
14



15



16



17



18



31



32



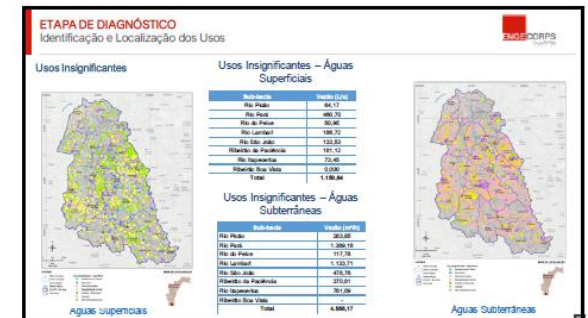
33



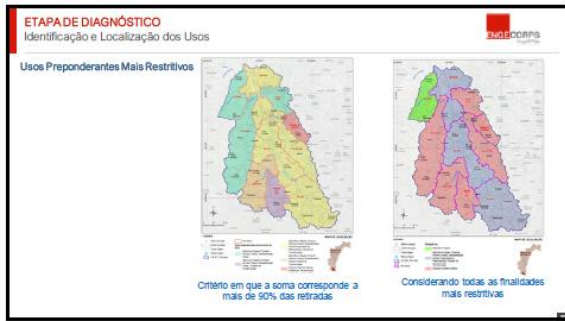
34



35



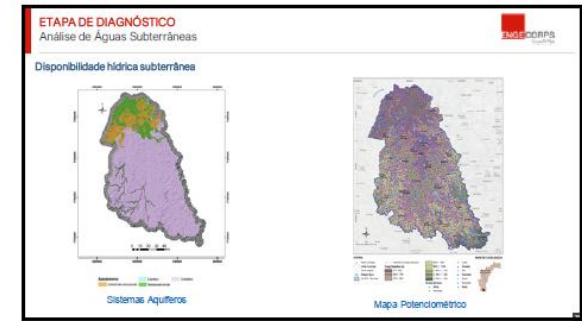
36



37

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Análise das Águas Subterrâneas

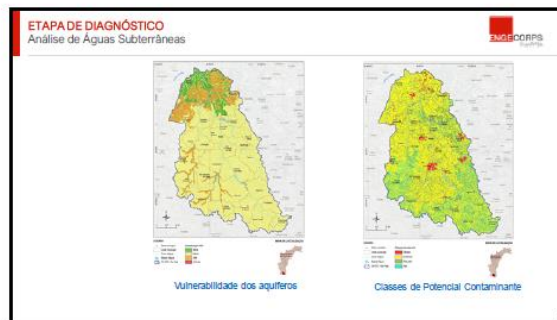
38



39



40



41

ETAPA DE DIAGNÓSTICO
Estimativa de Cargas Poluidoras

42



43



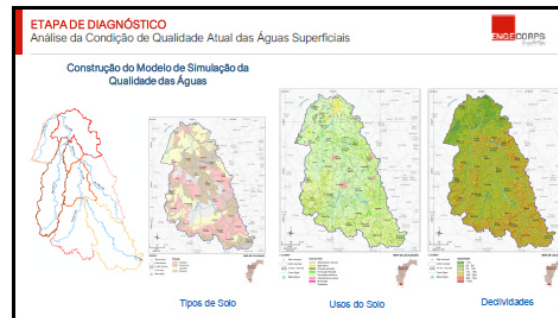
44



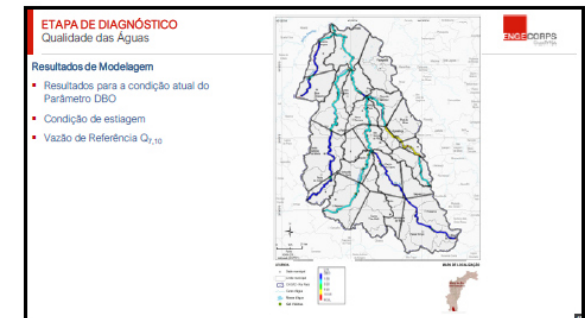
45



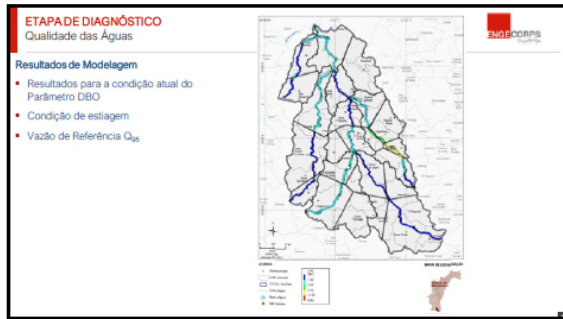
46



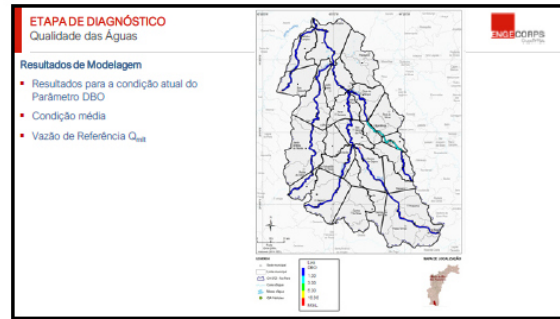
47



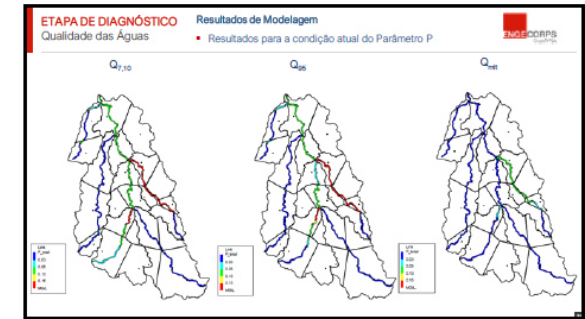
48



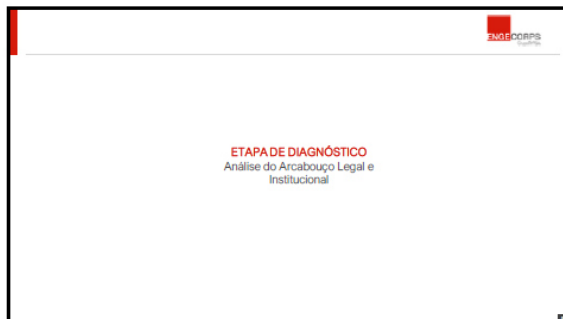
49



50



51



52



53



54

