



PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI - MU1

RELATÓRIO DE PROGNÓSTICO

APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste do Relatório de Prognóstico da Empresa Profill Engenharia e Ambiente S.A. para a execução técnica do PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI e para a elaboração do ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI.

O Prognóstico tem por base a proposta técnica apresentada no processo licitatório realizado junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e o Plano de Trabalho aprovado. Está orientado de modo a atender o termo de referência e a Lei Federal nº 9.433/1997, as Resoluções do CNRH nº 91/2008 e nº 145/2012 assim como a Lei Estadual nº 13.199/1999, a DN CERH nº 54/2017 e DN COPAM/CERH-MG nº 06/2017.

Maio de 2021.



SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	SUMÁRIO EXECUTIVO	16
3.	PROJEÇÕES DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA	28
3.1.	DISPONIBILIDADE DE ESCASSEZ RECORRENTE	28
3.1.1.	Seleção das estações fluviométricas e análise dos dados de vazão	29
3.1.2.	Definição do percentual de redução médio em relação à $Q_{7,10}$	33
3.2.	PROJEÇÃO DE DEMANDA TENDENCIAL	35
3.2.1.	Abastecimento humano	35
3.2.2.	Dessedentação animal	36
3.2.3.	Irrigação	37
3.2.4.	Indústria, Mineração, Pesca e Aquicultura	38
3.2.5.	Síntese da projeção das demandas hídricas	39
3.3.	PROJEÇÃO DE CARGA POLUIDORA	41
4.	CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO	44
4.1.	QUADRO CONCEITUAL	44
4.2.	CENÁRIO TENDENCIAL	50
4.3.	CENÁRIO DE ESCASSEZ RECORRENTE	53
4.4.	CENÁRIO DE APERFEIÇOAMENTO DA GESTÃO	55
5.	BALANÇO HÍDRICO	57
5.1.	BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO	57
5.1.1.	Cenário Tendencial	59
5.1.2.	Cenário de Escassez Recorrente	63
5.2.	BALANÇO HÍDRICO QUALITATIVO	67
5.2.1.	Metodologia	67
5.2.2.	Calibração do modelo	69
5.2.3.	Resultados do Cenário Tendencial	90

5.2.4.	Resultados do Cenário de Escassez Recorrente.....	96
6.	COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS	98
6.1.	AVALIAÇÃO DOS INCREMENTOS POSITIVOS OU NEGATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS.....	99
6.2.	ALTERNATIVAS PARA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO NA BACIA PARA OS CENÁRIOS, TENDÊNCIAS E ALTERNATIVAS.....	105
6.2.1.	Captação de água subterrânea.....	106
6.2.2.	Proteção de nascentes e da mata ciliar	107
6.2.3.	Conservação do solo e controle da erosão e do assoreamento	107
6.2.4.	Construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinhos”	108
6.2.5.	Construção de barramentos.....	108
6.3.	REDUÇÃO DE IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS EXTREMOS	109
6.4.	ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO E REGULAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS	110
6.5.	REDUÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS	112
7.	ANÁLISE DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA.....	114
7.1.	COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA	114
7.2.	ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA.....	116
8.	ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS... ..	120
9.	ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÕES	124
9.1.	SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	124
9.1.1.	UHP-1 – Alto Rio Mucuri	125
9.1.2.	UHP-2 – Rio Marambaia	126
9.1.3.	UHP-3 – Médio Rio Mucuri.....	126
9.1.4.	UHP-4 – Rio Todos-os-Santos.....	127
9.1.5.	UHP-5 – Médio-Baixo Mucuri.....	128
9.1.6.	UHP-6 – Rio Pampã.....	129
9.1.7.	UHP-7 – Baixo Rio Mucuri	129
9.2.	SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS	130



10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
11. REFERÊNCIAS	133
ANEXOS.....	137
ANEXO I – ATUALIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS.....	138



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Unidades Hidrológicas de Planejamento.....	16
Figura 3.1 - Localização das estações fluviométricas selecionadas.	30
Figura 3.2 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas com área de drenagem de até 5000 km ²	31
Figura 3.3 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas com área de drenagem com mais de 5000 km ²	32
Figura 3.4. Variação da vazão mínima anual de 7 dias (Q_{min7}) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica.	33
Figura 3.5. Variação da vazão mínima anual de 7 dias (Q_{min7}) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica (foco nas variações negativas).	34
Figura 3.4 - Crescimento tendencial das demandas no horizonte de planejamento.	41
Figura 5.1 - Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools.	57
Figura 5.2 - Esquema da representação das principais variáveis de simulação de qualidade por ottobacia.	67
Figura 5.3 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água.	70
Figura 5.4 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: DBO.	71
Figura 5.5 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: OD.	71
Figura 5.6 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: coliformes termotolerantes.	72
Figura 5.7 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: fósforo total.	72
Figura 5.8 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrogênio amoniacal.	73
Figura 5.9 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrito.	73
Figura 5.10 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrato.	74
Figura 5.11 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: DBO.	75
Figura 5.12 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: OD.	75
Figura 5.13 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: coliformes termotolerantes.	76
Figura 5.14 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: fósforo total.	76
Figura 5.15 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrogênio amoniacal.	77
Figura 5.16 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrito.	77
Figura 5.17 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrato.	78
Figura 5.18 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: DBO.	79
Figura 5.19 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: OD.	79

Figura 5.20 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: coliformes termotolerantes.	80
Figura 5.21 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: fósforo total.	80
Figura 5.22 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrogênio amoniacal. .	81
Figura 5.23 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrito.	81
Figura 5.24 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrato.	82
Figura 5.25 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: DBO.	83
Figura 5.26 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: OD.	83
Figura 5.27 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: coliformes termotolerantes.	84
Figura 5.28 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: fósforo total.	84
Figura 5.29 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrogênio amoniacal.	85
Figura 5.30 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrito.	85
Figura 5.31 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrato.	86
Figura 5.32 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: DBO.	87
Figura 5.33 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: OD.	87
Figura 5.34 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: coliformes termotolerantes.	88
Figura 5.35 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: fósforo total.	88
Figura 5.36 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrogênio amoniacal.	89
Figura 5.37 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrito.	89
Figura 5.38 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrato.	90
Figura 6.1 - Participação das demandas setoriais projetadas.	99
Figura 6.2 – Projeção das demandas e participação do setor de irrigação por UHP.	100
Figura 6.3 - Projeção das demandas do setor de abastecimento por UHP.	103
Figura 6.4 - Projeção das demandas do setor de dessedentação por UHP.	104
Figura 6.5 - Potencialidade dos aquíferos nas UHPs da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	106
Figura 6.6 – Vulnerabilidade a inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	110
Figura 8.1 – Porção mineira e baiana da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri e bacias vizinhas.	121



LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Distribuição dos municípios nas UHPs.	17
Quadro 2.2 - Demanda, índice de atendimento e perdas na distribuição por UHP.	18
Quadro 2.3 - Síntese das demandas hídricas para a cena atual (2021).	19
Quadro 2.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP na cena atual (2021).	20
Quadro 2.5 – Síntese da análise para a projeção das demandas.	21
Quadro 2.6 - Taxas de variação anual das demandas setoriais.	22
Quadro 2.7 - Projeção das demandas por setor econômico.	22
Quadro 2.8 – Cargas de DBO estimadas para o cenário atual (2021) e futuro (2041).	22
Quadro 2.9 - Síntese dos resultados para o balanço hídrico quantitativo.	24
Quadro 2.10 - Média ponderada por UHP das concentrações de DBO, OD e Coliformes Termotolerantes na cena de longo prazo (2041).	25
Quadro 2.11 - Síntese da seleção de alternativas de intervenção.	27
Quadro 3.1 - Relação dos postos fluviométricos selecionados para a avaliação das séries históricas de vazão.	29
Quadro 3.2. Resultados do teste estatístico para verificação de tendência de variação da vazão mínima de sete dias anual.	34
Quadro 3.2 - População estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2010 a 2020).	36
Quadro 3.3 - BEDA estimado por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2006 a 2017).	37
Quadro 3.4 - Área irrigada (hectares) estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2006/2017).	38
Quadro 3.5 - Taxas utilizadas para a projeção de demandas do cenário tendencial por UHP.	40
Quadro 3.6 - Projeção das demandas para o horizonte de planejamento por UHP.	40
Quadro 3.7 - Projeção das demandas para o horizonte de planejamento por setor econômico.	41
Quadro 3.8 - Relação das cargas <i>per capita</i> e concentração no efluente doméstico dos parâmetros a serem simulados no modelo.	42
Quadro 3.9 - Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial para a cena atual (2021).	42
Quadro 3.10 - Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial para a cena de longo prazo (2041).	43
Quadro 5.1 - Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados.	59

Quadro 5.2 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial	59
Quadro 5.3 - Déficits hídricos e proporção das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada para cada UHP no cenário tendencial.	60
Quadro 5.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP no Cenário de Escassez Recorrente.....	63
Quadro 5.5 - Déficits hídricos e proporção das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada para cada UHP no Cenário de Escassez Recorrente.....	64
Quadro 5.6 - Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo.	69
Quadro 5.7 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial para a cena atual (2021).	91
Quadro 5.8 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial para a cena de longo prazo (2041).	91
Quadro 5.9 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados no Cenário de Escassez Recorrente para a cena atual (2021).	96
Quadro 5.10 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados no Cenário de Escassez Recorrente para a cena de longo prazo (2041).	97
Quadro 6.1 - Projeção das demandas do setor de irrigação por UHP.	100
Quadro 6.2 - Projeção das demandas do setor de abastecimento por UHP.	102
Quadro 6.3 - Projeção das demandas do setor de dessedentação animal por UHP.	104
Quadro 6.4 - Participação das demandas setoriais na cena 2041 e do uso da água subterrânea em 2018.	105
Quadro 7.1 – Normativos legais sobre a cobrança pelo uso da água no Estado de Minas Gerais...	115
Quadro 7.2 – Fórmulas para a cobrança do uso da água de acordo com a DN CERH-MG 68/2021.	117
Quadro 7.3 – Valores mínimos de PPU, de acordo com as finalidades e as zonas.....	118
Quadro 7.4 – Estimativa de arrecadação anual pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	119
Quadro 9.1 - Alternativas de intervenção selecionadas por UHP.....	131
Quadro 2.1 – Dados técnicos das ETEs inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri - Diagnóstico.	140
Quadro 2.2 – Dados técnicos atualizados das ETEs inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri - Prognóstico.	141



Quadro 2.3 – Dados do índice de tratamento de esgoto coletado na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	141
Quadro 3.1 – Eficiências de remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	142
Quadro 3.2 – Eficiência de remoção de fossas sépticas adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.	142
Quadro 4.1 – Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena atual (2021).....	143



LISTA DE MAPAS

Mapa 5.1 - Balanço hídrico no cenário tendencial (cena atual).....	61
Mapa 5.2 - Balanço hídrico no cenário tendencial (cena 2041).....	62
Mapa 5.3 - Balanço hídrico no cenário de escassez (cena atual)	65
Mapa 5.4 - Balanço hídrico no cenário de escassez (cena 2041).....	66
Mapa 5.5 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: DBO.	92
Mapa 5.6 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: OD.....	93
Mapa 5.7 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Coliformes Termotolerantes.....	94
Mapa 5.8 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Fósforo Total...	95



LISTA DE SIGLAS

- ANA** - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- APP** - Área de Preservação Permanente
- BA** - Bahia
- BEDA** - Bovino Equivalente por Demanda de Água
- CBH** – Comitê de Bacia Hidrográfica
- CBH FRABS** - Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Frades, Buranhém e Santo Antônio
- CBHPIJ** - Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu
- CERH-MG** – Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
- CH** - Circunscrição Hidrográfica
- CNRH** - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CO** – Carga Orgânica
- CODEVASF** - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CRH/MG** - Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos
- DAE** - Documento de Arrecadação Estadual
- DAC** – Declaração de Área de Conflito
- DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DN** – Deliberação Normativa
- ECA** - Enquadramento dos Corpos de Água
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ES** - Espírito Santo
- ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICH** - Índice de Comprometimento Hídrico
- IGAM** - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
- IPCA** – Índice de Preços ao Consumidor Amplo
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada



MG - Minas Gerais

NMP – Número Mais Provável

PARH - Plano de Ação de Recursos Hídricos

PDRH - Plano Diretor de Recursos Hídricos

PPU - Preço Público Unitário

SEF – Secretaria de Estado da Fazenda

SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SEPLAG – Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TGCA - Taxa Geométrica de Crescimento Anual

UEG – Unidade Estratégica de Gestão

UF – Unidade da Federação

UHP - Unidade Hidrológica de Planejamento



1. INTRODUÇÃO

O processo de elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) e do Enquadramento dos Corpos de Água (ECA) da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (MU1) encontra-se na etapa de Prognóstico, que irá atender, assim como o diagnóstico¹, à elaboração destes dois instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos, os quais serão elaborados de forma concomitante e integrada.

Nas fases seguintes, cada instrumento passa a ter produtos específicos. O ECA tem como próximas etapas a elaboração das Alternativas de Enquadramento, do Programa Preliminar para a Efetivação do Enquadramento e o Programa de Efetivação do Enquadramento. O PDRH, por sua vez, contará com a elaboração do Plano de Ação, seguida pela consolidação do conteúdo completo do PDRH em produtos finais do Plano.

Com vistas, portanto, a subsidiar a elaboração do ECA e do PDRH, o Prognóstico apresenta as visões de futuro para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, considerando um horizonte de planejamento de 20 anos. De forma a compatibilizar os períodos de elaboração dos instrumentos e sua implementação, o prognóstico toma como base a situação atual 2021, fazendo com que o horizonte de planejamento tenha como referência os seguintes anos, correspondendo a cenários específicos para os quais serão apresentados resultados:

- Curto prazo: 2026;
- Médio prazo: 2031 e 2036;
- Longo prazo: 2041;

A estruturação desse horizonte em quatro quinquênios visa facilitar a proposição e o acompanhamento de metas e indicadores a serem elaborados nas etapas seguintes do PDRH e ECA. O Prognóstico parte das informações da etapa de Diagnóstico, alinha as informações para a situação atual e propõe cenários futuros para a bacia, projetando os resultados para esses períodos, objetivando a proposição de possíveis alternativas de intervenção e gestão, a serem consideradas na elaboração do PDRH e ECA.

A visão de futuro proposta neste Prognóstico está estruturada com base em três cenários para a bacia, tomando como base o passado recente para a identificação de tendências que se apresentam para o futuro, situações de maior escassez hídrica e uma situação de significativo aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos.

¹ A etapa de Diagnóstico do PDRH e ECA da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri foi concluída em março de 2021 e é composta por dois relatórios: Relatório de Diagnóstico e Relatório das Consultas Públicas de Diagnóstico.

O cenário tendencial considera o histórico de desenvolvimento da região, focando nos processos observados na última década, revelando desafios chave à gestão de recursos hídricos, percebidos desde o início do processo de elaboração do PDRH e ECA.

Desses desafios chave, destaca-se a escassez de água que ocorre com certa recorrência já que trata justamente do objeto de gestão e está condicionada a variabilidades climáticas, que são incontroláveis pelo sistema de gestão. Cabe à cenarização traduzir esse contexto para a bacia hidrográfica e propor mecanismos que aumentem sua capacidade de agir sobre essas situações a partir de estratégias de mitigação de seus impactos.

Avaliadas as tendências de projeção do cenário atual e uma condição mais crítica representada por um período de escassez, os cenários se completam pela avaliação de possíveis e consistentes avanços na gestão de recursos hídricos, representando a realização em ritmo mais acelerado que o atual, dos desenvolvimentos previstos na Política de Recursos Hídricos, bem como de iniciativas do arranjo institucional atuante na bacia.

Dentro desse contexto de planejamento é realizada uma descrição sintética da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri no capítulo 2, que também apresenta uma síntese de todo o conteúdo deste relatório de prognóstico em formato de sumário executivo. O capítulo 3 apresenta as projeções realizadas para as disponibilidades e demandas, incluindo a carga poluidora. A partir dessas projeções, resultaram os cenários de planejamento apresentados no capítulo 4, seguido dos resultados dos balanços hídricos em cada cenário no capítulo 5. O item 5.2 avalia e propõe soluções para a compatibilização entre a água disponível e as demandas hídricas na bacia.

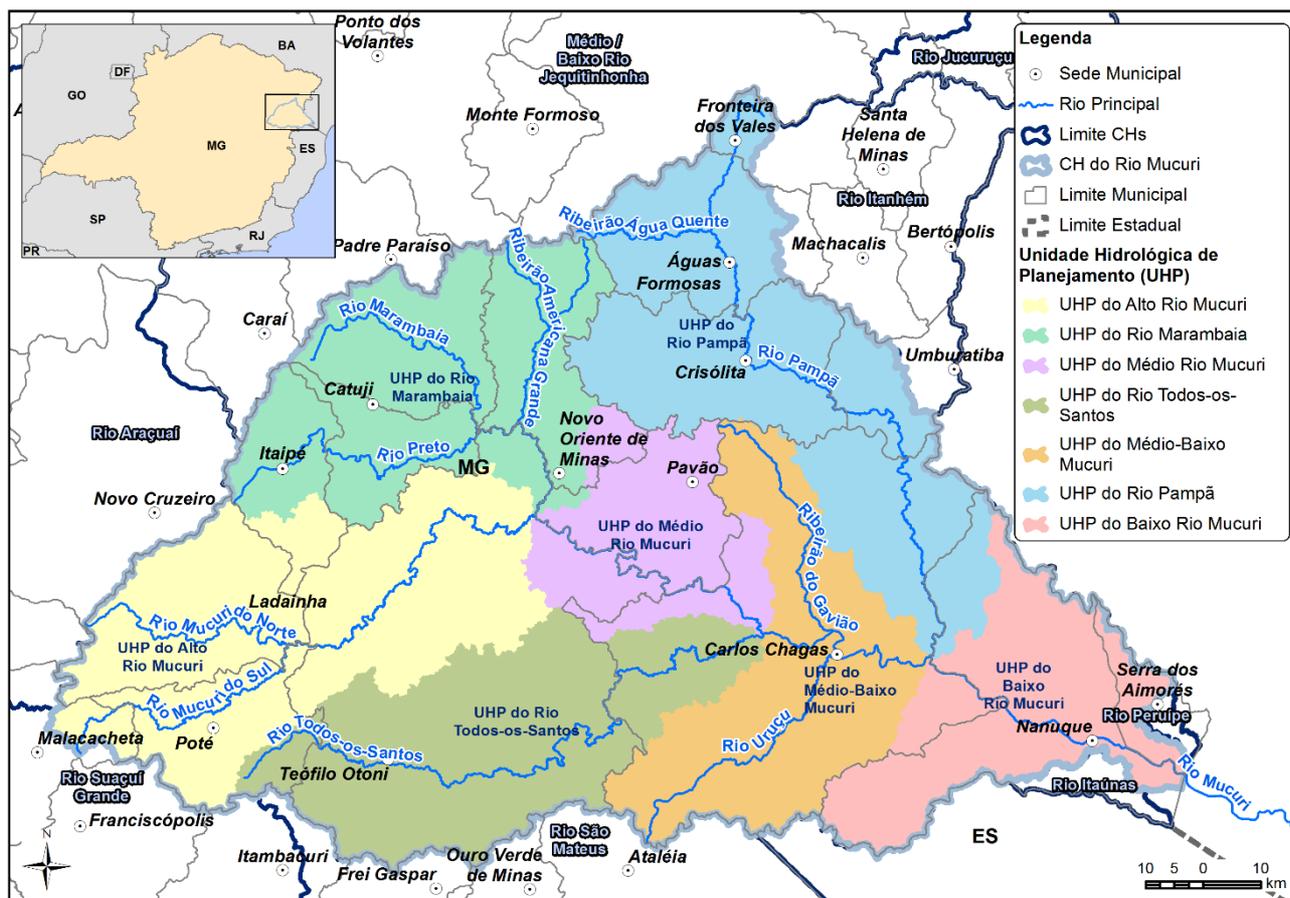
Partindo das necessidades de compatibilização, o capítulo 7 avalia o potencial de arrecadação pela cobrança de recursos hídricos, e o capítulo 8, a compatibilização de interesses internos e externos à bacia. No capítulo 9 são propostas e avaliadas alternativas de intervenções, considerando as características das Unidades Hidrológicas de Planejamento. Por fim, o capítulo 10 apresenta as considerações finais relativas ao Prognóstico.



2. SUMÁRIO EXECUTIVO

O Diagnóstico desenvolvido para o PDRH e o ECA da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, ou Circunscrição Hidrográfica do Rio Mucuri, como recentemente redefinido², apresenta as informações estruturadas em Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHPs). Esse recorte espacial toma como base a divisão física das sub-bacias hidrográficas que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri para formar sete UHPs, apresentadas na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Unidades Hidrológicas de Planejamento.



Fonte: elaboração própria.

Importante observar que o território nomeado como Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri neste e demais documentos do PDRH e ECA, se refere à parcela do território da Bacia do Rio Mucuri em Minas Gerais. O restante da bacia, que se localiza no estado da Bahia, não faz parte da área de estudo.

As UHPs têm suas áreas distribuídas nos municípios da Circunscrição Hidrográfica conforme apresentado no Quadro 2.1.

² A Deliberação Normativa CERH-MG Nº 66, de 17 de novembro de 2020, que estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais, estabelece a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri como Circunscrição Hidrográfica componente da Unidade Estratégica de Gestão Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo.

Quadro 2.1 - Distribuição dos municípios nas UHPs.

UHP	Área da UHP (km ²)	Município	Área do município na UHP (km ²)	Porcentagem do município na UHP
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	2836,88	Itaipé	138,97	29%
		Ladainha*	867,53	100%
		Malacacheta	111,08	15%
		Poté*	506,22	81%
		Teófilo Otoni	1213,07	37%
UHP-2 - Rio Marambaia	2246,81	Caraí	693,11	56%
		Catuji*	419,75	100%
		Itaipé*	342,42	71%
		Novo Oriente de Minas*	655,31	87%
		Pavão	25,00	4%
		Teófilo Otoni	111,21	3%
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	1168,09	Carlos Chagas	257,11	8%
		Novo Oriente de Minas	100,28	13%
		Pavão*	576,28	96%
		Teófilo Otoni	234,41	7%
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	2186,63	Carlos Chagas	380,65	12%
		Poté	119,72	19%
		Teófilo Otoni*	1686,26	52%
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	1771,85	Carlos Chagas*	1771,85	55%
UHP-6 - Rio Pampã	2873,94	Águas Formosas*	706,30	86%
		Carlos Chagas	647,25	20%
		Crisólita*	966,47	100%
		Fronteira dos Vales*	98,16	31%
		Nanuque	195,25	13%
		Umburatiba	260,50	64%
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	1510,30	Carlos Chagas	148,09	5%
		Nanuque*	1200,79	78%
		Serra dos Aimorés*	161,42	66%
Fora área de estudo	1886,09	Águas Formosas	114,02	14%
		Caraí**	550,60	44%
		Fronteira dos Vales	222,64	69%
		Malacacheta**	618,18	85%
		Nanuque	148,29	10%
		Serra dos Aimorés	84,60	34%
		Umburatiba**	147,76	36%
Total Geral	-	-	16480,58	-

Fonte: elaboração própria.

* Municípios com sede na Unidade Hidrológica de Planejamento.

** Municípios com sede Fora da CH.

Como pode ser observado no Quadro 2.1, a Circunscrição Hidrográfica é composta por 16 municípios, sendo 12 com sede na bacia: Águas Formosas, Caraí, Carlos Chagas, Catuji, Crisólita, Fronteira dos Vales, Itaipé, Ladainha, Malacacheta, Nanuque, Novo Oriente de Minas, Pavão, Poté, Serra dos Aimorés, Teófilo Otoni, Umburatiba. A CH possui uma área de 14.594,5 km², concentrando



uma população residente, estimada em 2021, de 318.415 mil habitantes, sendo 219.962 mil na área urbana (69,1%) e 98.453 mil na área rural. A distribuição da população estimada por UHP é apresentada no Quadro 2.2.

Na distribuição da população destaca-se o maior quantitativo populacional urbano na UHP-4 – Rio Todos-os-Santos, concentrado na sede do município de Teófilo Otoni, e a maior densidade de população rural na porção Oeste da bacia, resultando na maior demanda de água para abastecimento humano (466,21 l/s), com 87,43% da população urbana atendida, estando ainda associada a esta demanda um percentual de 34,35% de perdas. Os principais dados sobre o abastecimento humano nas UHPs podem ser observados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Demanda, índice de atendimento e perdas na distribuição por UHP.

UHP	População			Demanda de água para o abastecimento (l/s)	Abastecimento urbano de água (%)	Índice de perdas na distribuição (%)
	Urb.	Rur.	Tot.			
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	18232	27905	46137	111,60	92,60%	35,78%
UHP-2 - Rio Marambaia	15005	27242	42247	61,37	97,50%	34,50%
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	5106	5814	10920	16,74	96,50%	36,81%
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	113234	19467	132701	466,21	87,43%	34,35%
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	11451	3494	14945	40,44	87,60%	25,68%
UHP-6 - Rio Pampã	21851	10096	31947	83,04	96,00%	20,89%
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	35083	4435	39518	174,64	89,10%	28,74%
Total Geral	219962	98453	318415	954,04	92,39%	30,96%

Fonte: elaboração própria, com base nos dados de SNIS (2018); IBGE (2018).

Por concentrar a maior parte da população da bacia, a UHP-4 – Rio Todos-os-Santos também concentra o maior quantitativo de cargas poluidoras lançadas, cabendo destacar a deficiência em termos de coleta e tratamento de esgoto, bem como a grande necessidade de expansão do atendimento deste serviço em toda a bacia.

Esse perfil de distribuição da população também está associado às características de uso e ocupação do solo na região. Ao analisar as áreas ocupadas com cada classe de uso, observa-se que há predomínio das áreas agrícolas, as quais somadas (pastagem, agricultura e mosaico de agricultura e pastagem) correspondem a 72,80% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, variando entre 58,67% e 95,23% das áreas totais das UHPs. Sendo assim, as demandas para finalidades agrícolas também são expressivas e variadas entre as UHPs, sendo de 29,96 l/s a 101,53 l/s para a dessedentação animal e de 12,6 l/s a 568,50 l/s para a irrigação.

No que se refere à distribuição espacial dessas atividades, as áreas classificadas como mosaico de agricultura e pastagem estão mais concentradas próximas ao divisor de águas da Bacia, as áreas de pastagem estão mais concentradas a jusante da confluência do Rio Marambaia e do Rio Mucuri, enquanto as áreas classificadas como agricultura estão próximas da divisa com a Bahia. Essa distribuição dos usos faz com que no perímetro oeste da bacia se localizem os maiores e mais



numerosos fragmentos de vegetação nativa, com predomínio de remanescentes florestais na UHP-1 - Alto Rio Mucuri e UHP-2 - Rio Marambaia, onde incide a Floresta Estacional Semidecidual.

As características de uso do território e, por consequência, das águas, embasam a cena atual das demandas hídricas. O Quadro 2.3 apresenta uma síntese dos quantitativos de demandas por setor estimadas para 2021.

Quadro 2.3 - Síntese das demandas hídricas para a cena atual (2021).

UHP	Abastecimento humano	Indústria	Dessedentação animal	Irrigação	Mineração	Pesca e Aquicultura	Total	
	(l/s)						(l/s)	(%)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	111,6	2,24	60,49	240,54	1,29	2,62	418,78	14,04%
UHP-2 - Rio Marambaia	61,37	1,72	32,4	182,28	1,25	2,89	281,92	9,45%
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	16,74	0,34	37,85	115,88	1,47	0	172,28	5,77%
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	466,21	6,17	58,15	382,88	41,6	3,15	958,17	32,12%
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	40,44	0,25	63,31	321,57	0,4	0	425,97	14,28%
UHP-6 - Rio Pampã	83,04	0,4	101,53	236,73	0	0	421,7	14,13%
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	174,64	0,4	60,51	69	0	0,02	304,57	10,21%
Total (L/s)	954,04	11,52	414,24	1548,89	46,01	8,68	2983,39	-
Total (%)	31,98%	0,39%	13,89%	51,92%	1,54%	0,29%	-	100%

Fonte: elaboração própria.

As demandas hídricas estimadas, quando confrontadas com a disponibilidade hídrica, resultam no balanço hídrico quantitativo. Na bacia existem trechos que variam desde classe em conformidade (baixo) até classe em conformidade (máximo), considerando o Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), que se baseia na Portaria IGAM Nº 48/2019 e é utilizado neste relatório para expressar os resultados do balanço hídrico. O ICH é dividido em cinco classes, sendo três em conformidade (baixo, médio e máximo) e duas em não conformidade (médio e crítico). Verifica-se que as UHPs apresentam ICHs entre 9,29% e 33,64% na cena atual, sendo essa a faixa representante de classes em conformidade (médio). Além disso, verifica-se que na maior parte das UHPs, as demandas dos setores de abastecimento humano, irrigação e dessedentação animal são as mais significativas. O Quadro 2.4 apresenta os resultados do balanço hídrico por UHP.



Quadro 2.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP na cena atual (2021).

UHP	Corpo hídrico	Índice de Comprometimento Hídrico
UHP do Alto Rio Mucuri	Rio Mucuri	18,85 %
UHP do Rio Marambaia	Rio Marambaia	9,29 %
UHP do Médio Rio Mucuri	Rio Mucuri	15,11 %
UHP do Rio Todos-os-Santos	Rio Todos os Santos	33,64 %
UHP do Médio-Baixo Mucuri	Rio Mucuri	19,57 %
UHP do Rio Pampã	Rio Pampã	19,26 %
UHP do Baixo Rio Mucuri	Rio Mucuri	22,60 %

Fonte: Elaboração própria.

O prognóstico para a cena atual também apresenta resultado do balanço em termos de qualidade da água para 2021. Constata-se que, tomando como base a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, os percentuais de trechos com condições de DBO equivalentes às classes na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri são: 64,28% em Classe 1, 17,79% em Classe 2, 12,15% em Classe 3 e 5,78% em Classe 4.

Partindo da cena atual, o Prognóstico estabelece possíveis evoluções futuras do cenário atual da CH. O capítulo 3 deste Prognóstico apresenta as projeções de disponibilidade, demanda e cargas poluidoras para o horizonte de planejamento.

Com base nos históricos de monitoramento da região, foi identificada que é possível a ocorrência de uma **redução de 68% em relação à vazão de referência** em um período de escassez. A metodologia para a obtenção dessa vazão de escassez é apresentada no item 3.1. As disponibilidades utilizadas para o cenário tendencial são as disponibilidades apresentadas no Diagnóstico (IGAM, 2021a), que se utiliza das elaboradas por IGAM (2012).

O item 3.1 apresenta a projeção das demandas, dentro do contexto tendencial de evolução por setor econômico. Os critérios adotados para essas projeções estão sintetizados no Quadro 2.5.



Quadro 2.5 – Síntese da análise para a projeção das demandas.

	Abastecimento humano	Dessedentação animal	Irrigação	Indústria, Mineração, Pesca e aquicultura
Variável	TGCA* do período 2010 (Censo Demográfico) a 2020 (estimativa da população) segundo a proporção da população nas UHPs por setor censitário em 2010.	Variação anual BEDA 2006/2017 do Censo Agropecuário (considera todos os rebanhos, não apenas os principais como a Pesquisa Pecuária Municipal).	Variação da área irrigada total 2006/2017 no Censo Agropecuário (não é considerado o método de irrigação, apenas a área total).	Não há variáveis que permitam apontar se há uma tendência de aumento ou redução dessas demandas. Perfil regional não é de indústria, mineração e aquicultura. Mineração só tem demanda relevante em uma UHP.
Resultado	Taxas muito reduzidas, próximas de 0 na CH, mas com variação por UHP.	Redução na bacia. Uma UHP apresenta taxa positiva.	Considerável aumento da área irrigada, porém, geralmente sobre áreas iniciais muito pequenas (por isso as taxas ficam altas em alguns casos).	Não há como prever o comportamento de projeção da demanda desses setores.
Análise	Projeta reduzido crescimento, com diversas UHPs com redução de população.	Projeta redução da demanda.	A tendência é aumentar a demanda para irrigação. Porém, a estimativa por UHP pode ser muito imprecisa. A CH apresenta taxa positiva.	Exceto pontualmente em duas UHPs, essas demandas são pouco relevantes e, mesmo que fosse arbitrada uma taxa de crescimento, continuaria tendo reduzido impacto.
Critério	Mantém a demanda atual se taxa for negativa ou considera a taxa se for positiva. Por ser uso prioritário, será mantida a demanda nas UHP que projetam redução da demanda em relação à atual (critério de precaução).	Mantém a demanda atual se taxa for negativa ou considera a taxa se for positiva. Por ser uso prioritário e não representar grande peso no balanço hídrico, será mantida a demanda atual caso haja uma eventual retomada da atividade, mesmo não sendo projetada atualmente.	Mantém a demanda atual se taxa for negativa ou considera a taxa da UHP ou a taxa da CH, a que for menor para cada UHP, reduzindo impacto de longo prazo de taxas muito elevadas.	Manutenção das vazões atuais.

Fonte: elaboração própria.

* TGCA Taxa geométrica de crescimento anual (% a.a.).

Com base nesses critérios foram atribuídas taxas de variação das demandas por UHP para os setores. Essas taxas são apresentadas no Quadro 2.6.



Quadro 2.6 - Taxas de variação anual das demandas setoriais.

UHP	Abastecimento humano	Indústria	Dessedentação animal	Irrigação	Mineração	Pesca e Aquicultura
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	0,6%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%
UHP-2 - Rio Marambaia	0,4%	0,0%	2,0%	6,2%	0,0%	0,0%
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	0,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	0,4%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	0,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%
UHP-6 - Rio Pampã	0,4%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que são três os setores com variações identificadas para a projeção das demandas: abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação. A aplicação dessas taxas resulta na projeção setorial das demandas para o horizonte de planejamento apresentadas no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Projeção das demandas por setor econômico.

UHP	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	954,04	970,66	987,65	1005,05	1022,85
Indústria	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52
Dessedentação animal	414,24	417,58	421,27	425,33	429,81
Irrigação	1.548,89	1.997,31	2.599,44	3.409,00	4.498,60
Mineração	46,01	46,01	46,01	46,01	46,01
Pesca e Aquicultura	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68
Total CH	2.983,39	3.451,76	4.074,56	4.905,59	6.017,47

Fonte: elaboração própria.

Encerrando o capítulo 3, o item 3.3 apresenta a projeção de cargas poluidoras, sintetizadas no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 – Cargas de DBO estimadas para o cenário atual (2021) e futuro (2041).

UHP	Carga lançada (kg DBO/dia)	
	2021	2041
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	1639,8	1838,41
UHP-2 - Rio Marambaia	1464,5	1592,29
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	467,6	470,36
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	4002,3	4369,19
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	399,9	402,10
UHP-6 - Rio Pampã	1436,9	1554,84
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	1803,8	1803,89
Total CH	11214,8	12031,09

Fonte: elaboração própria.



O capítulo 4 apresenta a construção de cenários para a elaboração do PDRH e ECA, que visa a elaboração de visões de futuro que congreguem as tendências visualizadas nas regiões e as alternativas possíveis de desenvolvimento, sem desconsiderar as incertezas inerentes ao processo de cenarização, mas buscando oferecer uma formulação útil ao planejamento. Os cenários foram construídos com o objetivo principal de servirem de esteio à tomada de decisão e, por isso, constituem-se de modelos abertos, que possibilitam a revisão de sua projeção com o tempo.

Foram construídos três cenários para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri: Cenário Tendencial, Cenário de Escassez Recorrente e Cenário de Aperfeiçoamento da Gestão.

O **Cenário Tendencial** admite que os fatores naturais, socioeconômicos, culturais e a gestão de recursos hídricos não irão se diferenciar de forma significativa das tendências identificadas no diagnóstico realizado, ou seja, projeta a manutenção dos padrões atuais a partir da trajetória das variáveis medidas no passado recente.

Neste cenário as demandas crescem conforme as tendências identificadas, que, para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, não apontam para variações expressivas, exceto para o setor de irrigação, que apresenta uma tendência significativa de aumento da demanda, nesse sentido, acompanhando tendência nacional, conforme apresentado no Quadro 2.7.

O **Cenário de Escassez Recorrente** se utiliza da mesma projeção de demanda realizada no Cenário Tendencial, mas considera uma disponibilidade hídrica reduzida. Essa redução da disponibilidade hídrica é pautada no histórico de eventos de escassez e seca da região e visa a confrontar a demanda projetada com um episódio de escassez, ou seja, em uma única cena, salientando a proporção de não atendimento das demandas que, potencialmente, um evento de seca poderá ter.

O **Cenário de Aperfeiçoamento da Gestão**, por sua vez, se utiliza das projeções do Cenário Tendencial e das vulnerabilidades à escassez de água observadas no Cenário de Escassez Recorrente para propor alternativas de intervenção estruturais e não estruturais que tornem a gestão de recursos hídricos efetiva para a bacia, focando especialmente nos instrumentos e atores da gestão e, dessa forma, refletindo a capacidade de intervenção que o Sistema de Recursos Hídricos poderá desenvolver.

Com base nos cenários construídos e nas projeções de disponibilidades, demandas e cargas poluidoras, o capítulo 5 apresenta o balanço hídrico para o cenário tendencial em todas as cenas e para o Cenário de Escassez Recorrente. No item 5.1 é apresentado o balanço quantitativo, elaborado a partir da utilização do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools (KAYSER; COLLISCHONN, 2013), que possibilita a avaliação dos trechos dos corpos hídricos através do Índice de Comprometimento



Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente trecho a trecho.

Para o Cenário Tendencial, os resultados do balanço hídrico partem de valores em conformidade baixo à médio para o ano-base (2021) e chegam a valores em conformidade máximos, com a única exceção para a UHP-4 – Rio Todos-os-Santos, em que a cena de longo prazo (2041) apresenta comprometimento hídrico em não conformidade, ultrapassando os 50% da vazão $Q_{7,10}$.

Já no Cenário de Escassez Recorrente a situação é bastante restritiva. Com a redução da disponibilidade praticamente todas as UHPs ultrapassam o limiar de 50% da vazão $Q_{7,10}$ em alguma cena, com exceção da UHP-2 – Rio Marambaia, que tem o comprometimento mais elevado na cena de longo prazo (2041) pouco acima dos 30%.

Os resultados do balanço hídrico são apresentados no Quadro 2.9 para os cenários Tendencial e de Escassez Recorrente.

Quadro 2.9 - Síntese dos resultados para o balanço hídrico quantitativo.

UHP	Corpo hídrico	Cenário Tendencial ICH (%)		Cenário de Escassez Recorrente ICH (%)	
		2021	2041	2021	2041
UHP do Alto Rio Mucuri	Rio Mucuri	18,85	33,07	46,62	73,01
UHP do Rio Marambaia	Rio Marambaia	9,29	14,7	22,56	32,32
UHP do Médio Rio Mucuri	Rio Mucuri	15,11	24,7	35,69	54,13
UHP do Rio Todos-os-Santos	Rio Todos os Santos	33,64	51,29	62,9	84,83
UHP do Médio-Baixo Mucuri	Rio Mucuri	19,57	30,6	41,65	58,83
UHP do Rio Pampã	Rio Pampã	19,26	21,59	52,02	58,91
UHP do Baixo Rio Mucuri	Rio Mucuri	22,6	30,84	50,84	64,33

Legenda:

%	Classe em conformidade (baixo)	%	Classe em conformidade (médio)	%	Classe em conformidade (máximo)	%	Classe em não conformidade (médio)	%	Classe em não conformidade (crítico)
---	--------------------------------	---	--------------------------------	---	---------------------------------	---	------------------------------------	---	--------------------------------------

Fonte: elaboração própria.

O item 5.2 apresenta a metodologia empregada para simulação da qualidade da água na CH e os resultados do balanço hídrico qualitativo para os parâmetros DBO, OD, coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. Os resultados estão sintetizados no Quadro 2.10 para os parâmetros DBO, OD e coliformes termotolerantes para os cenários Tendencial e de Escassez Recorrente na cena de longo prazo (2041).



Quadro 2.10 - Média ponderada por UHP das concentrações de DBO, OD e Coliformes Termotolerantes na cena de longo prazo (2041).

UHP	Tendencial (2041)			Escassez Recorrente (2041)		
	DBO (mg/l)	OD (mg/l)	Colif. (NMP/100ml)	DBO (mg/l)	OD (mg/l)	Colif. (NMP/100ml)
Alto Rio Mucuri	3,79	6,66	807,82	12,93	3,09	2349,31
Rio Marambaia	4,26	6,3	1508,5	12,98	2,69	4341,53
Médio Rio Mucuri	2,02	7,82	200,37	6,19	5,71	578,88
Rio Todos-os-Santos	12,65	5,93	2005,27	26,87	3,8	4766,32
Médio-Baixo Mucuri	2,18	7,81	224,78	5,52	6,01	655,24
Rio Pampã	3,86	6,8	1035,62	11,1	4,15	3000,75
Baixo Rio Mucuri	2,08	7,96	518,84	5,53	6,27	1516,37

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
---	----------	---	----------	---	----------	---	----------

Fonte: elaboração própria.

O capítulo 6 apresenta a compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas, através da análise dos incrementos de demandas, depois das alternativas para incrementar as disponibilidades e, por fim, com as alternativas de atuação regulatória sobre as demandas e para a redução de cargas poluidoras.

No item 6.1 se utiliza de um comparativo entre as demandas atuais e futuras dos setores econômicos para selecionar os setores de maior relevância, a saber: abastecimento humano, irrigação e dessedentação animal. Juntos, esses setores representam 97,5% na cena atual (2021) e 98,8% na cena de longo prazo (2041) das demandas da bacia.

Desses três setores usuários o que apresenta o maior incremento de demandas nas projeções é o setor de irrigação. Esse setor já se apresenta como o maior demandante de água na cena atual (2021), com 47,2% do total e amplia essa participação nas cenas de curto, médio e longo prazo, chegando a uma participação de 74,7% em 2041. Conseqüentemente, a participação relativa (%) dos demais setores deve se reduzir, mesmo que a demanda desses não se reduza em termos absolutos.

Algumas UHPs apresentam maior dificuldade de atendimento ao aumento expressivo projetado para as demandas para irrigação, destacadamente a UHP-4 – Rio Todos-os-Santos, onde há também o maior quantitativo populacional da bacia.

Nesses casos há necessidade de incrementos de disponibilidade, seja por meio de captação de água subterrânea, busca de mananciais menos pressionados de água superficial dentro da unidade de planejamento ou alternativas de regulação que permitam a ampliação da garantia. Esses são os temas abordados no item 6.2. As alternativas de incremento de oferta identificadas são a: captação de água subterrânea, proteção de nascentes e mata ciliar, conservação do solo, construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinhas” e construção de barramentos.



Apesar das possíveis alternativas de incremento de disponibilidade, essa é limitada à disponibilidade do recurso, não atendendo completamente à necessidade de compatibilização. Assim, fazem-se necessárias alternativas de atuação sobre as demandas, de forma a tornar mais eficiente o uso da água. Essas alternativas são objeto do item 6.4, onde se destacam como alternativas:

- Não estruturais:
 - Planejamento e gestão;
 - Regularização de outorgas;
 - Cobrança pelo uso da água;
 - Fiscalização;
 - Educação ambiental.
- Estruturais:
 - Redução das perdas nos sistemas de abastecimento;
 - Coleta e armazenamento da água da chuva;
 - Aumento da eficiência na irrigação;
 - Reuso da água na indústria.

As alternativas para a redução no quantitativo de cargas poluidoras, por sua vez, são apresentadas no item 6.5, incluindo a:

- Implantação do enquadramento dos corpos d'água;
- Ampliação do monitoramento qualitativo;
- Ampliação da rede de coleta de esgotos;
- Ampliação da capacidade de tratamento de esgotos;
- Implantação de soluções de atendimento individual e coletivo de esgotos para a população rural;
- Redução da poluição difusa em corpos hídricos;
- Redução da carga poluidora de atividades industriais.

O capítulo 7 apresenta o potencial de arrecadação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri com base nas estimativas realizadas por IGAM (2021b). Os resultados apontam para valores anuais que vão de R\$ 128.633,00 a R\$ 632.597,42 quando a cobrança incide apenas sobre as vazões captadas e chegam a R\$ 1.232.616,85 quando adicionada a cobrança sobre o lançamento de carga poluidora.

A compatibilização de interesses internos e externos à CH é abordada no capítulo 8 sob a ótica da organização e interação dos atores do sistema de gestão dos recursos hídricos, apresentando a situação de gestão das bacias vizinhas e suas relações com os instrumentos de gestão em elaboração para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Nesse contexto também aborda questões relacionadas à porção da bacia localizada em território baiano e como essa situação se relaciona com a porção mineira, área de estudo do PDRH e ECA.

Retomando o conteúdo desenvolvido até então, o capítulo 9 apresenta e justifica as alternativas de intervenção selecionadas. Partindo de um conjunto de alternativas compiladas, as



alternativas selecionadas são indicadas para cada UHP, tendo em vista as variações regionais, finalizando com uma síntese das alternativas selecionadas para o conjunto da CH. O Quadro 2.11 apresenta as alternativas selecionadas para as UHPs.

Quadro 2.11 - Síntese da seleção de alternativas de intervenção.

Alternativa de intervenção	UHP-1 – Alto Rio Mucuri	UHP-2 – Rio Marambaia	UHP-3 – Médio Rio Mucuri	UHP-4 – Rio Todos-os-Santos	UHP-5 – Médio-Baixo Mucuri	UHP-6 – Rio Pampá	UHP-7 – Baixo Rio Mucuri
Ampliação da capacidade de coleta de esgoto							
Ampliação da capacidade de tratamento de esgoto							
Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural.							
Aumento na reservação individual de água para o abastecimento humano;							
Implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental nas indústrias e mineradoras;							
Manejo adequado dos resíduos agropecuários;							
Perfuração de poços para captação subterrânea;							
Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;							
Reuso da água nas indústrias;							

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o capítulo 10 apresenta as considerações finais, encaminhando os resultados do Prognóstico para as próximas etapas de elaboração do PDRH e ECA.



3. PROJEÇÕES DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA

Para a forma como os cenários foram desenhados para o Prognóstico da CH, é necessário estabelecer previamente as projeções de disponibilidade alternativas e de demanda tendencial, incluindo a demanda de diluição de carga poluidora.

A elaboração de instrumentos de planejamento e gestão de recursos hídricos comumente considera cenários econômicos alternativos e, a partir desses, faz projeções de demandas para compor as diferentes situações descritas nestes cenários. Contudo, tendo em vista as experiências de crises hídricas em muitas bacias hidrográficas brasileiras, está se consolidando o entendimento de que é necessário cenarizar, também, variações de disponibilidade de água, por conta de fenômenos naturais que podem ocorrer de forma recorrente ou não, tendo em vista a construção de um planejamento robusto e adequado para a mitigação e enfrentamento de condições adversas de disponibilidade.

Os resultados da análise do Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri permitiram identificar que, de um lado, a tendência de projeção da demanda não aponta para significativa variação, enquanto de outro, as condições climáticas na região podem apresentar uma significativa variação, com eventos recorrentes de secas, conforme registrado em períodos anteriores.

Dessa forma, a elaboração das projeções de demandas tendencial também atende ao Cenário de Escassez Recorrente, que está lastreado em eventos pretéritos de vazões reduzidas, sendo a base para a elaboração de um cenário específico para essas situações de escassez.

Os itens que seguem apresentam as projeções realizadas, correspondendo à projeção de disponibilidade hídrica em situação de escassez, a projeção das demandas hídricas para os usos consuntivos das águas e, por fim, a projeção de cargas poluidoras.

3.1. DISPONIBILIDADE DE ESCASSEZ RECORRENTE

A projeção realizada das disponibilidades hídricas alternativas à vazão de referência do cenário atual busca subsidiar a avaliação sobre qual seriam os efeitos de um período prolongado de vazões abaixo das vazões de referência do cenário atual. Essa questão decorre dos relatos colhidos em reuniões e consultas públicas realizadas na bacia³ e justifica alguns comportamentos observados de variáveis importantes em anos recentes, como a redução nos rebanhos bovinos, por exemplo.

³ As etapas de Diagnóstico e de Prognóstico da elaboração do PDRH e ECA da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri contaram com Consultas Públicas realizadas e apresentadas em relatórios específicos: Relatório das Consultas Públicas de Diagnóstico e Relatório das Consultas Públicas de Prognóstico.



Para responder à essa questão foi realizado um estudo sobre os dados pretéritos das estações de monitoramento na região. A metodologia utilizada neste item selecionou estações fluviométricas apresentadas no Relatório de Diagnóstico que estão localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (podendo estar fora da CH), excluindo, portanto, estações de outras bacias que foram utilizadas no âmbito da regionalização de vazões para o Diagnóstico. Com isso, a seleção realizada permite entender o comportamento das vazões ao longo do tempo como fenômeno local.

3.1.1. Seleção das estações fluviométricas e análise dos dados de vazão

O Quadro 3.1 apresenta a relação das estações selecionadas, incluindo o período com dados observados disponíveis e a $Q_{7,10}$ calculada a partir de IGAM (2012), a partir do estudo que subsidia as vazões de referência utilizadas em Minas Gerais, e que é a vazão de referência para a elaboração do PDRH e ECA. As séries de vazões observadas foram obtidas no Portal Hidroweb da ANA (2021). A partir dos dados obtidos, calculou-se as vazões mínimas anuais considerando uma média móvel de sete dias. Considerando que os dados já são consistidos pela Agência, não foi realizado nenhum pré-processamento nas séries, sendo desconsiderados os períodos com falhas nas observações.

Quadro 3.1 - Relação dos postos fluviométricos selecionados para a avaliação das séries históricas de vazão.

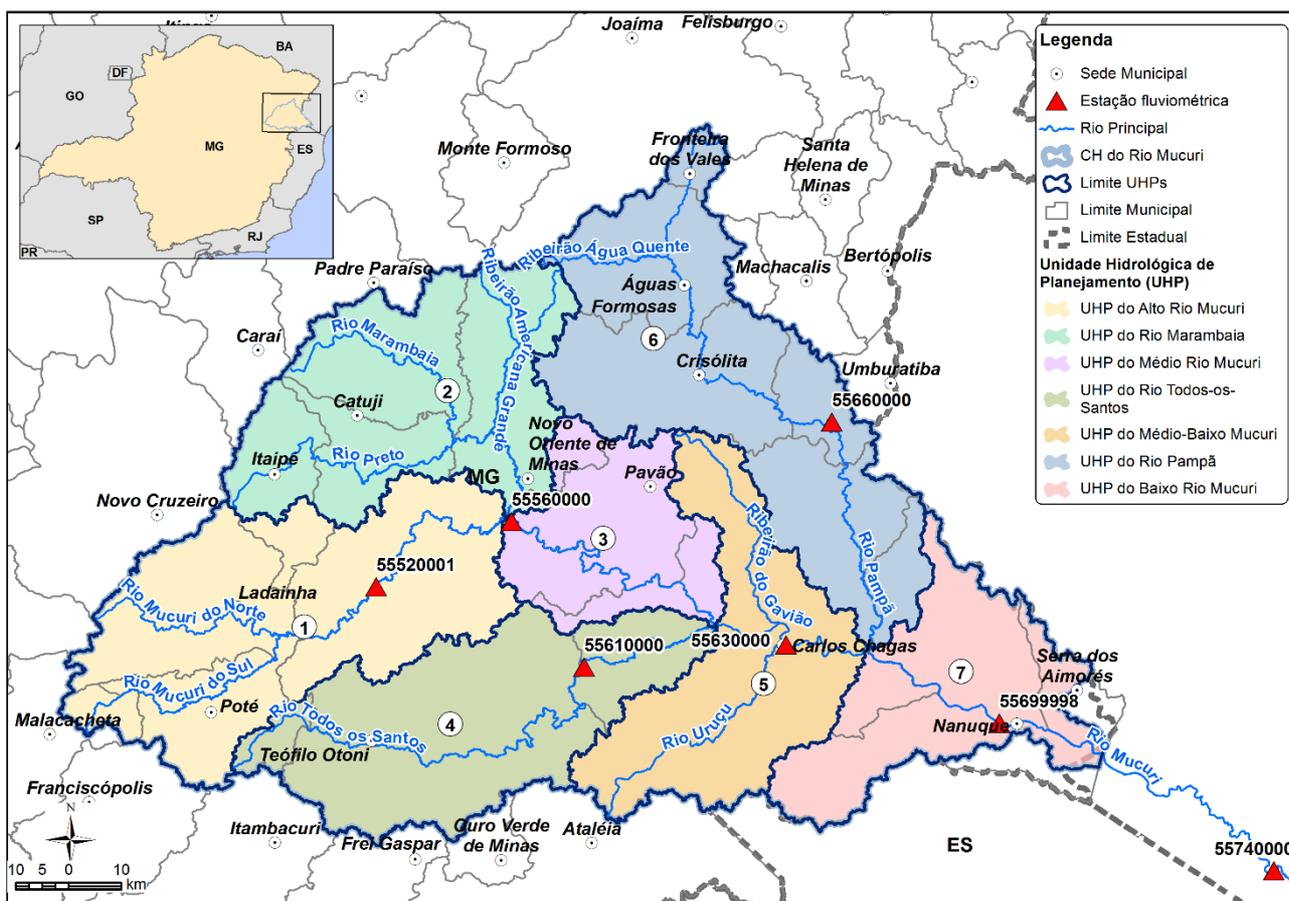
Estação	Nome	Área (km ²)	Parte da CH	Série histórica		Q _{7,10} (m ³ /s)
				Início	Fim	
55610000	FRANCISCO SÁ	1785	sim	1944	2019	0.56
55660000	SÃO PEDRO DO PAMPÃ	1827	sim	1953	2019	1.53
55520001	MUCURI	2016	sim	1967	2019	3.03
55560000	FAZENDA DIACUI	5100	sim	1953	2019	6.47
55630000	CARLOS CHAGAS	9607	sim	1940	2019	2.13
55699998	NANUQUE - MONTANTE	12799	sim	1980	2019	6.39
55740000	FAZENDA MARTINICA	14656	não	1969	2007	11.44

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 3.1 apresenta a localização das estações fluviométricas selecionadas para a avaliação.



Figura 3.1 - Localização das estações fluviométricas selecionadas.



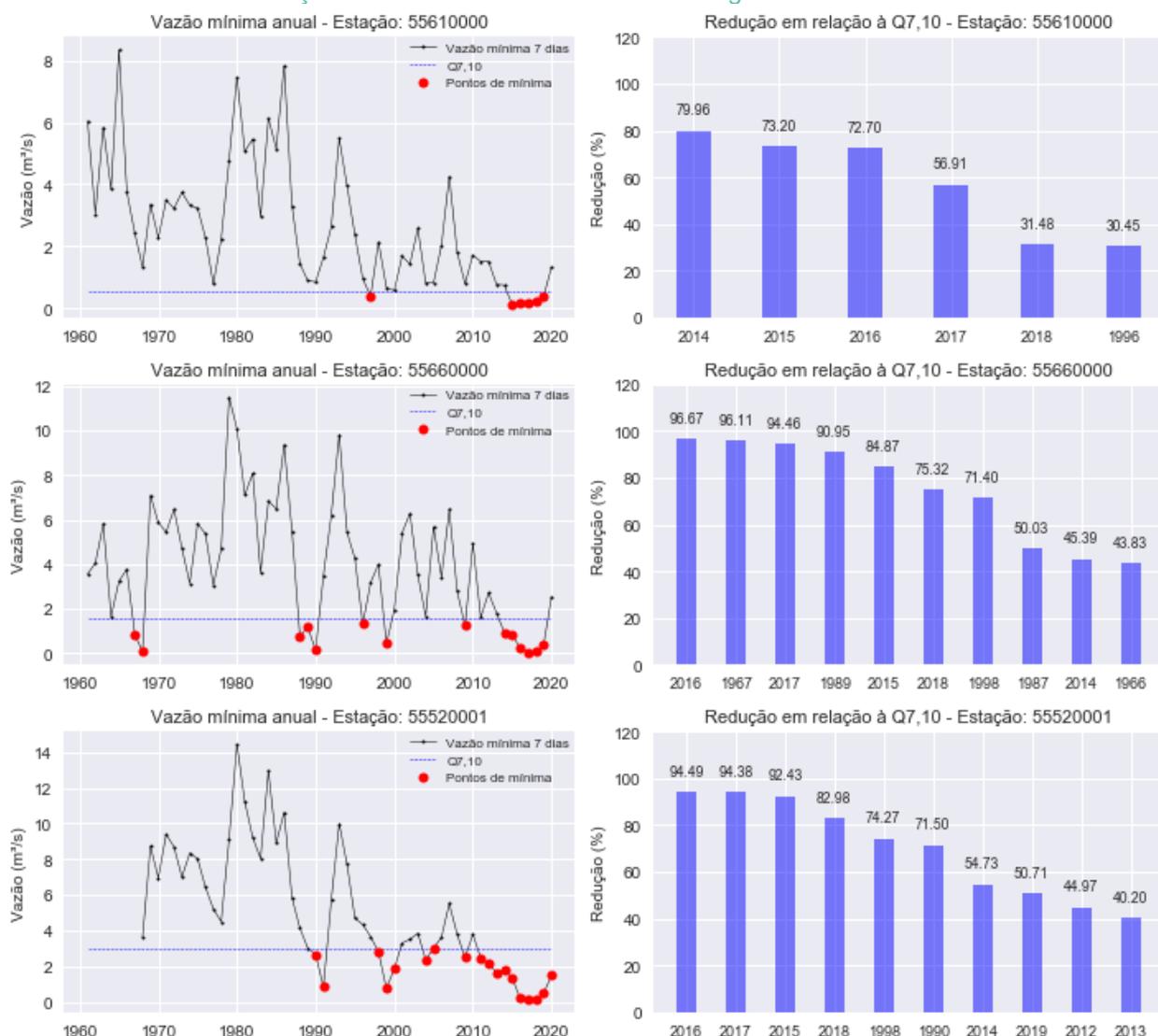
Fonte: elaboração própria.

Após a seleção das estações, foram calculadas as vazões mínimas anuais considerando uma média móvel de sete dias, obtendo-se uma série anual de vazões mínimas de sete dias de duração. Essas séries anuais foram comparadas com a $Q_{7,10}$ estabelecida em IGAM (2012), a qual representa a vazão mínima de sete dias de duração com 10 anos de tempo de retorno. Cabe ressaltar que a $Q_{7,10}$ estabelecida por IGAM (2012) e que embasa o diagnóstico e o prognóstico no Cenário Tendencial, utilizou dados de vazão entre 1970 e 2005, portanto não incluindo períodos de estiagem que ocorreram após a ano de 2005. Esta estimativa de vazão para períodos de escassez se trata, então, de uma avaliação que permite identificar fenômenos históricos associados a variabilidades climáticas que se apresentam com certa recorrência também em períodos recentes, indicando a tendência de virem a se repetir no futuro.

A Figura 3.2 e a Figura 3.3 apresentam os resultados desta comparação, agrupados segundo a área de drenagem das estações, para cada posto fluviométrico, sendo que os gráficos localizados à esquerda apresentam as séries temporais anuais de vazão mínima, a $Q_{7,10}$ calculada por IGAM (2012), além da sinalização de todos os pontos nos quais a vazão mínima anual foi menor que a $Q_{7,10}$. Nos gráficos à direita, são apresentados, em ordem decrescente, os anos que ocorreram as reduções mais significativas, sendo que as barras representam o **percentual de redução** em relação à $Q_{7,10}$. Estes

gráficos são limitados a 10 anos. Caso a quantidade de anos seja superior a este período, foram considerados os 10 anos mais críticos.

Figura 3.2 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas com área de drenagem de até 5000 km².

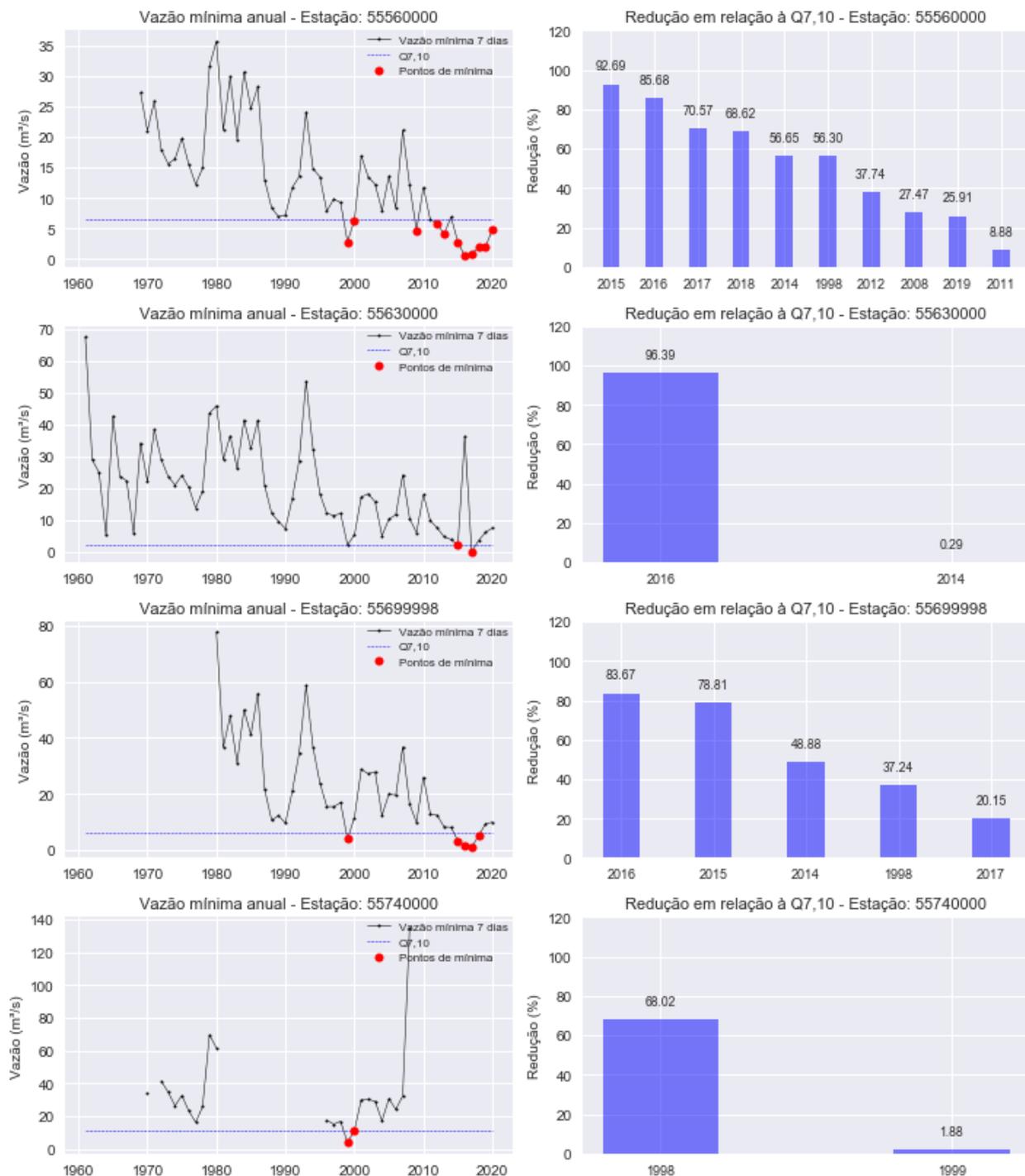


Fonte: Elaboração própria.

Observando-se os resultados, os períodos mais severos de estiagem em toda a série histórica correspondem ao período entre 2014 e 2017, onde foram observadas reduções na ordem de 80% a 95% em relação à $Q_{7,10}$, em praticamente todas as estações. Em anos anteriores, foram observados outros eventos de estiagem, no entanto de forma esparsa e com menor frequência. Dentre os eventos observados, destaca-se o ano de 1998, quando ocorreram reduções na ordem de 40% a 70% em relação à $Q_{7,10}$, em quase todas as estações avaliadas. A estação 55660000 também apresentou anos críticos em 1967 (96% de redução), em 1989 (90% de redução), além de outros anos, enquanto a estação 55520001 registrou 71% de redução da $Q_{7,10}$ no ano de 1990.



Figura 3.3 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a Q7,10 nas estações fluviométricas com área de drenagem com mais de 5000 km².



Fonte: Elaboração própria.



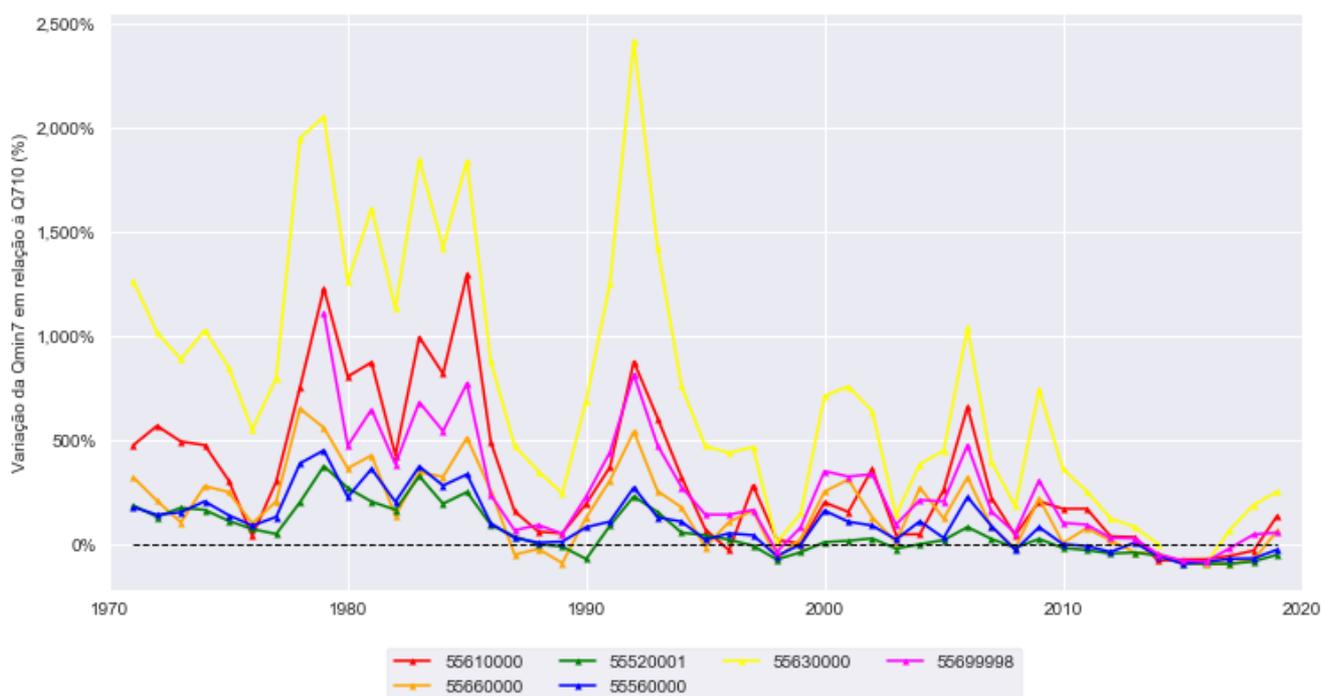
3.1.2. Definição do percentual de redução médio em relação à $Q_{7,10}$

Este item tem como objetivo definir um cenário de escassez recorrente na bacia do rio Mucuri, a partir da média das reduções das vazões mínimas em relação à vazão de referência de IGAM (2012). Para isto, primeiramente calculou-se a variação da mínima anual de sete dias em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação, de acordo com a relação:

$$Var_{anual} = \frac{Q_{min7\,anual} - Q_{7,10}}{Q_{7,10}}$$

A Figura 3.4 apresenta a variação da vazão mínima anual de sete dias em relação à $Q_{7,10}$ calculada em cada estação fluviométrica desde o ano 1971, e em seguida a Figura 3.5 apresenta a mesma figura, com foco nos percentuais negativos. A partir das figuras, podemos observar a ocorrência de reduções de vazões abaixo do nível da $Q_{7,10}$ nos finais das décadas de 1980 e 1990, e principalmente entre os anos de 2014 e 2018.

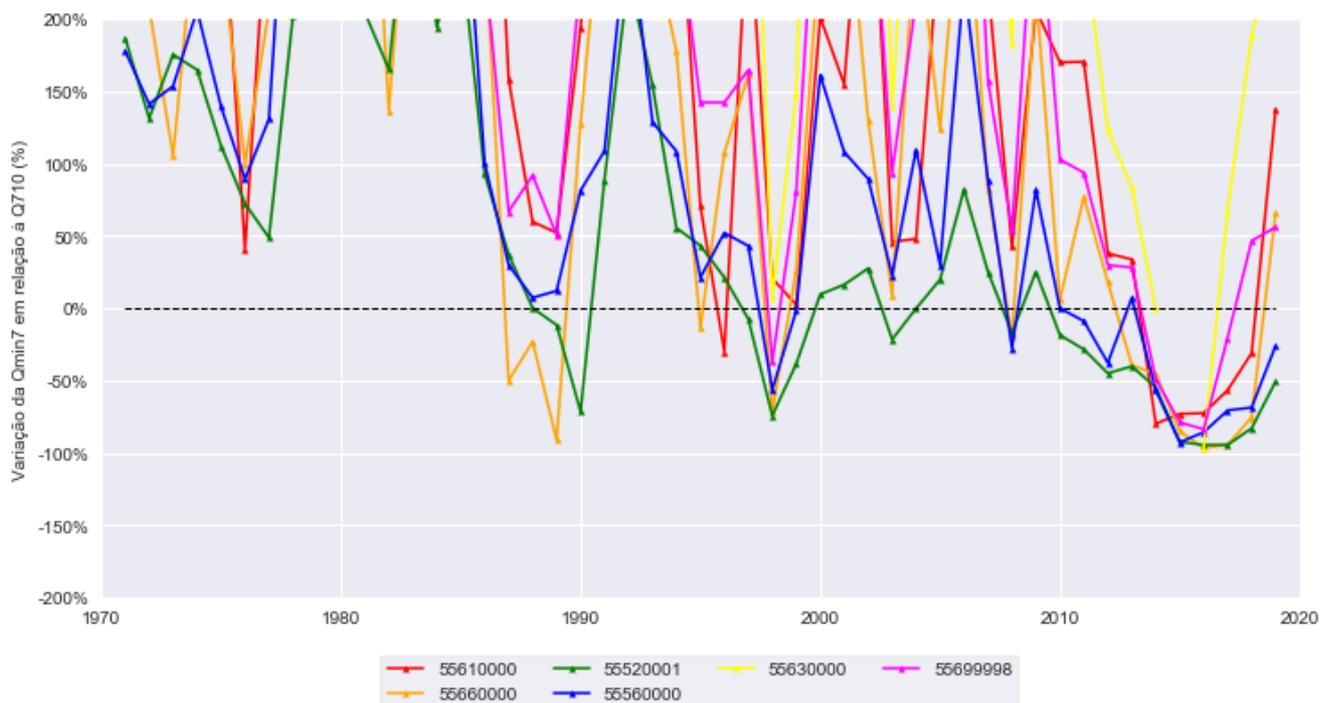
Figura 3.4. Variação da vazão mínima anual de 7 dias (Q_{min7}) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica.



Fonte: Elaboração própria.



Figura 3.5. Variação da vazão mínima anual de 7 dias (Q_{min7}) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica (foco nas variações negativas).



Fonte: Elaboração própria.

A fim de se verificar se há evidências estatísticas de uma tendência de redução das vazões mínimas anuais ao longo do período analisado, foi aplicado o teste estatístico Mann-Kendall, utilizando a ferramenta desenvolvida por Hussain *et al.*, (2019), no qual os resultados estão apresentados no Quadro 3.2. O teste foi realizado com nível de significância de 0,05, e como o p-valor do teste foi inferior a 0,05 em todas as estações, é possível afirmar estatisticamente que há uma tendência de redução das vazões mínimas anuais.

Quadro 3.2. Resultados do teste estatístico para verificação de tendência de variação da vazão mínima de sete dias anual.

Estação	Resultado do teste	p-valor do teste	Valor de z	Tau
55610000	decrecente	2,42E-06	-4,71505	-0,46599
55660000	decrecente	1,98E-05	-4,26682	-0,42177
55520001	decrecente	8,86E-10	-6,12870	-0,60544
55560000	decrecente	2,22E-08	-5,59427	-0,55272
55630000	decrecente	1,02E-07	-5,32394	-0,53191
55699998	decrecente	2,82E-06	-4,68372	-0,50976

Fonte: Elaboração própria.

Considerando que o período entre 2014 e 2018 foi o mais crítico em termos de disponibilidade hídrica e que há uma tendência de redução das vazões mínimas, para a definição do cenário de escassez recorrente calculou-se a média das variações das vazões mínimas anuais pela $Q_{7,10}$ entre



as estações fluviométricas neste período. O resultado foi uma **redução de 68% em relação à vazão de referência** para a bacia hidrográfica do Rio Mucuri, o que, sem dúvida, é uma escassez muito significativa, com grande risco de comprometimento das demandas a serem atendidas nesses períodos.

3.2. PROJEÇÃO DE DEMANDA TENDENCIAL

A projeção de demanda tendencial para o prognóstico considera as demandas calculadas no Diagnóstico das Demandas Hídricas do PDRH e ECA, a qual avaliou demandas estimadas para os diferentes tipos de usos consuntivos em cada UHP.

A abordagem utilizada é a estimativa da evolução futura da demanda com base no conhecimento do comportamento em um período anterior, conforme as fontes de dados disponíveis, projetando para o futuro o mesmo comportamento da demanda registrado no passado recente, considerando também limites possíveis para esta evolução.

A seguir, é apresentada a projeção da demanda futura do cenário tendencial de demanda de água por UHP com base em variáveis selecionadas e considerando os usos consuntivos de abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, indústria, mineração pesca e aquicultura.

3.2.1. Abastecimento humano

Conforme o Diagnóstico (IGAM, 2021a), no item Estimativa de população e perfil dos domicílios na CH, foi estimada a população residente por UHP, a partir da distribuição da população por setor censitário, segundo o Censo Demográfico do IBGE em 2010. Para projetar o crescimento tendencial da população por UHP foi estimada a população para 2020 considerando a distribuição da população por setor censitário em 2010 proporcionalmente à estimativa de população dos municípios em 2020. Assim, foi obtida uma população estimada em 2020 para cada UHP.

Para o cenário tendencial de demanda para abastecimento humano, foi considerado como hipótese que a Taxa Geométrica de Crescimento Anual (TGCA) estimada para as UHP, conforme apresentado no Quadro 3.3, representa a tendência de evolução da população para o período de cenarização, considerando que a variação da demanda será proporcional à variação da população neste mesmo período.



Quadro 3.3 - População estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2010 a 2020).

Unidade territorial	População 2010	População 2020	TGCA 2010/2020 (% a. a.)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	43.271	45.862	0,6
UHP-2 - Rio Marambaia	40.367	42.079	0,4
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	11.034	10.920	-0,1
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	126.519	132.172	0,4
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	16.062	14.945	-0,7
UHP-6 - Rio Pampã	30.535	31.820	0,4
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	39.675	39.518	0,0
Total CH	307.462	317.316	0,3

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Demográfico (IBGE, 2010) e Estimativa da População dos Municípios (2020).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos setores censitários.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento muito reduzidas, variando de 0,6% a.a. na UHP 1 Alto Rio Mucuri a -0,7% a.a. na UHP 5 Médio-Baixo Mucuri, ou seja, projetando uma redução da população na UHP 5, assim como taxas que variam de -0,1% a.a. a 0,4% a.a. nas demais UHP.

Considerando que abastecimento humano é uma demanda prioritária, por precaução, considerou-se para fins do cenário tendencial por UHP somente taxas positivas de crescimento ou iguais a 0%. Taxas de crescimento negativas foram consideradas iguais a 0%, ou seja, foi mantida para o cenário tendencial e mesma demanda do cenário atual.

3.2.2. Dessedentação animal

O cenário tendencial de uso da água para dessedentação animal é estabelecido a partir da variação do tamanho dos rebanhos da pecuária, tendo em vista a informação disponível ser apresentada em número de cabeças por tipo de rebanho.

Como a demanda de água é diferenciada para cada tipo de rebanho, foi utilizada a referência em Bovino Equivalente por Demanda de Água (BEDA), metodologia consagrada para este tipo de cálculo. Para o cálculo do BEDA os efetivos dos rebanhos da pecuária em número de cabeças foram ajustados pelos seguintes índices: bovinos e bubalinos são somados, equinos são divididos por 1,25 (coeficiente correspondente à variação da demanda de água), suínos por 5, caprinos e ovinos (somados) por 6,25, aves por 250 e coelhos por 200 (SUDENE, 1980).

Desta forma, as variações na composição dos rebanhos e conseqüente maior ou menor uso da água por tipo de rebanho, são comparados na perspectiva da demanda efetiva para este tipo de uso, proporcionalmente ao consumo médio do rebanho bovino.

Para o estabelecimento das TGCA de projeção de dessedentação animal, há disponibilidade de informações relativamente atualizadas do Censo Agropecuário de 2017, que oferece dados por município incluindo todos os rebanhos, que permitem serem comparados com o Censo Agropecuário de 2006, oferecendo a evolução dos efetivos da pecuária para um período de 11 anos.



Assim, os rebanhos foram distribuídos proporcionalmente à área por município em cada UHP, resultando nos valores de BEDA e taxas de variação apresentadas no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 - BEDA estimado por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2006 a 2017).

UHP	BEDA 2006	BEDA 2017	TGCA 2006/2017 (% a.a.)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	103.510	91.892	-1,1
UHP-2 - Rio Marambaia	48.618	60.323	2,0
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	75.334	64.535	-1,4
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	108.908	91.166	-1,6
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	124.524	108.550	-1,2
UHP-6 - Rio Pampã	170.936	160.175	-0,6
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	99.231	97.058	-0,2

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Agropecuário (IBGE, 2017 e 2006).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos municípios por UHP.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento negativas para as UHP, exceto a UHP 2 Rio Marambaia, com taxa estimada de 2,0% a.a. Nas demais UHPs, as taxas variam de -0,2% a.a. a -1,6% a.a.

Tendo em vista o caráter prioritário da dessedentação animal, assim como para abastecimento humano, foram consideradas as taxas de crescimento positivas para o período de cenarização. As taxas de crescimento negativas, que resultariam em uma projeção de redução para o futuro, por sua vez, foram zeradas, ou seja, assumiu-se para o período de cenarização a demanda atual, não projetando sua redução nas UHP que registravam taxas negativas.

3.2.3. Irrigação

Para a projeção da evolução da irrigação foram utilizados como referência os censos agropecuários de 2006 e 2017. O Censo Agropecuário oferece informações obtidas por declaração dos estabelecimentos agropecuários entrevistados, ou seja, é uma fonte alternativa à análise de imagens de satélite, cobrindo métodos de irrigação não identificáveis por imagem, que geralmente se limita a pivôs centrais, enquanto outros métodos de aspersão, por exemplo, não são identificados. Os dois períodos com informações mais recente (2017 e 2006) permitem uma análise comparativa em um período relativamente longo (11 anos) e ao mesmo tempo recente.

As informações do Censo Agropecuário, que são por município, foram distribuídas proporcionalmente à área dos municípios em cada UHP. Contudo, diferentemente dos rebanhos, que tendem a se distribuir de forma mais homogênea no território dos municípios, a área irrigada, frequentemente de tamanho reduzido, pode apresentar distribuição mais diferenciada e específica. Além disso, mesmo se tratando de áreas reduzidas, a variação pode ser significativa em porcentual, tendo em vista a variação sobre uma base de área muito limitada.



Assim, as TGCA de projeção de irrigação foram obtidas através do cálculo da variação da área irrigada entre 2006 e 2017, considerando a distribuição da área irrigada proporcionalmente à área dos município em cada UHP, resultando nos valores e taxas de variação apresentadas no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Área irrigada (hectares) estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual (2006/2017).

Unidade territorial	Área irrigada (ha, 2006)	Área irrigada (ha, 2017)	TGCA 2006/2017 (% a. a.)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	788	1.572	6,5
UHP-2 - Rio Marambaia	230	706	10,7
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	165	622	12,8
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	731	1.632	7,6
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	36	226	18,0
UHP-6 - Rio Pampã	185	207	1,0
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	508	135	-11,3
Total CH	2.644	5.099	6,2

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Agropecuário (IBGE, 2017 e 2006).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos municípios por UHP.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento positivas e elevadas para as UHPs, exceto a UHP 7 Baixo Rio Mucuri, com taxa estimada de -11,3% a.a. Nas demais UHP as taxas variam de 1,0% a.a. a 18,0% a.a. Em 11 anos a área irrigada quase dobrou na CH, resultando em uma taxa anual de 6,2% a.a., porém, com significativas variações entre as UHP.

Tendo em vista a possibilidade de maior imprecisão nas estimativas por UHP, será adotada para a projeção da demanda de irrigação a taxa da UHP ou a taxa da CH, a que for menor para cada UHP. No caso de taxas negativas, por princípio de precaução, essa será zerada, mantendo a demanda atual como demanda tendencial. Assim, é mantida a taxa estimada da CH, com algumas variações nas UHP com taxa menor ou negativa, diluindo eventuais imprecisões nas estimativas proporcionais à área.

3.2.4. Indústria, Mineração, Pesca e Aquicultura

O uso da água para a indústria, mineração, pesca e aquicultura na CH é relativamente reduzido se comparado aos demais usos (representa menos de 2% do total das demandas) e não dispõem de variáveis específicas para a CH que permitam uma estimativa de evolução. Pontualmente e eventualmente, pode haver expansão da atividade desses setores, ou ao contrário, uma retração, por conta de empreendimentos que venham a ser implantados ou desativados. Contudo, não há indicações, para estes setores, de processos de expansão ou retração que possam ser identificados.

Soma-se à avaliação da tendência de evolução desses setores a constatação de que há pouco dinamismo populacional regional que possa estar associado a processos de expansão desses setores, corroborando a avaliação geral de que o cenário tendencial não deve variar significativamente em relação ao cenário atual.



O setor industrial na CH não conta com conglomerados de empreendimentos que apontem para um processo de expansão ou redução de suas atividades, além de apresentar vazões de demanda pouco significativas. Além disso, o setor industrial é o que apresenta, de maneira geral, maior foco em tecnologias poupadoras de recursos naturais, incluindo água. Ou seja, um eventual acréscimo de uso da água para a indústria por conta da instalação de novos empreendimentos, de maneira geral, conta com uma tendência de incorporação de tecnologias poupadoras de água, o que torna ainda mais difícil estimar um eventual crescimento ou redução da vazão captada para o setor.

Na demanda para mineração, apenas a UHP 4 Rio Todos-os-Santos registra demanda mais significativa de água para a atividade, contudo, ligada a poucos empreendimentos, também sem indicações de tendências quantificáveis de crescimento. Dois fatores podem causar alguma expansão da atividade: um aumento da demanda externa por rochas ornamentais, o que poderia causar um aumento da demanda pelo granito explorado na região; e a operacionalização eficiente da Zona de Processamento de Exportações de Teófilo Otoni⁴, que também poderia causar um aumento da demanda industrial, a partir da instalação de beneficiadoras de granito. Contudo, ambos os processos possuem um histórico de não realização efetiva na região e enfrentam como dificuldade a concorrência da mineração e indústria do beneficiamento dessas rochas já consolidada no estado do Espírito Santo. No caso da realização desses processos, as alternativas para a mitigação dos impactos, são as mesmas já apresentadas para região de Teófilo Otoni, que concentra as atividades minerárias e indústrias voltadas à mineração na bacia.

A demanda para pesca e aquicultura é, igualmente, muito reduzida na CH.

Assim, não é projetado crescimento da demanda para indústria, mineração, pesca e aquicultura, sendo mantida para o período de cenarização a demanda do cenário atual, tendo em vista a impossibilidade de estabelecer uma tendência de evolução do uso da água desses empreendimentos ao longo do horizonte de planejamento.

3.2.5. Síntese da projeção das demandas hídricas

Para projetar as vazões captadas nos anos correspondentes ao horizonte de curto, médio e longo prazos do planejamento foram utilizadas as taxas calculadas de acordo com os procedimentos descritos anteriormente, apresentadas de forma compilada no Quadro 3.6.

⁴ Criada pelo Decreto Nº 1.276, de 13 de outubro de 1994, que cria a Zona de Processamento de Exportação- ZPE de Teófilo Otoni, no Estado de Minas Gerais

Quadro 3.6 - Taxas utilizadas para a projeção de demandas do cenário tendencial por UHP.

Unidade territorial	Abastecimento humano	Indústria	Dessedentação animal	Irrigação	Mineração	Pesca e Aquicultura
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	0,6	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
UHP-2 - Rio Marambaia	0,4	0,0	2,0	6,2	0,0	0,0
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	0,4	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
UHP-6 - Rio Pampã	0,4	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaboração própria.

Com a aplicação dessas taxas à demanda se obtém os resultados por horizonte de planejamento para as UHPs, apresentado no Quadro 3.7. A demanda de água total projetada para a CH corresponde ao somatório, a cada ano do horizonte de cenarização, da demanda estimada em cada tipo de uso consuntivo considerado.

Considerando a demanda tendencial, no período entre 2021 e 2041 é projetado um crescimento total da demanda na CH de 101,7%, ou seja, a demanda dobraria em 20 anos, principalmente em função do crescimento da irrigação, que conta com taxas elevadas. Para o primeiro quinquênio, entretanto, já é projetado um crescimento na CH de 15,7%, chegando a 36,6% em 10 anos.

Quadro 3.7 - Projeção das demandas para o horizonte de planejamento por UHP.

UHP	2021 (L/s)	2026 (L/s)	2031 (L/s)	2036 (L/s)	2041 (L/s)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	418,78	506,48	623,89	781,42	993,09
UHP-2 - Rio Marambaia	281,92	350,51	441,91	564,04	727,58
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	172,28	212,94	267,88	342,08	442,33
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	958,17	1.102,82	1.294,85	1.550,79	1.893,01
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	425,97	538,81	691,24	897,16	1.175,34
UHP-6 - Rio Pampã	421,70	435,63	450,23	465,52	481,55
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	304,57	304,57	304,57	304,57	304,57
Total CH	2.983,39	3.451,76	4.074,56	4.905,59	6.017,47

Fonte: elaboração própria.

Para ilustrar a influência de cada setor na evolução das demandas da bacia, o Quadro 3.8 apresenta a participação setorial das demandas para cada período de planejamento.



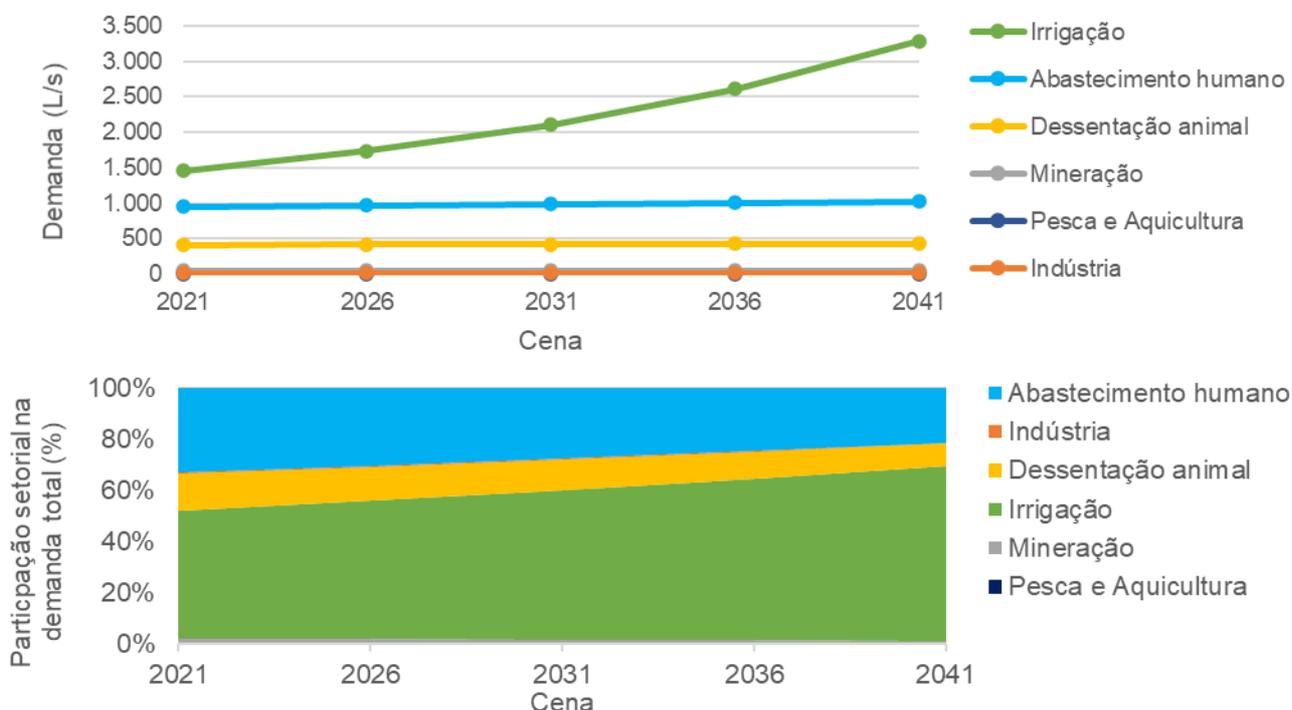
Quadro 3.8 - Projeção das demandas para o horizonte de planejamento por setor econômico.

Setor	2021 (L/s)	2026 (L/s)	2031 (L/s)	2036 (L/s)	2041 (L/s)
Abastecimento humano	954,04	970,66	987,65	1005,05	1022,85
Indústria	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52
Dessedentação animal	414,24	417,58	421,27	425,33	429,81
Irrigação	1.548,89	1.997,31	2.599,44	3.409,00	4.498,60
Mineração	46,01	46,01	46,01	46,01	46,01
Pesca e Aquicultura	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68
Total CH	2.983,39	3.451,76	4.074,56	4.905,59	6.017,47

Fonte: elaboração própria.

A Figura 3.6 apresenta a evolução das demandas no horizonte de planejamento destacando o crescimento expressivo da irrigação em volume (l/s) e relativamente ao total da demanda (%), considerando a tendência projetada a partir do crescimento registrado no período entre 2006 e 2017.

Figura 3.6 - Crescimento tendencial das demandas no horizonte de planejamento.



Fonte: elaboração própria.

3.3. PROJEÇÃO DE CARGA POLUIDORA

A projeção de cargas poluidoras toma como referência as mesmas taxas de variação da população utilizadas para a projeção da demanda do abastecimento humano, apresentadas no item 3.2.1 e sintetizadas no Quadro 3.6. Essas taxas são aplicadas sobre as cargas obtidas para a cena atual para projetar as cargas futuras.

O Diagnóstico (IGAM, 2021) se utiliza de dados consolidados pelo Atlas Esgotos, elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que tinha 2013 como ano de referência.



Contudo, o Atlas Esgotos teve parte de sua base de dados atualizada para o ano de 2019 (ANA, 2020), detalhando e consolidando informações sobre as estações de tratamento de esgotos. Visando dotar o Prognóstico da informação atualizada disponível, foram calculadas novamente as cargas para a cena atual, considerando as cargas oriundas da população urbana e rural a partir dos dados de população e da relação de carga *per capita* apresentada no Quadro 3.9. O ANEXO I, apresenta o detalhamento da atualização realizada.

Quadro 3.9 - Relação das cargas *per capita* e concentração no efluente doméstico dos parâmetros a serem simulados no modelo.

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)	
	Faixa	Adotado
DBO	40 - 60	54
Coliformes fecais (termotolerantes)*	10 ⁹ - 10 ¹²	10 ⁹
Fósforo	orgânico	0,2 – 1,0
	inorgânico	0,5 – 1,5
Nitrogênio	orgânico	2,5 – 5,0
	amoniacal	3,5 – 7,0

Fonte: adaptado de Von Sperling (2005).

* valor da carga em NMP/hab.dia

Os abatimentos e cargas remanescentes foram estabelecidos conforme a distribuição do tipos de soluções adotadas em cada município para os esgotos urbanos. No caso da existência de coleta e tratamento, levou-se em conta as eficiências características dos sistemas de tratamento presentes em cada município. No caso de solução individual (fossa), considerou-se os seguintes abatimentos: DBO com 35% de redução, fósforo e nitrogênio com 20% e coliformes com 40%. Para a população rural, considerou-se que 100% da mesma adota sistema individual de tratamento de esgotos.

O Quadro 3.10 apresenta as estimativas de carga lançada e abatimentos em relação ao cenário atual. Observa-se que as UHPs com as maiores cargas correspondem à UHP Rio Todos os Santos, Alto Rio Mucuri e Marambaia, e que as UHPs com as maiores taxas de abatimento correspondem também à UHP Rio Todos os Santos, além da UHP do Médio Baixo Mucuri.

Quadro 3.10 - Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial para a cena atual (2021).

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli.*	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Alto Rio Mucuri	1639,8	36,7	2,82E+13	290,1	33,1%	19,2%	37,9%	20,1%
Rio Marambaia	1464,5	35,0	2,48E+13	274,5	35,2%	16,5%	40,8%	18,1%
Médio Rio Mucuri	467,6	9,5	8,39E+12	75,8	18,1%	10,3%	20,7%	10,3%
Rio Todos-os-Santos	4002,3	116,8	6,23E+13	880,8	44,0%	11,8%	52,9%	16,9%
Médio-Baixo Mucuri	399,9	13,1	7,45E+12	98,8	49,8%	11,6%	49,5%	16,4%
Rio Pampã	1436,9	29,3	2,56E+13	232,3	16,0%	7,7%	19,1%	8,4%
Baixo Rio Mucuri	1803,8	36,5	3,21E+13	287,9	12,9%	4,8%	16,4%	6,2%
Total	11214,8	276,7	1,89E+14	2140,2	34,1%	12,2%	40,1%	15,1%

Fonte: elaboração própria.

* valor em NMP/dia



O Quadro 3.11 apresenta as estimativas de carga lançada e abatimentos em relação ao horizonte de longo prazo (2041). Foram adotadas as taxas de crescimento populacional por UHP (Quadro 3.6) para a projeção das cargas, admitindo também a hipótese de que eventuais aumentos seriam acompanhados por incrementos proporcionais nas taxas de tratamento, ou seja, admite-se a hipótese de que o abatimento das cargas se mantém constante ao longo do horizonte de planejamento.

Devido à pouca dinâmica populacional e a previsão de manutenção do quadro atual da situação do saneamento básico, o resultado das projeções de cargas para o Cenário Tendencial mantém semelhanças com os resultados da cena atual, onde a UHP com o maior incremento de carga lançada corresponde à UHP do Alto Rio Mucuri, onde estima-se um aumento na ordem de 12% para o parâmetro DBO. Nas demais UHPs, estima-se crescimento entre 0% e 9%.

Quadro 3.11 - Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial para a cena de longo prazo (2041).

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli.*	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Alto Rio Mucuri	1838,41	41,10	3,16E+13	325,26	33,0%	19,2%	37,9%	20,0%
Rio Marambaia	1592,29	38,02	2,69E+13	298,39	35,2%	16,5%	40,8%	18,1%
Médio Rio Mucuri	470,36	9,54	8,43E+12	76,33	18,2%	10,4%	20,8%	10,4%
Rio Todos-os-Santos	4369,19	127,57	6,81E+13	961,79	44,0%	11,7%	52,9%	16,8%
Médio-Baixo Mucuri	402,10	13,13	7,49E+12	99,35	49,9%	11,6%	49,5%	16,4%
Rio Pampã	1554,84	31,67	2,77E+13	251,47	16,1%	7,7%	19,2%	8,4%
Baixo Rio Mucuri	1803,89	36,50	3,21E+13	287,88	12,9%	4,8%	16,4%	6,2%
Total	12031,09	297,53	2,02E+14	2300,47	34,3%	12,3%	40,3%	15,2%

Fonte: elaboração própria.

* valor em NMP/dia



4. CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO

4.1. QUADRO CONCEITUAL

Como referência conceitual para orientar a construção de cenários para o PDRH, será utilizado o trabalho de Buarque (2003), que realizou um estudo para o IPEA no qual avaliou métodos e técnicas utilizados no planejamento estratégico governamental, com destaque para cenários regionais e microrregionais, em detrimento do planejamento empresarial ou para finalidades diversas, embora o arcabouço metodológico seja comum em muitos aspectos, modificando muitas vezes o enfoque ou a combinação de ferramentas. O texto a seguir resenha os aspectos mais relevantes da formulação de Buarque (2003) para os propósitos do PDRH.

A visão básica do processo de cenarização é de que as técnicas de cenários não podem eliminar incertezas nem definir a trajetória futura da realidade, mas contribuem para “delimitar os espaços possíveis de evolução da realidade” (BUARQUE, 2003), subsidiando o planejamento estratégico, que é o foco da cenarização para o PDRH.

A discussão conceitual da elaboração de cenários parte da consideração de que, sendo o futuro um sistema complexo de eventos previsíveis e imprevisíveis, “mesmo que haja um profundo conhecimento da situação atual e do passado próximo, a projeção da evolução futura dos cenários carrega imprecisão e incapacidade de apreender e dominar todos os eventos iniciais relevantes para antecipar o futuro da realidade estudada” (BUARQUE, 2003).

A imprevisibilidade dos movimentos da realidade e dos comportamentos humanos singulares, mesmo em um arcabouço teoricamente organizado, são complexas e não-lineares, com grande sensibilidade às condições iniciais. Pequenas mudanças podem, assim, gerar efeitos finais muito diferenciados, com pontos críticos de instabilidade denominados “pontos de bifurcação”, quando o sistema se ramifica em uma nova direção (BUARQUE, 2003).

Dessa forma, a cenarização se apresenta como a delimitação de um espaço de possibilidades, desenhando possíveis padrões de organização dos sistemas que buscam “delimitar as imponderabilidades futuras”. As mudanças dos sistemas tendem, portanto, a apresentar determinados padrões que decorrem do sistema de auto-organização e de autorregulação, a qual pode ser resultante de retroalimentação positiva (reforçando os elementos estruturadores do sistema) ou negativa (contrariando esses elementos) (BUARQUE, 2003).

Embora os padrões de organização tenham a tendência de se autorregularem, conformando o que seriam “crises reguladas”, que não alteram a estrutura de organização, em algumas situações tais crises podem ganhar grandes proporções e profundidade, resultando em uma “crise da regulação”,



quando as mudanças são de tal envergadura que tornam obsoletos e ineficazes os mecanismos do sistema de regulação dominante, o que demanda novo padrão de organização (BUARQUE, 2003).

Assim, mudança e continuidade (conservação) convivem nos sistemas complexos, destacando tanto o papel da inércia quanto o da transformação, estabelecendo dois extremos: “a projeção de tendências do passado, como se a estabilidade fosse permanente; e a projeção de instabilidades conjunturais ou alternativas possíveis como uma tendência de longo prazo, desconsiderando a estrutura e os fatores de continuidade” (BUARQUE, 2003). A evolução do cenário futuro, em termos lógicos, estaria entre esses dois extremos.

Esses talvez sejam os maiores desafios da construção de cenários, bem como os de todas as tentativas de antecipação de futuro, que é o de estabelecer futuros alternativos para apoiar decisões e escolhas que não neguem, mas busquem controlar a incerteza intrínseca à projeção de futuro.

Entretanto, se trabalham e convivem com a incerteza, os cenários procuram analisar e sistematizar as diversas probabilidades dos eventos e dos processos por meio da exploração dos pontos de mudança e das grandes tendências, de modo que as alternativas mais prováveis sejam antecipadas (BUARQUE, 2003).

As metodologias e as ferramentas de construção de cenários combinam análises e estudos **retrospectivos** (análise do comportamento dos sistemas não-lineares no passado próximo até o presente) buscando identificar tendências inerciais e condicionantes fortes do futuro, com abordagens **prospectivas**, de percepção e avaliação de possibilidades alternativas de evolução do futuro em relação aos condicionantes e tendências observadas retrospectivamente.

Os cenários alternativos se constroem como bifurcações, situações alternativas que quebram a trajetória tendencial por algum fator não definido pelo registro do passado recente, mas que se apresenta no presente como uma possibilidade de alteração significativa em relação a este passado recente. A exemplo da introdução de uma tecnologia revolucionária em determinado setor que torna obsoleto o parque produtivo atual, a confirmação de tendências atualmente pouco impactantes (selecionadas entre um grande número de possíveis tendências) ou mesmo a possibilidade de eventos naturais imprevistos ou situações novas em relação a um passado recente.

Assim, cenários precisam ter modelos abertos que incorporem movimentos da realidade que amadurecem com o tempo. Os cenários tendencial e alternativos se apresentam como uma situação futura possível, a qual é atingida a partir de uma trajetória, ou seja, uma explicação do caminho que vai da realidade presente aos diversos futuros cenarizados. A trajetória, portanto, descreve o provável processo de evolução da realidade em cada cenário, considerando diferentes combinações e ritmos de amadurecimento dos condicionantes e das incertezas centrais que compõem cada cenário.



Além de constituir um componente necessário para a demonstração e para a compreensão da plausibilidade da evolução apresentada nos cenários, a trajetória é importante também para a orientação dos decisores, pois ajusta o caminho a intervalos de tempo adequados ao planejamento (BUARQUE, 2003).

Definidos os tipos de cenários, a essência do trabalho de sua construção se concentra em dois momentos: a identificação das incertezas críticas e a formulação das hipóteses, tarefa para a qual é necessário um modelo teórico da realidade, obtido a partir de uma “abordagem sistêmica, em que se representa a totalidade complexa por um conjunto de variáveis centrais e se procura compreender a lógica da interação entre elas e a lógica de determinação do sistema” (BUARQUE, 2003).

Buarque (2003) afirma que as diversas metodologias de construção de cenários seguem uma sequência lógica de passos semelhantes, respondendo a cinco perguntas básicas:

- Que fatores (condicionantes) estão amadurecendo na realidade atual que indicam uma tendência de futuro?
- Quais são os condicionantes mais relevantes e os de desempenho futuro mais incerto (principais incertezas)?
- Que hipóteses parecem plausíveis para a definição de eventuais e prováveis comportamentos futuros dessas incertezas centrais?
- Como podem ser combinadas as diferentes hipóteses para as diversas incertezas consideradas relevantes?
- Que combinações de hipóteses das incertezas podem ser consideradas consistentes para a formação de um jogo coerente de hipóteses?

O processo de cenarização inicia, portanto, com a “identificação das **variáveis determinantes**, que definem o comportamento da realidade, a partir de um tratamento das relações estruturais de causa e de efeito”, seguido de um estudo do cenário atual, selecionando processos que são considerados condicionadores do futuro. O que vai determinar o desenho do futuro, entretanto, será o comportamento combinado e diferenciado das **incertezas críticas** (com maior peso das que possuem alta relevância e alta incerteza) entre si e com variáveis determinantes com elevada certeza, sobre o qual se concentram as análises de plausibilidade e consistência (BUARQUE, 2003).

Desta forma, os condicionantes de futuros devem ser classificados por seu grau de incerteza, podendo-se assumir, por exemplo, a tipologia sugerida por Porter (1989 *apud* BUARQUE, 2003) diferenciando entre elementos constantes (permanentes e conhecidos), mudanças predeterminadas (mudanças previsíveis) e mudanças incertas ou incertezas críticas.



Devido à complexidade das possíveis combinações desses condicionantes, o comportamento futuro das incertezas críticas exige a formulação de hipóteses das principais alternativas, de maneira que possam ser desenhados cenários defensáveis, plausíveis e logicamente demonstráveis, contribuindo para uma avaliação de seu grau de probabilidade de ocorrência.

A partir do marco conceitual sumarizado anteriormente, serão construídos os cenários para o PDRH e ECA, partindo do cenário atual, sobre o qual serão considerados diversos condicionantes para a estruturação dos demais cenários, definidos como Cenário Tendencial (exploratório extrapolativo do cenário atual) e Cenários Alternativos (com diferentes encaminhamentos de incertezas críticas).

Os cenários tendencial e alternativos ao longo do horizonte de planejamento foram definidos, tendo como cena atual 2021 e conforme o Termo de Referência, em curto prazo (cinco anos, correspondendo aos anos de 2022 a 2026), médio prazo (cinco anos, correspondendo aos anos de 2027 a 2031) e longo prazo (dez anos, correspondendo aos anos de 2032 a 2041), totalizando 20 anos. As cenas de apresentação dos cenários correspondem a 2021 (cenário atual), 2026 (curto prazo), 2031 e 2036 (médio prazo) e 2041 (longo prazo).

A estruturação dos cenários, conforme o marco conceitual apresentado anteriormente, considera condicionantes e incertezas que foram diagnosticadas como relevantes, abordados de forma integrada e complementar, articulando-se em cenários tendencial e alternativos possíveis de ocorrerem na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri e úteis para seu planejamento e gestão.

Na formulação desses cenários de planejamento, foram considerados diversos fatores intervenientes, obtidos através da leitura da análise integrada do diagnóstico (IGAM,2021), considerando seus graus de incerteza. Dentre esses fatores, os mais relevantes para a cenarização são:

- **Possibilidades de aceleração ou redução do crescimento econômico regional**, definidas, principalmente, pela dinâmica do setor agropecuário, atividade econômica com maior repercussão sobre a demanda de recursos hídricos;
- **Contexto socioeconômico e institucional** de inserção da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, localizada na periferia dos centros dinâmicos estaduais, contando com uma rede de municípios extensos e com baixa densidade populacional, polarizados por grandes centros regionais;
- **Variações das taxas de crescimento demográfico**, definidas pela dinâmica populacional registrada no período anterior;



- **Possibilidades de evolução da atividade irrigada**, que contou com ritmo acelerado de expansão no período anterior em diversas UHPs, porém, ainda resultando em uma área relativamente reduzida proporcionalmente à área das bacias;
- **Níveis de eficiência dos processos de gestão dos recursos hídricos**, configurando uma situação de limitações e, ao mesmo tempo, potencial de qualificação da gestão tanto de águas superficiais quanto subterrâneas;
- **Usos e ocupação dos solos**, com extensas áreas de atividade agropecuária e reduzidas áreas de proteção de remanescentes de vegetação nativa;
- **Infraestrutura hídrica e de saneamento básico** distribuída em uma malha urbana dispersa, formada principalmente por municípios com população reduzida e sedes urbanas distantes, geralmente com baixa cobertura de serviços;
- **Risco de situações de contingência climática recorrentes**, representadas por padrões de escassez (seca) com duração e intensidade condizentes com o histórico de precipitações de mais longo prazo nas bacias, resultando em períodos de maior potencial de conflito pelo uso da água e impactos negativos sobre a produção agropecuária;
- **Risco dos padrões de escassez serem intensificados** pelos processos de mudanças climáticas, com impactos negativos sobre a vazão de disponibilidade no período de cenarização;
- **Mudanças significativas de tecnologias e manejos de água**, principalmente nas atividades produtivas irrigadas que, ao mesmo tempo que permitem poupar água por unidade de área cultivada, podem pressionar a demanda de água para irrigação pela expansão da produção irrigada em detrimento dos cultivos de sequeiro;
- **Aceleração dos processos erosivos**, com impacto sobre a aptidão agrícola em locais com manejo de solo inadequado e falta de cobertura vegetal nativa, afetando a qualidade da água e aumentando o risco de assoreamento de cursos d'água;
- **Riscos de comprometimento da qualidade das águas**, ainda que de forma mais intensa pontualmente, por contaminação pelo esgoto doméstico, ou de forma mais difusa, pela atividade agropecuária e o manejo inadequado de solos.

Segundo ANA (2013) “via de regra, além do cenário tendencial, são traçados dois cenários alternativos: um crítico e outro normativo”, este último definido sumariamente como “aquele para o qual serão propostas ações”.

Neste caso, entre os fatores intervenientes nos possíveis cenários são considerados tanto as incertezas críticas resultantes do contexto mais geral de inserção das bacias, para os quais há reduzida ou nenhuma possibilidade de atuação por parte dos atores locais na definição de rumos desejados,



quanto os aspectos de gestão de recursos hídricos no âmbito local, para os quais há maior capacidade de atuação do arranjo institucional que dá suporte ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A partir dessa perspectiva, que busca mesclar incertezas críticas e condições de gestão no âmbito local, um cenário tendencial, além da projeção das condições atuais de um conjunto de variáveis críticas, considera, também, a manutenção do atual modelo e do ritmo de implementação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em relação à gestão, portanto, o cenário tendencial pressupõe a manutenção dos atuais padrões de alocação de recursos financeiros e institucionais para a bacia, assim como do ritmo de implementação dos instrumentos de gestão, além da tendência de evolução do cenário econômico e do ritmo de utilização dos recursos hídricos.

O cenário pessimista ou crítico, por sua vez, considera condições mais negativas que o cenário tendencial, relacionadas a incertezas críticas que venham a alterar o cenário tendencial e impor desafios, tanto para a atividade produtiva e qualidade de vida da população, quanto para a gestão de recursos hídricos. Trata-se da situação mais provável de impacto negativo sobre os recursos hídricos, o que pode não corresponder com a situação mais negativa para a região. Assim, em um quadro de relativa estagnação econômica, um cenário econômico regional e nacional mais negativo afeta o ambiente local, porém, com uma eventual redução da atividade produtiva, a pressão por utilização de recursos hídricos tende a diminuir. Contudo, diminui também a capacidade de investimento e os recursos potencialmente disponíveis, podendo resultar em uma desorganização ainda maior do sistema de gestão. Outra condição crítica, que resultaria em um cenário alternativo ao tendencial, é o de um período de escassez prolongada. Neste caso, independentemente do comportamento da economia em geral, a bacia, especificamente, fica exposta a uma condição de maior dificuldade para atendimento das demandas de água dos usos múltiplos, potencializando conflitos pela água e exigindo ações de gestão excepcionais e coordenadas.

Por fim, o cenário otimista, também pode estar relacionado a uma conjuntura socioeconômica geral de maior desenvolvimento, o que, por sua vez, pode pressionar por maior demanda de recursos hídricos, colocando para a gestão o desafio de buscar atender essas demandas. Contudo, este cenário também está estruturado a partir de uma visão otimista em relação ao ritmo de implementação e operação do Sistema de Recursos Hídricos na bacia, com a plena implementação das propostas de ações para a bacia. Evidentemente, o cenário ideal para a gestão seria o de grande disponibilidade de recursos financeiros e institucionais para o setor, além do aumento da capacidade de ação coordenada, com ampliação da capacidade de atuação dos entes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, resultando na melhor gestão possível. Contudo, considerando o cenário atual e o tendencial, um cenário otimista ou “normativo” factível considera os instrumentos ainda não implementados e as oportunidades de desenvolvimento e aperfeiçoamento da gestão para traçar um



cenário de busca da condição de gestão ideal. Ou seja, o cenário normativo é um cenário ao mesmo tempo otimista em relação aos objetivos e factível em relação à situação específica da bacia.

Assim, o arranjo geral dos cenários propostos para o PDRH, considerando esses condicionantes e incertezas críticas, foi definido de acordo com os seguintes cenários: Tendencial, de Escassez Recorrente (“crítico”) e de Aperfeiçoamento da Gestão (“normativo”). A possível ocorrência de situações de escassez, que se prolongadas podem gerar uma crise hídrica de maior impacto negativo, foi identificada como principal fator com risco de impactar negativamente a bacia, ao mesmo tempo que seria o cenário mais exigente para o quadro de gestão desenhado no cenário tendencial. Variações no contexto socioeconômico mais geral teriam impactos positivos e negativos sobre esses cenários, facilitando ou dificultando o avanço esperado no processo de gestão.

De acordo com o arranjo de cenários proposto, os cenários tendencial e “crítico” foram definidos tendo em vista a consolidação de duas situações de disponibilidade de água e a projeção tendencial de evolução da demanda, conforme detalhado anteriormente neste relatório:

- A disponibilidade definida pelo balanço hídrico atual que, projetada para o período de cenarização, corresponde à disponibilidade tendencial, configurando o **Cenário Tendencial**.
- A disponibilidade de escassez recorrente, representada por uma vazão de escassez moderada, permitindo avaliar o impacto de secas que ocorrem historicamente na região, correspondendo ao **Cenário de Escassez Recorrente**.

O terceiro cenário, otimista ou normativo, conta com uma construção conceitual na qual não será projetado um novo balanço hídrico, mas considerados os balanços hídricos atual e dos cenários tendencial e de escassez recorrente, promovendo uma avaliação de aspectos de gestão e possibilidades de evolução da atuação nas bacias, refletindo a percepção dos atores em relação ao potencial de desenvolvimento desejado e esperado para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Este cenário será chamado de **Aperfeiçoamento da Gestão**.

4.2. CENÁRIO TENDENCIAL

O cenário tendencial parte da premissa que os fatores socioeconômicos e culturais, bem como a eficácia da gestão de recursos hídricos não irão se diferenciar significativamente das condições atuais diagnosticadas, seguindo projeções de crescimento ou redução de demanda de água de acordo com os **padrões atuais** definidos pela trajetória de indicadores e variáveis medidas no passado recente.



A cena atual se caracteriza por um processo de relativa **estagnação da atividade agropecuária** na região. A economia regional está baseada, principalmente, em extensas áreas de pecuária, predominantemente de baixa produtividade e manejo convencional, resultando em grande sensibilidade à variação climática. Quando há períodos de maior pluviosidade, a região comporta pastagens mais produtivas e aumento dos rebanhos.

No período entre 2006 e 2017, entretanto, registrou-se uma redução significativa dos rebanhos, apontando para um cenário tendencial de retração da atividade agropecuária não irrigada, especialmente da pecuária extensiva, ou de recuperação para o patamar do início dos anos 2000, caso as condições climáticas sejam mais favoráveis no futuro próximo. Contudo, não há indicações no cenário tendencial de que a pecuária na região, assim como a agricultura de sequeiro, venha a ter expansão mais acentuada no período correspondente ao horizonte de cenarização. Com a maior parte das terras agricultáveis ocupadas, **não há disponibilidade de áreas para expansão** do modelo atual de exploração agropecuária, que conta com problemas de elevada erosão e manejo de solo inadequados, resultando em impactos sobre os recursos hídricos.

Seguindo uma tendência nacional, o cenário tendencial da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri registra expansão da área irrigada, alimentada por **tecnologias com custos mais acessíveis** para pequenos e médios agricultores. A expansão da agricultura irrigada tem sido a resposta, ao nível nacional, para dar maior regularidade à produção ou exploração de nichos de produtos que só se viabilizam comercialmente se produzidos de forma irrigada.

As elevadas taxas de crescimento da área irrigada no período de 2006 a 2017, embora apontem para uma tendência consistente de crescimento da área irrigada, se deram sobre uma base muito limitada e, mesmo no cenário atual, representam uma área relativamente reduzida na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Ou seja, a demanda de água para **irrigação tenderá a crescer** no período de cenarização, seja pela introdução de novos cultivos em um processo de efetivo crescimento da atividade, seja como forma de assegurar maior regularidade para a produção de sequeiro, reduzindo perdas devido a variações climáticas. Nesse sentido, as UHPs que abrigam a maior parte da área irrigada no cenário atual podem manter esse ritmo de crescimento, no limite da disponibilidade de água para captação, e outras UHPs poderão aumentar sua área irrigada, uma vez que não há um polo ou tipo específico de cultivo irrigado com indicação de crescimento na região.

Na interface entre atividade irrigada e pecuária, embora não se apresente de forma importante no cenário atual, há a possibilidade, dentro de um cenário tendencial, de aumento da irrigação de pastagens. Contudo, diferentemente da irrigação de grãos ou outros cultivos agrícolas, a irrigação de pastagens está associada a uma mudança tecnológica na atividade pecuária.



Os custos da irrigação de pastagens não se pagam com a pecuária extensiva tradicional, exigindo uma mudança na tecnologia pecuária para corte ou instalação de bacias leiteiras com manejos tecnológicos mais avançados, melhoria genética de rebanhos, entre outros. Embora não se identifique, atualmente, alguma UHP com um processo desse tipo mais generalizado (há iniciativas isoladas apenas), é uma variante do cenário atual que pode representar um aumento da demanda para irrigação e para a pecuária, caso a conjuntura atual de valorização das exportações de carne se mantenha para um período mais longo, incentivando o desenvolvimento tecnológico do setor na região.

No setor secundário, a atividade industrial é bastante reduzida e não há indicações que apontem para uma tendência de crescimento ou redução do nível de atividade registrado no cenário atual. Para a atividade de mineração, que já foi mais significativa na região, não se identificam tendências de alterações em relação ao cenário atual, representando juntas, apenas uma pequena parcela da demanda de água na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Caso ocorra uma expansão dessas atividades, as alternativas de intervenção para a mitigação dos impactos são as mesmas apresentadas para a situação projetada.

A Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri conta com um centro urbano de maior porte, Teófilo Otoni, que concentra atividades de serviços para atendimento da população regional, porém, sem dinamismo próprio maior e muito atrelado ao setor primário, registrados em taxas de crescimento relativamente baixas da população da capital regional. Nesse contexto socioeconômico regional, a densidade da ocupação na extensa região abrangida pela Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri é baixa, com taxas de crescimento populacional modestas ou mesmo negativas, inclusive nos centros urbanos maiores.

No cenário tendencial, portanto, assim como no âmbito nacional, irá se manter o **reduzido crescimento das áreas urbanizadas**, com a evolução demográfica apontando para taxas decrescentes de crescimento da população em função da redução da taxa de fecundidade. Na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, o reduzido dinamismo populacional aponta para uma tendência de crescimento pouco significativo e, mesmo nos centros regionais que contaram com maior atração de população na década anterior, a tendência é que se registre uma redução em seu ritmo de expansão urbana, apontando para um cenário tendencial de estabilização demográfica e, conseqüentemente, da demanda de recursos hídricos para abastecimento humano.

Do ponto de vista ambiental, o cenário tendencial projeta a manutenção do cenário atual, sem maior pressão pela conversão de áreas de vegetação nativa em lavouras e pastagens, ainda que um eventual incremento tecnológico da atividade pecuária possa pressionar para aumento da oferta de áreas de pastagens na CH, reduzindo ainda mais sua cobertura vegetal nativa.



4.3. CENÁRIO DE ESCASSEZ RECORRENTE

A Deliberação Normativa CERH/MG n° 49, de 25 de março de 2015, define situação crítica de escassez como a ocorrência de vazões médias diárias iguais ou inferiores a 100% da $Q_{7,10}$, observadas no posto fluviométrico de referência, por período mínimo de 7 dias consecutivos, além de definir critérios para a tomada de ações e restrições aos usos das águas.

A disponibilidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, utilizada no cenário tendencial, é resultante dos estudos de disponibilidade que consideraram séries históricas de vazões na região. De certa forma, portanto, a indicação de garantia de disponibilidade que a vazão de referência do cenário tendencial oferece, já contempla períodos de escassez recorrente, correspondentes aos períodos em que as vazões são menores que as de referência. A utilização da semana com menor disponibilidade de água no período de 10 anos como vazão de referência de outorga expressa a preocupação de outorgar água em níveis seguros.

Entretanto, uma das principais incertezas críticas do cenário tendencial consiste nos potenciais efeitos da alteração dos regimes de vazão, especialmente em períodos de seca, nos quais a garantia de água para os usos múltiplos pode ser afetada. É justamente nesses períodos de maior escassez que a captação de água para irrigação é mais demandada, o que pode envolver conflitos de uso da água com usos prioritários, como abastecimento humano e dessedentação animal.

Em um contexto mais amplo de gestão, a consideração de um cenário de escassez recorrente se justifica porque é precisamente nesses períodos que **os instrumentos de gestão de recursos hídricos são mais exigidos**. O principal instrumento regulador do uso da água nas bacias hidrográficas brasileiras é a outorga, definindo, no que concerne à outorga de retirada, a quantidade de água que pode ser captada para os diversos usos existentes nas bacias.

Entretanto, em um período de escassez, a redução da precipitação causa prejuízos para a atividade produtiva, a maioria delas não envolvendo a outorga, e põe em risco o abastecimento humano, especialmente em mananciais de pequeno porte, mais sujeitos a secarem ou reduzirem drasticamente sua disponibilidade. Nesta situação, a suspensão ou cancelamento de outras outorgas geralmente não surtem efeito para aumentar a disponibilidade nesses pontos de captação, por exemplo.

Assim, o cenário de contingência desenhado por um período de escassez, mesmo que moderado, não é adequadamente contemplado no cenário tendencial, no sentido de que representa um período específico com recorrência previsível, que gera situações negativas específicas para os usos da água que são feitos na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Embora, em termos médios, a recorrência de períodos de escassez tenha duração de dois a quatro anos, deve ser considerado,



também, o risco desses períodos se prolongarem, gerando um efeito negativo que pressiona a disponibilidade de água e a condição socioeconômica em geral.

O principal componente de um cenário de contingência mais severa é a ocorrência de um **período prolongado de escassez hídrica**, suficiente para desencadear uma crise hídrica que ameace a continuidade da produção agrícola, aumente significativamente a necessidade de água para irrigação e comprometa usos prioritários previstos na legislação, seja para a manutenção do abastecimento de água para a população, seja para a manutenção dos rebanhos, com evidentes prejuízos à qualidade de vida da população e o comprometimento de atividades produtivas com perdas econômicas e sociais de grande monta.

Nesses períodos, a simples revisão ou suspensão de outorgas, embora possa contribuir para que a situação não se agrave, pode não ser suficiente para mitigar eventuais impactos negativos. O enfrentamento de eventuais crises hídricas apenas quando esta já esteja instaurada, limita o alcance de uma gestão de contingência que se antecipe à crise e promova ações de autorregulação e de gestão preventiva, que podem envolver a aceleração de investimentos, a adoção de medidas de restrição e economia de água, a priorização do atendimento de populações mais vulneráveis, entre outras medidas.

Nesse aspecto, o Cenário de Escassez Recorrente considera os impactos negativos da seca, conforme descritos anteriormente, enquanto o cenário de aperfeiçoamento da gestão, em contrapartida, prevê ações mitigadoras e uma resposta mais consistente à situação de crise.

Para efeitos do Cenário de Escassez Recorrente, portanto, tomando como base o estudo de disponibilidade de escassez recorrente apresentado anteriormente, é **adotada uma vazão 68% menor** que a da disponibilidade tendencial no momento mais acentuado de escassez. Esta disponibilidade de escassez é confrontada à demanda tendencial projetada para o cenário tendencial, resultando na avaliação de eventuais déficits hídricos, conforme a condição de disponibilidade e demanda de cada UHP. Dessa forma, este cenário busca reproduzir uma **situação temporária de escassez** e refletir o eventual déficit hídrico incremental ao cenário tendencial que esse período de escassez possa representar, fazendo com que os elementos já apresentados no cenário tendencial sejam avaliados sob a perspectiva de uma eventual crise hídrica que possa resultar de uma situação desse tipo.

Do ponto de vista da atividade produtiva primária, evidentemente, a atividade irrigada e a agropecuária de sequeiro são muito impactadas, com pressão para obtenção de **fontes de abastecimento alternativas**, sejam elas superficiais ou subterrâneas.

Além do eventual impacto negativo na atividade produtiva primária, o abastecimento humano, que complementa as fontes de subsistência de uma parcela importante da população rural, assim



como os sistemas de abastecimento das populações urbanas, podem ser afetados negativamente, podendo colocar em risco os usos prioritários, tanto para abastecimento humano, quanto para dessedentação animal.

Considerando que a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri conta com reduzido dinamismo populacional e econômico, a tendência é que, em períodos de escassez, a falta de dinamismo seja acentuada, agravando problemas sociais ao mesmo tempo em que reduz os recursos disponíveis no âmbito local para promover ações que alterem positivamente esse cenário.

4.4. CENÁRIO DE APERFEIÇOAMENTO DA GESTÃO

O cenário de Aperfeiçoamento da Gestão, ou normativo, foca sobre as dificuldades e oportunidades para promover ações que alterem positivamente a situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Aspecto destacado desse cenário é a plena implementação dos **instrumentos de gestão**, especialmente no que concerne à implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a associada instituição do ente previsto no arranjo institucional, que é a Agência de Bacia, ou entidade equiparada às funções de Agência de Bacia, além do enquadramento dos corpos hídricos.

O sistema de gerenciamento de recursos hídricos prevê um conjunto de instrumentos e um arranjo institucional próprio para o atendimento de seus objetivos. Assim, sem a plena implementação de todos os instrumentos e entes previstos na Política de Recursos Hídricos, as possibilidades de aperfeiçoamento da gestão são limitadas. Em uma condição ideal, portanto, o cenário normativo já deveria contar, no cenário atual, com a plena implementação dos instrumentos e entes da Política de Recursos Hídricos, dispondo dos pré-requisitos para, a partir daí, aperfeiçoar a gestão. Contudo, para o cenário de Aperfeiçoamento da Gestão, é previsto, durante o horizonte de planejamento, o processo de implementação dos instrumentos e entes atualmente faltantes, considerados como condição possível para a evolução da gestão no período de planejamento.

Complementa este cenário de aperfeiçoamento da gestão, o aumento da integração entre o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Política de Meio Ambiente. Embora a água seja um dos fatores fundamentais da sustentabilidade ambiental, o meio ambiente e os recursos hídricos são gerenciados por políticas específicas e possuem entes e sistemas de gerenciamento específicos, os quais contam com diversas interfaces que precisam atuar de forma integrada para que seja assegurada a produção de água necessária para prover o sistema natural das condições de resiliência que garantam a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos em particular, e ambientais de maneira geral, a longo prazo.



No cenário de aperfeiçoamento da gestão, portanto, concomitantemente com as ações necessárias para a plena implementação dos instrumentos e entes da Política de Recursos Hídricos, estará se desenvolvendo o esforço de integração entre a política de recursos hídricos e a política ambiental, **aperfeiçoando as interfaces entre licenciamento ambiental e outorga e enquadramento de corpos hídricos**, permitindo a integração entre a fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente, bem como fortalecendo ambos sistemas de gestão para o enfrentamento de eventuais crises hídricas e conflitos relacionados com os usos múltiplos da água e dos recursos naturais de maneira geral.

Exemplos de temas de grande relevância simultaneamente para os sistemas de recursos hídricos e de meio ambiente, é o manejo adequado de solos com vistas à prevenção de processos erosivos, proteção de APPs, de nascentes e áreas de recarga de aquíferos, tendo em vista a conservação e preservação de serviços ecossistêmicos fundamentais para as atividades produtivas e qualidade de vida da população. Neste caso, por exemplo, além das políticas de recursos hídricos e de meio ambiente, é necessário integrar as políticas agrícolas e os incentivos à adoção de tecnologias mais amigáveis com o meio ambiente, ampliando o leque de atores institucionais envolvidos e, conseqüentemente, do espectro de articulação e intervenção.

Neste cenário de aperfeiçoamento da gestão, ao final do período de cenarização, todos os instrumentos de gestão de recursos hídricos já estariam instituídos e a solução institucional a ser dada a Agência de Bacia já estaria definida e instituída. Concomitantemente, seria registrado significativo avanço na integração entre as políticas de recursos hídricos e de meio ambiente, bem como com outros setores chave, principalmente os ligados à produção agropecuária, registrando maior protagonismo na atuação do Comitê de Bacia na condução eficiente desses processos.



5. BALANÇO HÍDRICO

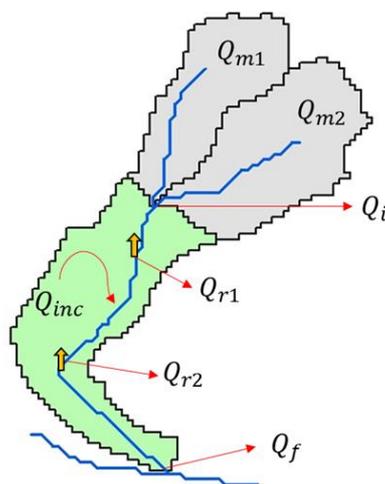
A partir das disponibilidades e demandas projetadas e considerando os cenários que comportam a avaliação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, são realizados os balanços hídricos para os cenários Tendencial e de Escassez Recorrente, considerando as metodologias e resultados descritos a seguir.

5.1. BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO

O balanço foi realizado com o auxílio do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools (KAYSER; COLLISCHONN, 2013), cujo resultado é expresso através do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente (Q_f) em cada trecho de rio.

O esquema de balanço hídrico consiste na contabilização dos pontos de captação inseridos no sistema, calculando-se a vazão remanescente e os possíveis déficits de não atendimento, caso a vazão remanescente atinja um nível inferior a um patamar mínimo. O modelo opera em modo permanente, através de valores únicos de vazão por ottobacia, representada pela vazão de referência definida para o Estado de Minas Gerais ($Q_{7,10}$). A Figura 5.1 apresenta um esquema do modelo de balanço hídrico, seguida da descrição das variáveis utilizadas, todas com unidade de vazão em m^3/s .

Figura 5.1 - Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools.



Fonte: Kayser; Collischonn (2013).

Onde:

- $Q_{m1}, Q_{m2}, \dots, Q_{mn}$ = vazões remanescentes das ottobacias de montante;
- Q_i = vazão inicial da ottobacia;
- Q_{inc} = vazão incremental da ottobacia;



- $Q_{r1}, Q_{r2}, \dots, Q_{rn}$ = pontos de retirada localizados em qualquer local no interior da ottobacia;
- Q_f = vazão remanescente final da ottobacia;

O primeiro passo da simulação é o cálculo da vazão inicial da ottobacia, dada pelo somatório das saídas das ottobacias de montante para as ottobacias de demais ordens, de acordo com a equação:

$$Q_i = Q_{m1} + Q_{m2} \quad 11.1$$

Sendo Q_{m1} e Q_{m2} as vazões das ottobacias a montante. Em seguida, calcula-se a vazão incremental da ottobacia (Q_{inc}), obtida a partir da vazão de referência $Q_{7,10}$.

$$Q_{inc} = Q_{7,10} - Q_{inat} \quad 11.2$$

Onde Q_{inat} é a vazão inicial da ottobacia, desconsiderando as retiradas de montante. A vazão final remanescente da ottobacia (Q_f) será calculada de acordo com a seguinte relação, onde Q_{ret} representa o somatório das retiradas de água localizadas na ottobacia:

$$Q_f = Q_i + Q_{inc} - Q_{ret}, se Q_f \geq 0 \quad 11.3$$

Por fim, são calculados os déficits de não atendimento para os casos em que a vazão remanescente atinge o patamar da vazão ambiental, de acordo com a relação:

$$Q_{def} = 0, se Q_f \geq 0 \quad 11.4$$

$$Q_{def} = Q_{ret} - Q_i - Q_{inc}, se Q_f = 0$$

O resultado do módulo do balanço hídrico é expresso através do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente (Q_f) em cada trecho de rio. O índice é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$ICH = \frac{Q_{ref} - Q_f}{Q_{ref}} \quad 11.5$$

Os valores do Índice de Comprometimento Hídrico são expressos em classes indicando o nível de comprometimento de cada trecho de rio. Estas classes foram estabelecidas considerando a que se baseia na Portaria IGAM Nº 48/2019, no qual foi definido o limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado como sendo de 50% da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, portanto, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50%



da Q_{7,10}. Dessa forma, ficou estabelecido o patamar de 50% como o limite de classes em conformidade com a resolução (Quadro 5.1). As classes em tons laranja e vermelho representam as condições de comprometimento acima do limite outorgável, de acordo com a resolução SEMAD-IGAM.

Quadro 5.1 - Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados.

Legenda	ICH	Definição
	0,0 % - 1,0%	Classe em conformidade (insignificante)
	1,1% - 10,0%	Classe em conformidade (baixo)
	10,1 % - 30%	Classe em conformidade (médio)
	30,1% - 50,0%	Classe em conformidade (máximo)
	50,1% - 70,0%	Classe em não conformidade (médio)
	70,1% - 99,0%	Classe em não conformidade (crítico)
	99,1% - 100,0%	Classe em não conformidade (total)

Fonte: elaboração própria.

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados do balanço hídrico considerando os cenários Tendencial e de Escassez Recorrente. Os resultados são expressos através dos valores de comprometimento hídrico resultante nos exutórios ou pontos de entrega de cada UHP, além do déficit hídrico estimado em cada unidade, apresentados também em mapas com a distribuição do comprometimento hídrico ao longo das otobacias. O horizonte de planejamento simulado inclui as cenas atual (2021), curto prazo (2026), médio prazo (2031 e 2036) e longo prazo (2041).

5.1.1. Cenário Tendencial

Considerando os pontos de entrega de cada Unidade de Planejamento, o Quadro 5.2 apresenta os resultados do balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial. Em geral, não são verificados aumentos expressivos no comprometimento, com a tendência de manutenção da classe entre 10 e 30% para a maioria das cenas avaliadas. A UHP do Rio Todos-os-Santos é a unidade que projetou aumento mais expressivo no comprometimento da disponibilidade, resultando em não conformidade no horizonte de longo prazo (acima de 50% da vazão de referência). A UHP do Alto Rio Mucuri também apresenta aumento significativo no comprometimento hídrico (75% em relação ao cenário atual). Este aumento ocorre especialmente em função do aumento da demanda para irrigação, onde é projetada uma taxa anual de crescimento de 6,2% para este setor em quase todas as UHPs da CH.

Quadro 5.2 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial

UHP	Corpo hídrico	Balanço hídrico (%)				
		2021	2026	2031	2036	2041
UHP do Alto Rio Mucuri	Rio Mucuri	18,85	21,79	25,24	28,85	33,07
UHP do Rio Marambaia	Rio Marambaia	9,29	10,28	11,54	13,03	14,70
UHP do Médio Rio Mucuri	Rio Mucuri	15,11	17,06	19,36	21,81	24,70
UHP do Rio Todos-os-Santos	Rio Todos os Santos	33,64	36,84	40,69	45,46	51,29
UHP do Médio-Baixo Mucuri	Rio Mucuri	19,57	21,79	24,48	27,42	30,60
UHP do Rio Pampã	Rio Pampã	19,26	19,82	20,41	20,99	21,59
UHP do Baixo Rio Mucuri	Rio Mucuri	22,60	24,27	26,29	28,48	30,84

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 5.3 a seguir apresenta os déficits hídricos de cada UHP considerando as cenas de cenário tendencial, quantificados em relação ao próprio déficit e considerando o percentual em relação à demanda total. Os déficits ocorrem quando o saldo hídrico é igual ou superior a 100%, havendo a conversão da demanda atendida para um déficit não atendido. Em toda a CH, observa-se um aumento de 0,60 m³/s não atendidos na cena atual para 2,10 m³/s no horizonte de longo prazo, representando um aumento de 250%. Em vermelho, estão assinaladas cenas com déficits superiores a 50% da demanda projetada, correspondendo às UHPs do Médio-Baixo Mucuri, Rio de Todos os Santos e Médio Rio Mucuri.

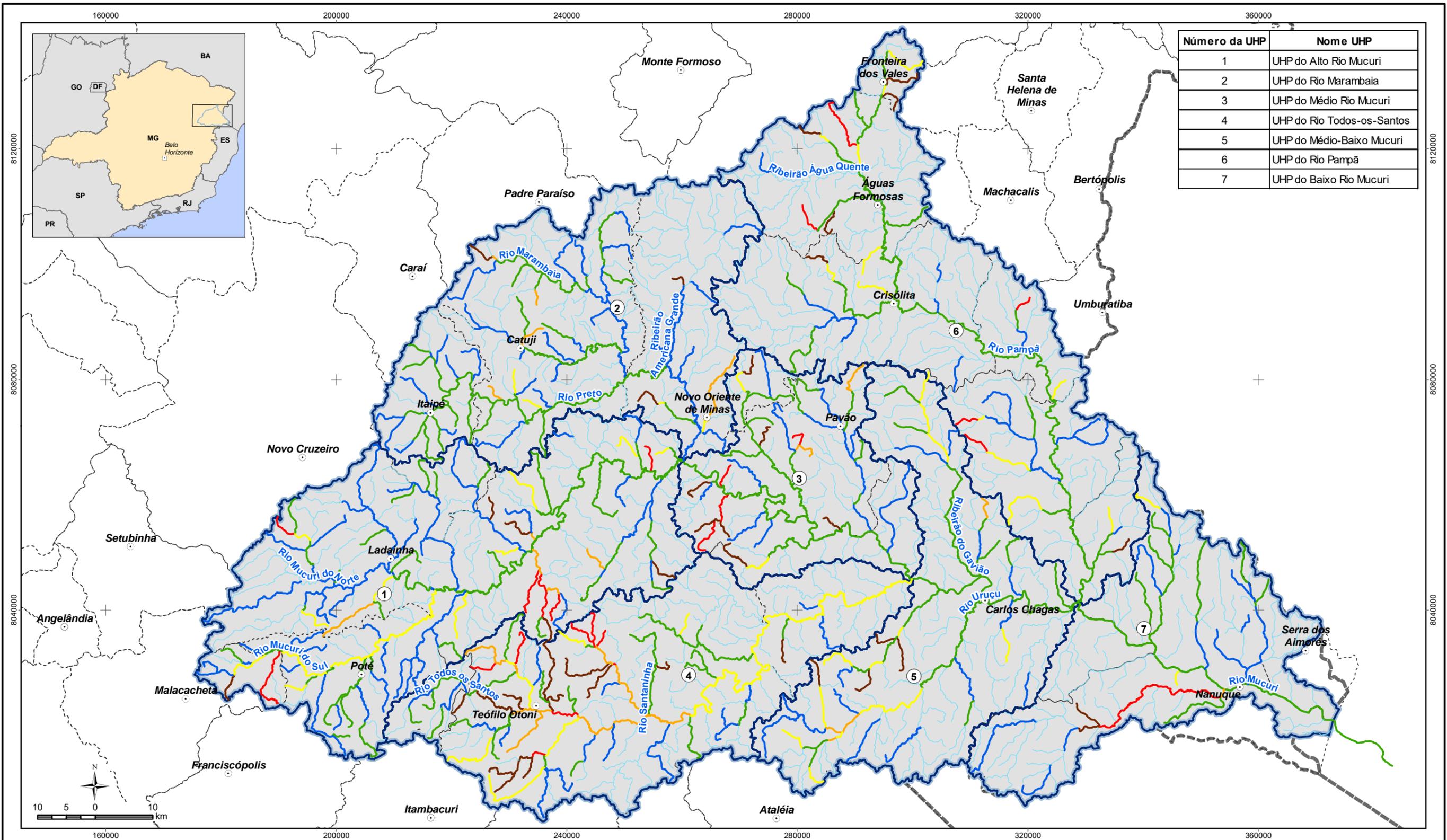
Quadro 5.3 - Déficit hídricos e proporção das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada para cada UHP no cenário tendencial.

UHP	Demanda não atendida (m ³ /s)					Percentual (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
UHP do Alto Rio Mucuri	0,03	0,06	0,11	0,19	0,32	7,6%	11,8%	17,0%	24,3%	31,7%
UHP do Rio Marambaia	0,04	0,05	0,08	0,12	0,17	18,7%	24,2%	30,1%	35,6%	41,9%
UHP do Médio Rio Mucuri	0,04	0,07	0,11	0,17	0,26	21,5%	31,5%	41,4%	50,9%	58,8%
UHP do Rio Todos-os-Santos	0,36	0,43	0,53	0,68	0,87	40,2%	42,4%	45,2%	48,2%	51,6%
UHP do Médio-Baixo Mucuri	0,08	0,12	0,18	0,27	0,42	28,6%	35,1%	41,0%	48,6%	58,8%
UHP do Rio Pampã	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	5,2%	5,7%	6,0%	6,4%	7,1%
UHP do Baixo Rio Mucuri	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Total	0,60	0,79	1,07	1,49	2,10	20,6%	24,2%	28,4%	33,7%	39,9%

Fonte: elaboração própria.

O Mapa 5.1 e o Mapa 5.2 apresentam a distribuição dos resultados do balanço hídrico em cada ottotrecho da CH, considerando, respectivamente, a cena atual e a cena de longo prazo (2041) no cenário tendencial. Os ottotrechos com maior comprometimento concentram-se nos trechos de cabeceira da UHP do Rio Todos-os-Santos, como no Córrego Santana e no Rio Todos os Santos nos segmentos a jusante de Teófilo Otoni. Na UHP do Alto Rio Mucuri, o Ribeirão Mestre Campos apresenta um dos comprometimentos mais elevados, considerando trechos com mais de 100 km² de área de drenagem, juntamente com o Rio Urucunzinho na UHP do Médio-Baixo Mucuri e o Ribeirão das Pedras na UHP do Baixo Rio Mucuri.





Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampã
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
 - ⬮ Limite UHPs
 - ⬮ CH do Rio Mucuri
 - ⬮ Limite Municipal
 - ⬮ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
Cenário Tendencial: Ano-base 2021
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
 - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
 - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
 - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
 - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
 - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
 - 100.00 (comp. total)



PROGNÓSTICO

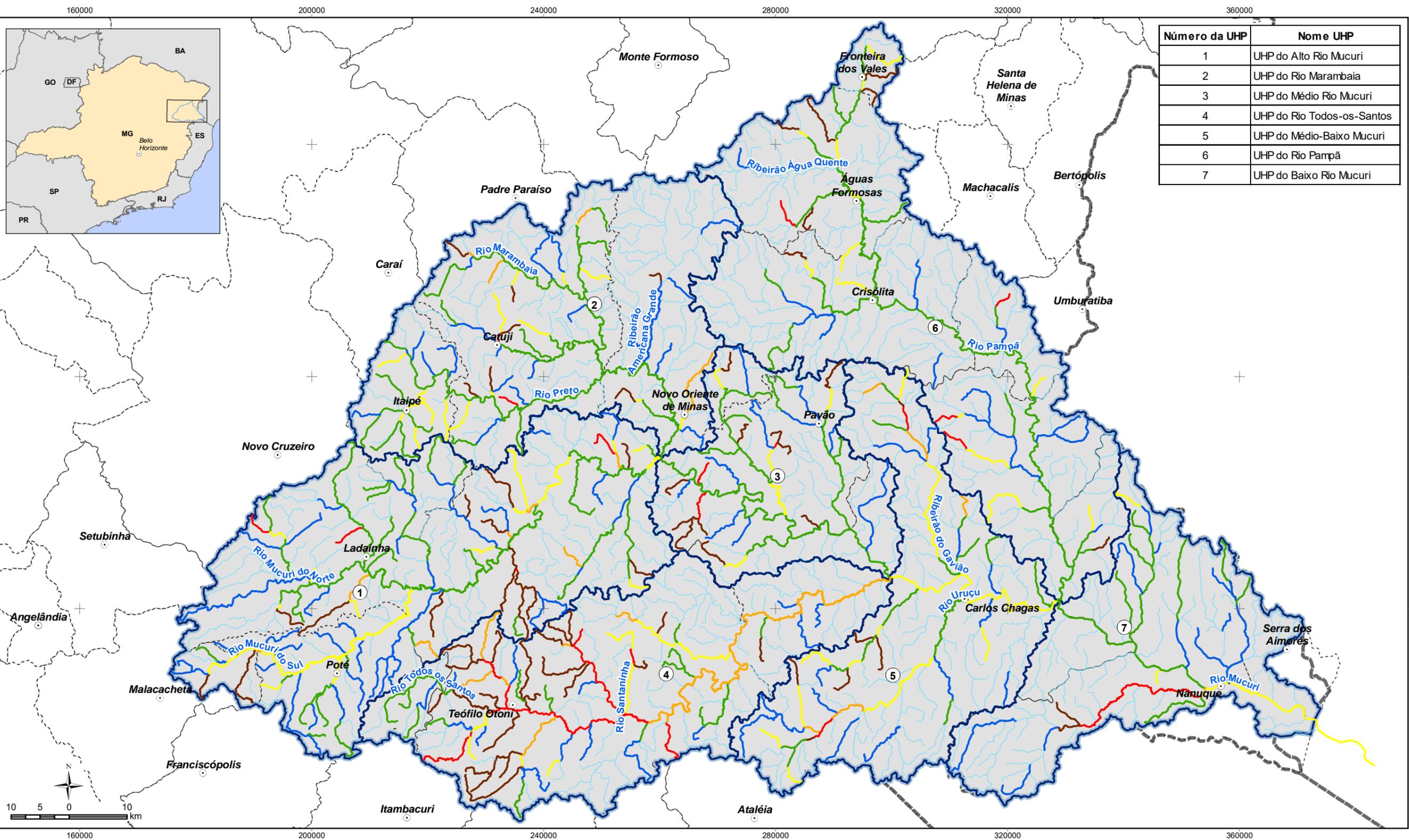
PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI



Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 24S
 Escala: 1:650.000

Mapa 5.1 – Balanco hídrico no Cenário Tendencial: Ano-base 2021

Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2015
 - Limite municipal: IDE-SISEMA
 - Hidrografia: ANA, 2017
 - Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010
 - Limite das UHPs: Profilh, 2018
 - Balanco Hídrico: Profilh, 2021



Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampã
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ⊞ Limite UHPs ⊞ CH do Rio Mucuri ⊞ Limite Municipal ⊞ Limite Estadual 	<p>Balanco hídrico (%) Cenário Tendencial: Cena de longo prazo 2041</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.00 - 1.00 (comp. insignificante) 1.01 - 10.00 (comp. baixo) 10.01 - 30.00 (limite comp. individual) 30.01 - 50.00 (comp. médio) 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo) 70.01 - 99.00 (comp. crítico) 100.00 (comp. total)
--	---




PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 24S
Escala: 1:650.000

Mapa 5.2 – Balanco hídrico no Cenário Tendencial: Cena de longo prazo 2041

Fonte de dados:
- Sede municipal: IBGE, 2015
- Limite municipal: IDE-SISEMA
- Hidrografia: ANA, 2017
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010
- Limite das UHPs: Profill, 2018
- Balanco Hídrico: Profill, 2021

5.1.2. Cenário de Escassez Recorrente

O balanço hídrico do Cenário de Escassez Recorrente, conforme comentado anteriormente, é elaborado a partir da demanda tendencial projetada (a mesma utilizada no cenário tendencial), porém, com uma vazão de referência 68% menor que o cenário tendencial, o que leva a serem esperados balanços hídricos mais críticos.

Para efeitos do balanço hídrico, a redução na vazão de referência foi aplicada para todas as cenas. Contudo, evidentemente, não se trata de uma redução da vazão de referência para todo o período, mas da expectativa de que, em função dos períodos de recorrência registrados no histórico da bacia, em **pelo menos uma das cenas** a vazão de referência venha a ser a do Cenário de Escassez Recorrente e não a do cenário tendencial. Assim, caso ocorra uma seca a curto, médio ou longo prazo, é possível avaliar seu potencial efeito considerando a demanda projetada para o cenário tendencial.

O Quadro 5.4 apresenta os resultados do balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do Cenário de Escassez Recorrente. Neste cenário há um aumento considerável no comprometimento hídrico em relação ao cenário tendencial, sendo a faixa entre 50% e 70% a classe de comprometimento predominante nos pontos de entrega das UHPs. As unidades com comprometimentos hídricos mais críticos correspondem à UHP do Rio Todos-os-Santos e à UHP do Alto Rio Mucuri, onde o balanço é acima de 70% no longo prazo (2041). Em comparação com o cenário tendencial, há um aumento médio em torno de 115% no comprometimento, sendo o maior aumento verificado na UHP do Rio Pampã (173%).

Quadro 5.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP no Cenário de Escassez Recorrente.

UHP	Corpo hídrico	Balanço hídrico (%)				
		2021	2026	2031	2036	2041
UHP do Alto Rio Mucuri	Rio Mucuri	46,62	51,54	57,89	65,20	73,01
UHP do Rio Marambaia	Rio Marambaia	22,56	24,76	27,38	30,16	32,32
UHP do Médio Rio Mucuri	Rio Mucuri	35,69	39,18	43,63	48,78	54,13
UHP do Rio Todos-os-Santos	Rio Todos os Santos	62,90	68,12	73,82	78,51	84,83
UHP do Médio-Baixo Mucuri	Rio Mucuri	41,65	45,10	49,30	53,77	58,83
UHP do Rio Pampã	Rio Pampã	52,02	53,64	55,32	57,07	58,91
UHP do Baixo Rio Mucuri	Rio Mucuri	50,84	53,60	56,90	60,40	64,33

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 5.5 apresenta os déficits hídricos de cada UHP considerando todas as cenas do Cenário de Escassez Recorrente, quantificados em relação ao volume do déficit (m^3/s) e considerando o percentual em relação à demanda total, ou seja, o quanto representam relativamente à demanda total projetada. Os déficits também apresentam um aumento considerável, saltando de 20,6% de déficit total no cenário tendencial para 42,8% no Cenário de Escassez Recorrente para a cena atual. Para o longo prazo, o déficit total passa 39,9% para 59,9%, ou 1,05 m^3/s de aumento. Em vermelho, estão



assinaladas as cenas com déficits superiores a 50% da demanda, que são registradas em todas UHP, com exceção da UHP do Rio Pampã e da UHP do Baixo Rio Mucuri.

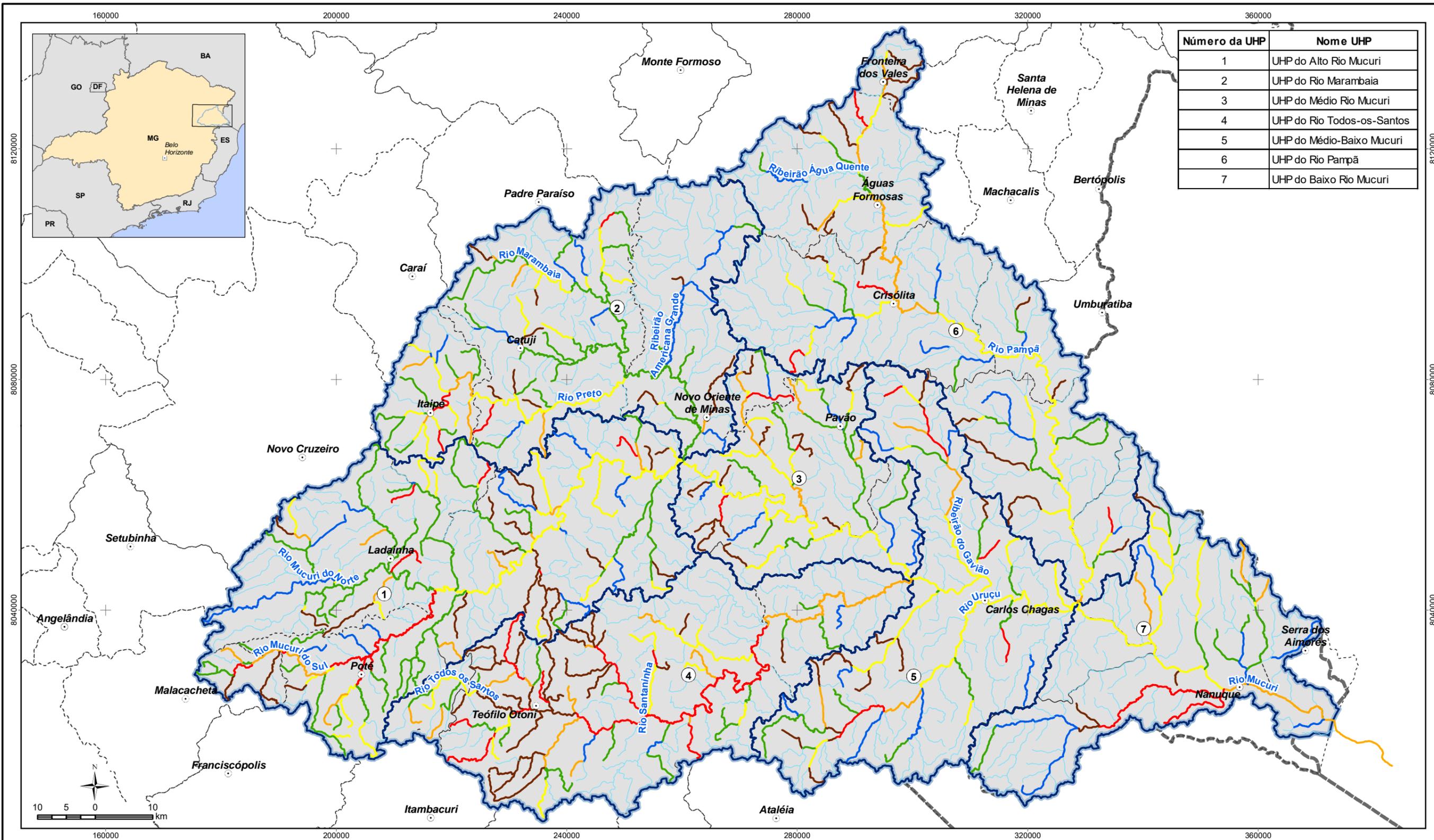
Quadro 5.5 - Déficits hídricos e proporção das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada para cada UHP no Cenário de Escassez Recorrente.

UHP	Demanda não atendida (m³/s)					Percentual (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
UHP do Alto Rio Mucuri	0,11	0,17	0,24	0,35	0,51	26,9%	33,2%	39,1%	45,2%	51,8%
UHP do Rio Marambaia	0,07	0,09	0,13	0,17	0,24	36,7%	41,7%	46,7%	52,2%	59,0%
UHP do Médio Rio Mucuri	0,09	0,12	0,17	0,23	0,32	50,6%	57,2%	63,0%	67,8%	72,0%
UHP do Rio Todos-os-Santos	0,58	0,67	0,81	1,00	1,26	64,2%	65,9%	68,2%	71,4%	74,4%
UHP do Médio-Baixo Mucuri	0,15	0,21	0,30	0,41	0,56	53,4%	61,0%	67,6%	73,3%	78,1%
UHP do Rio Pampã	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	18,1%	18,3%	18,5%	18,6%	18,8%
UHP do Baixo Rio Mucuri	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	32,8%	32,8%	32,8%	32,8%	32,9%
Total	1,25	1,52	1,90	2,43	3,15	42,8%	46,4%	50,4%	55,0%	59,9%

Fonte: elaboração própria.

O Mapa 5.3 e o Mapa 5.4 apresentam a distribuição dos resultados do balanço hídrico em cada ottotrecho da CH, considerando respectivamente a cena atual (2021) e a cena de longo prazo (2041) no Cenário de Escassez Recorrente. Neste cenário, observa-se a predominância da classe entre 30% e 50% de comprometimento hídrico nos trechos de maior área de drenagem para a cena atual, alterando-se para uma predominância da classe entre 50% e 70% no horizonte de longo prazo. Verifica-se também um aumento expressivo ao longo de todo o Rio Todos os Santos, mantendo-se na classe entre 70% e 99% de comprometimento hídrico na maioria de seu curso no longo prazo.





Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampã
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
 - ⊞ Limite UHPs
 - ⊞ CH do Rio Mucuri
 - ⊞ Limite Municipal
 - ⊞ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
Cenário de Escassez Recorrente: Ano-base 2021
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
 - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
 - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
 - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
 - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
 - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
 - 100.00 (comp. total)



PROGNÓSTICO

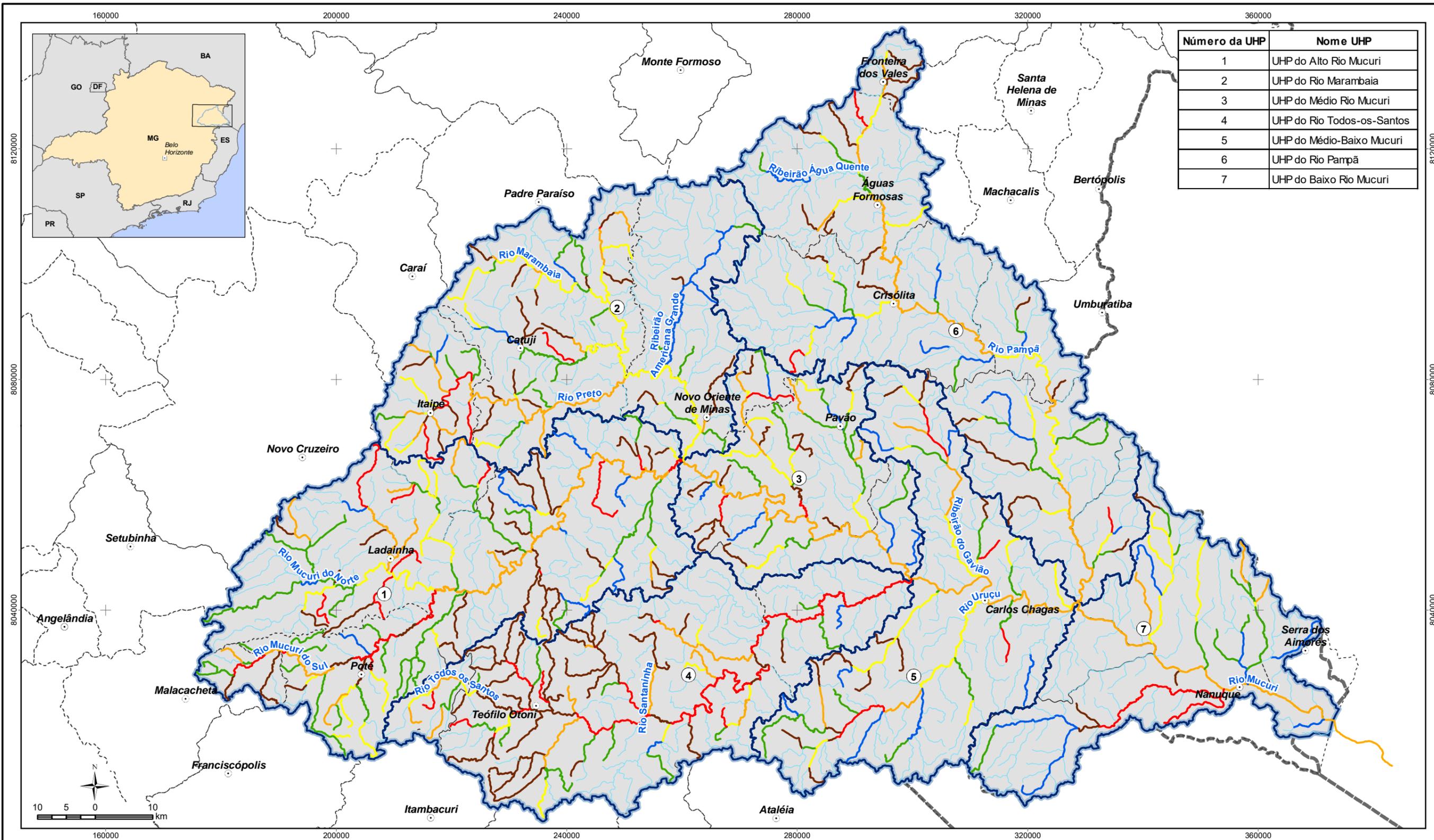
PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI



Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 24S
 Escala: 1:650.000

Mapa 5.3 – Balanço hídrico no Cenário de Escassez Recorrente: Ano-base 2021

Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2015
 - Limite municipal: IDE-SISEMA
 - Hidrografia: ANA, 2017
 - Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010
 - Limite das UHPs: Profil, 2018
 - Balanço Hídrico: Profil, 2021



Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampã
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
- ⬭ Limite UHPs
- ⬭ CH do Rio Mucuri
- ⬭ Limite Municipal
- ⬭ Limite Estadual

Balanco hídrico (%)
Cenário de Escassez Recorrente: Cena de longo prazo 2041

- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
- 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
- 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
- 30.01 - 50.00 (comp. médio)
- 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
- 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
- 100.00 (comp. total)




PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 24S
 Escala: 1:650.000

Mapa 5.4 – Balanço hídrico no Cenário de Escassez Recorrente: Cena de longo prazo 2041

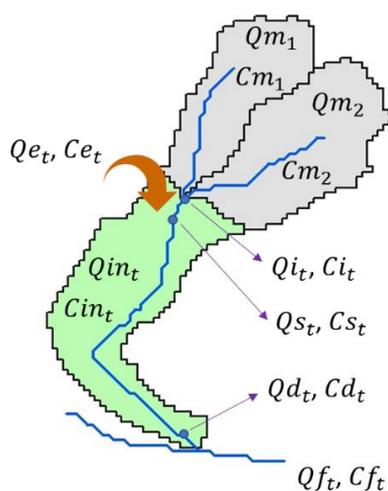
Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2015
 - Limite municipal: IDE-SISEMA
 - Hidrografia: ANA, 2017
 - Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010
 - Limite das UHPs: Profill, 2018
 - Balanço Hídrico: Profill, 2021

5.2. BALANÇO HÍDRICO QUALITATIVO

5.2.1. Metodologia

O balanço hídrico qualitativo estabelecido conforme os cenários de planejamento foi realizado a partir da modelagem de qualidade da água dos trechos de rio utilizando o modelo WARM-GIS (KAYSER; COLLISCHONN, 2013). O processo de modelagem corresponde na adoção de soluções analíticas em regime permanente, utilizando modelos de transporte advectivo com reações cinéticas simplificadas. As equações utilizadas são apresentadas em Sperling (2007), todas em sua forma analítica de resolução. Na Figura 5.2 são apresentadas as principais variáveis no processo de diluição e transformação dos constituintes de qualidade, sendo descritas logo a seguir.

Figura 5.2 - Esquema da representação das principais variáveis de simulação de qualidade por ottobacia.



Sendo:

- Q_{m_j} e C_{m_j} : vazão e concentração final do trecho j a montante do trecho t;
- Q_{i_t} e C_{i_t} : vazão e concentração inicial do trecho t;
- Q_{e_t} e C_{e_t} : vazão e concentração (ou somatório) das cargas pontuais existentes em qualquer ponto da microbacia correspondente ao trecho t;
- Q_{s_t} e C_{s_t} : vazão e concentração de mistura após a entrada das cargas pontuais no trecho t;
- Q_{d_t} e C_{d_t} : vazão e concentração após os processos de transformação dos constituintes ao longo do trecho t;
- Q_{d_t} e C_{d_t} : vazão e concentração incremental do trecho t, correspondendo à entrada das cargas difusas;
- Q_{f_t} e C_{f_t} : vazão e concentração final do trecho t, após a inserção da vazão e concentração incremental.



A seguir, será apresentada uma descrição de cada etapa do processo de diluição e transformação dos constituintes considerados no modelo proposto:

- **Verificação das condições iniciais:**

Para os trechos de ordem 1, as vazões e concentrações no início do trecho serão dados de entrada do modelo. Para os trechos de ordem superior, essas variáveis serão dadas utilizando as saídas dos trechos de montante, somando as vazões e misturando as respectivas concentrações.

- **Mistura da carga pontual no trecho de rio:**

Nesta etapa é feita a diluição do efluente pontual no curso principal do rio. Para efeito de simplificação, considera-se que o ponto de lançamento esteja localizado imediatamente no ponto inicial do trecho, logo após a confluência dos trechos de montante, ainda que o ponto esteja localizado em qualquer outra região da microbacia correspondente ao trecho. Também se considera aí o somatório dos lançamentos e a diluição das concentrações, caso existam mais um ponto de lançamento por microbacia.

- **Transformação dos constituintes ao longo do trecho:**

Nesta etapa são consideradas as transformações devido aos processos de decomposição, sedimentação, além de outras transformações dos constituintes simulados. As equações partem do esquema clássico de Streeter-Phelps, agregando-se, porém, outras variáveis, como a sedimentação da matéria orgânica, além da consideração dos elementos fosfatados e nitrogenados e também da modelagem dos coliformes termotolerantes. As equações estão descritas para cada parâmetro, sendo apresentadas a seguir

$$Cd_{t,DBO} = Cs_{t,DBO} \cdot e^{-((K_d+K_s) \cdot T)} \quad (1)$$

$$Cd_{t,OD} = C_{OD_s} - \left((C_{OD_s} - Cs_{t,OD}) \cdot e^{-(K_a \cdot T)} + \left(\frac{K_d \cdot Cs_{t,DBO}}{K_a - K_r} \right) \cdot (e^{-(K_r \cdot T)} - e^{-(K_a \cdot T)}) \right) \quad (2)$$

$$Cd_{t,PO} = Cs_{t,PO} \cdot e^{-((K_{oi}+K_{spo}) \cdot T)} \quad (3)$$

$$Cd_{t,PI} = Cs_{t,PI} \cdot e^{-(K_{spi} \cdot T)} + \left(\frac{K_{oi} \cdot Cs_{t,PO}}{K_{spi} - K_{oi}} \right) \cdot (e^{-(K_{oi} \cdot T)} - e^{-(K_{spi} \cdot T)}) \quad (4)$$

$$Cd_{t,Coli} = Cs_{t,Coli} \cdot e^{-(K_{col} \cdot T)} \quad (5)$$

Sendo $Cd_{t,DBO}$ a concentração resultante da DBO, $Cd_{t,OD}$ do oxigênio dissolvido, $Cd_{t,PO}$, do fósforo orgânico, $Cd_{t,PI}$, do fósforo inorgânico, e $Cd_{t,Coli}$, dos coliformes. A descrição dos demais parâmetros é listada no Quadro 5.6.



Quadro 5.6 - Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo.

Parâmetro	Descrição	Obtenção
T	Tempo de percurso no trecho	razão entre a velocidade e o comprimento do trecho
K_d	Coeficiente de decomposição	parâmetro calibrado
K_s	Coeficiente de sedimentação	razão entre a veloc. de sedimentação da mat. orgânica (V_{smo}) e a profundidade
K_r	Coeficiente de remoção	$K_d + K_s$
K_a	Coeficiente de reaeração	parâmetro calibrado
C_{OD_s}	Oxigênio dissolvido de saturação	Eq. em função da temperatura (Popel, 1979)
K_{oi}	Coeficiente de transformação do fósforo orgânico para inorgânico	parâmetro calibrado
K_{spo}	Coeficiente de sedimentação do fósforo orgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo orgânico (V_{spo}) e a profundidade
K_{spi}	Coeficiente de sedimentação do fósforo inorgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo inorgânico (V_{spi}) e a profundidade
K_{col}	Coeficiente de decaimento dos coliformes termotolerantes	parâmetro calibrado

Fonte: elaboração própria, com base em Kayser, Collischonn (2013) e Sperling (2007).

- **Vazão e concentração final do trecho:**

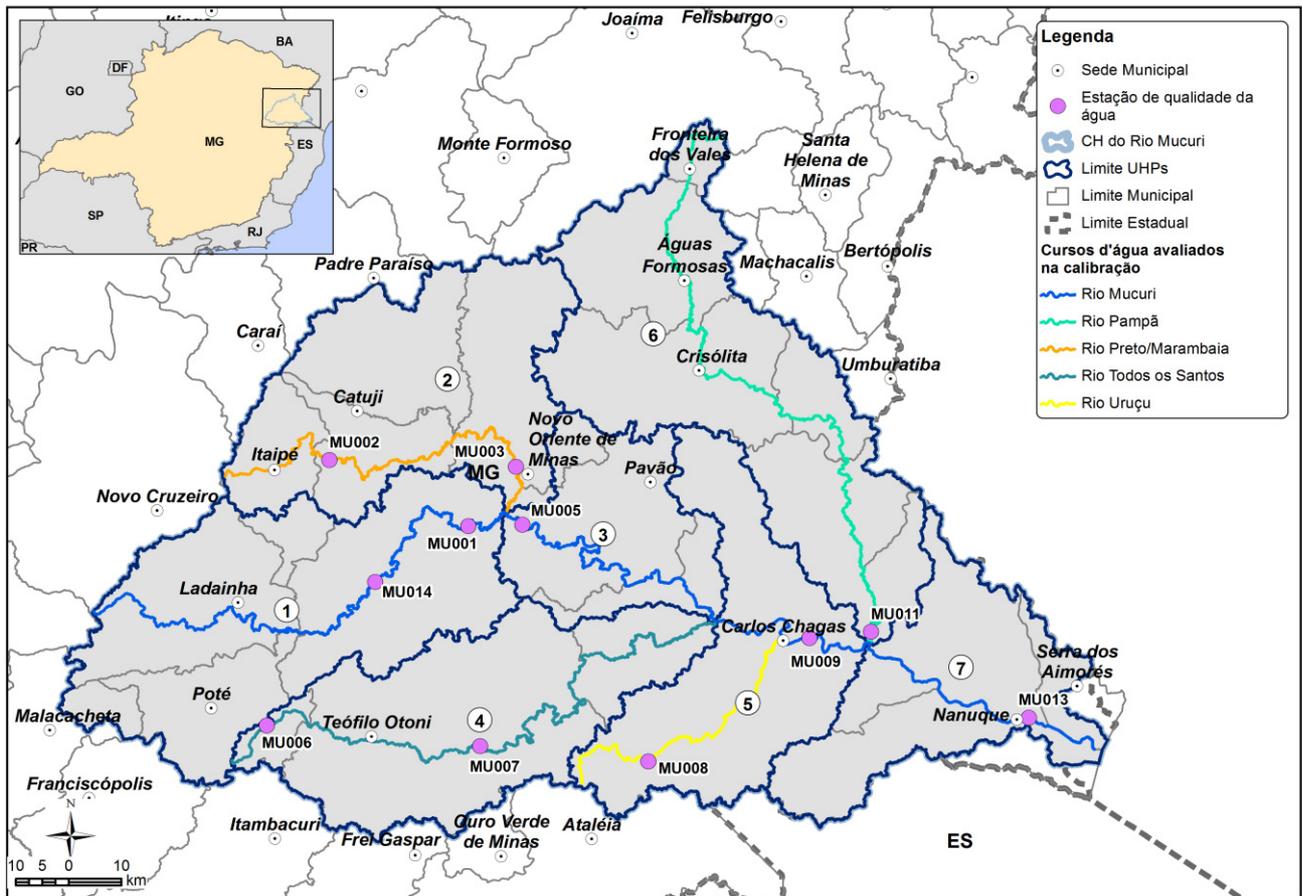
A vazão e concentração final do trecho se dará pela soma e diluição da carga incremental com as vazões e concentrações provenientes do processo de transformação dos constituintes ao longo do trecho.

5.2.2. Calibração do modelo

O modelo foi calibrado utilizando as estimativas de cargas do cenário atual, além dos dados de monitoramento da qualidade da água obtidos da rede de monitoramento do IGAM. Foram selecionados os dados correspondentes ao período seco (entre os meses de abril a setembro) de toda a série histórica disponível, de forma a representar de forma razoável o cenário de disponibilidade hídrica adotado, referente à Q7,10. Foram identificados todos os cursos de água com disponibilidade de monitoramento e a partir deles foram definidos gráficos representando perfis longitudinais de concentração. Nesses gráficos são plotadas as concentrações resultantes da modelagem, além dos dados de monitoramento, identificados em relação ao valor máximo, mínimo e aos quantis intermediários, os quais foram obtidos a partir da série histórica avaliada. No processo de calibração, é realizado um ajuste manual dos parâmetros de decaimento, e considerando todas as incertezas envolvidas no processo, considera-se um ajuste razoável aquele em que a linha de concentração estimada se mantém dentro dos limites mínimos e máximos dos valores de concentração observada. A Figura 5.3 apresenta os cursos de água utilizados na calibração do modelo e em seguida são apresentados os perfis de concentração simulados para cada curso d'água.



Figura 5.3 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água.



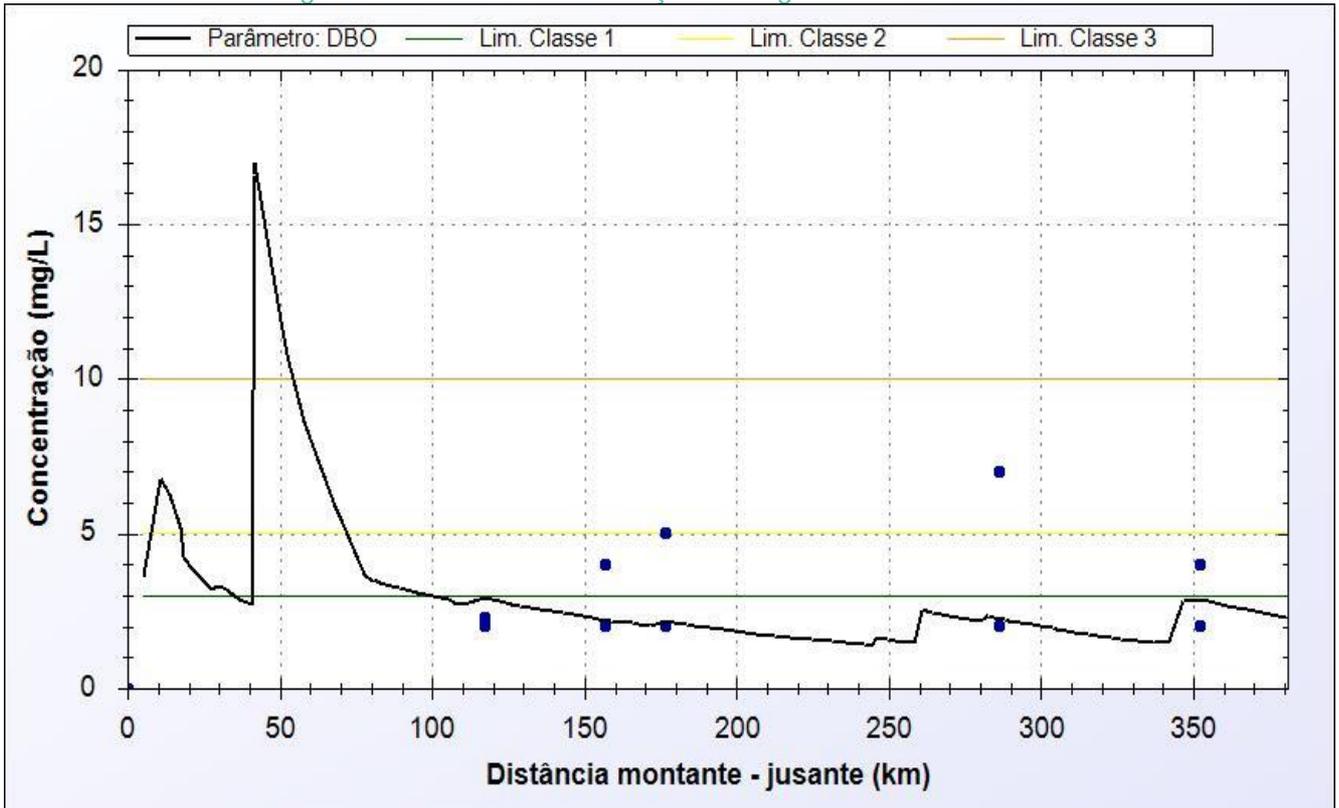
Fonte: elaboração própria.

5.2.2.1. Perfis de concentração no Rio Mucuri

O perfil correspondente ao curso principal do rio Mucuri dispõe de cinco estações de monitoramento ao longo do seu percurso. A partir da Figura 5.4 até a Figura 5.10 são apresentados os perfis de concentração para sete parâmetros avaliados, onde é possível verificar um pico de concentração no início do trecho devido à entrada dos efluentes do município de Ladainha, havendo decaimento e diluição em seguida e ajustando-se aos dados observados existentes a jusante. O parâmetro coliformes possui maior sensibilidade ao aporte de cargas, sendo possível verificar incrementos na concentração na altura das sedes municipais de Carlos Chagas e Nanuque, correspondendo de forma razoável aos valores observados.

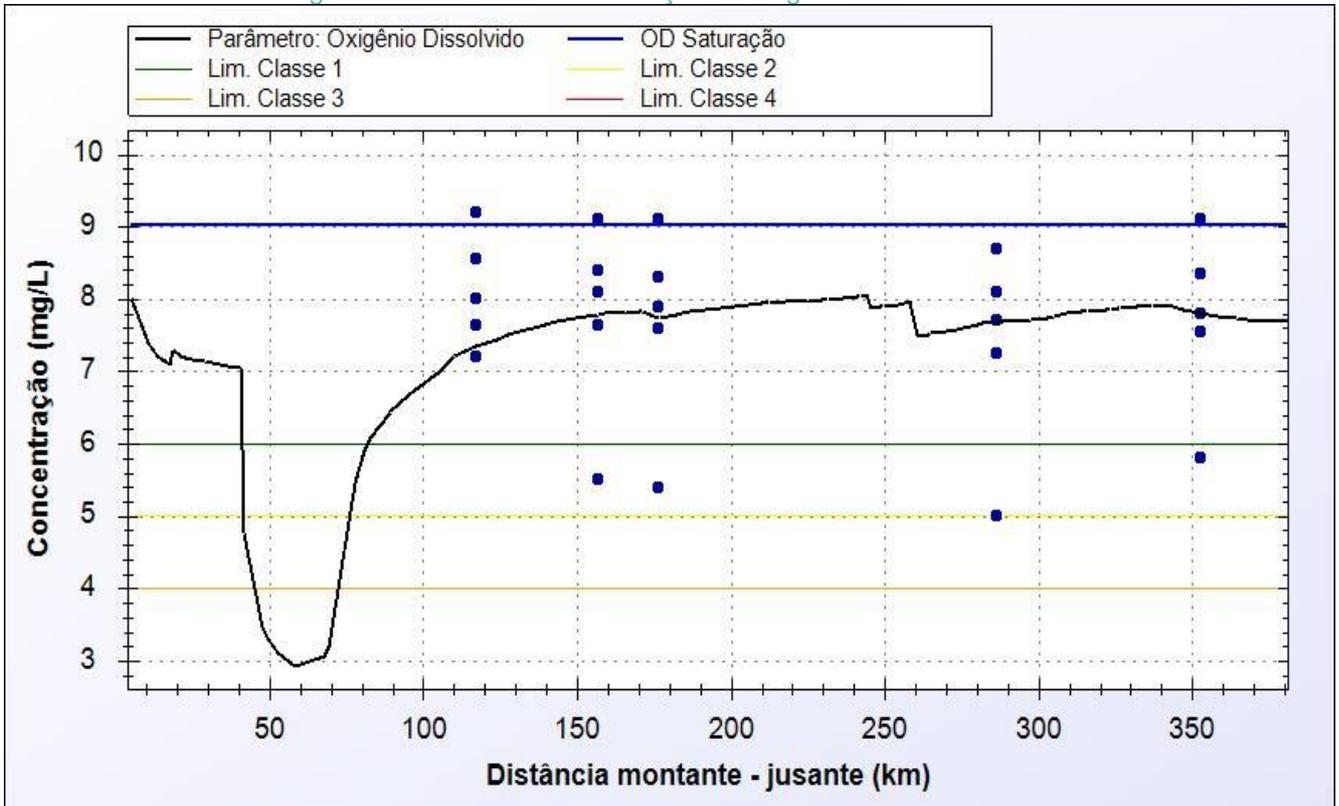


Figura 5.4 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

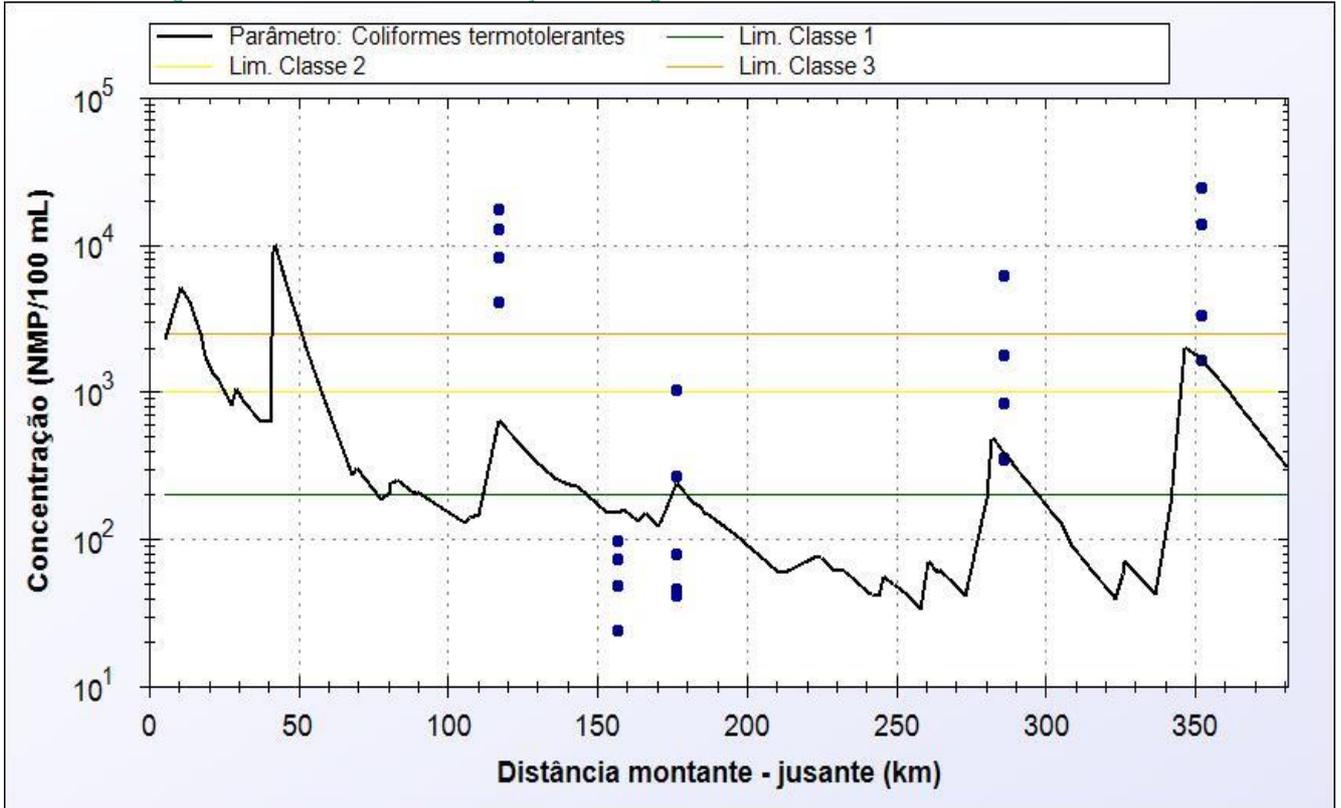
Figura 5.5 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: OD.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

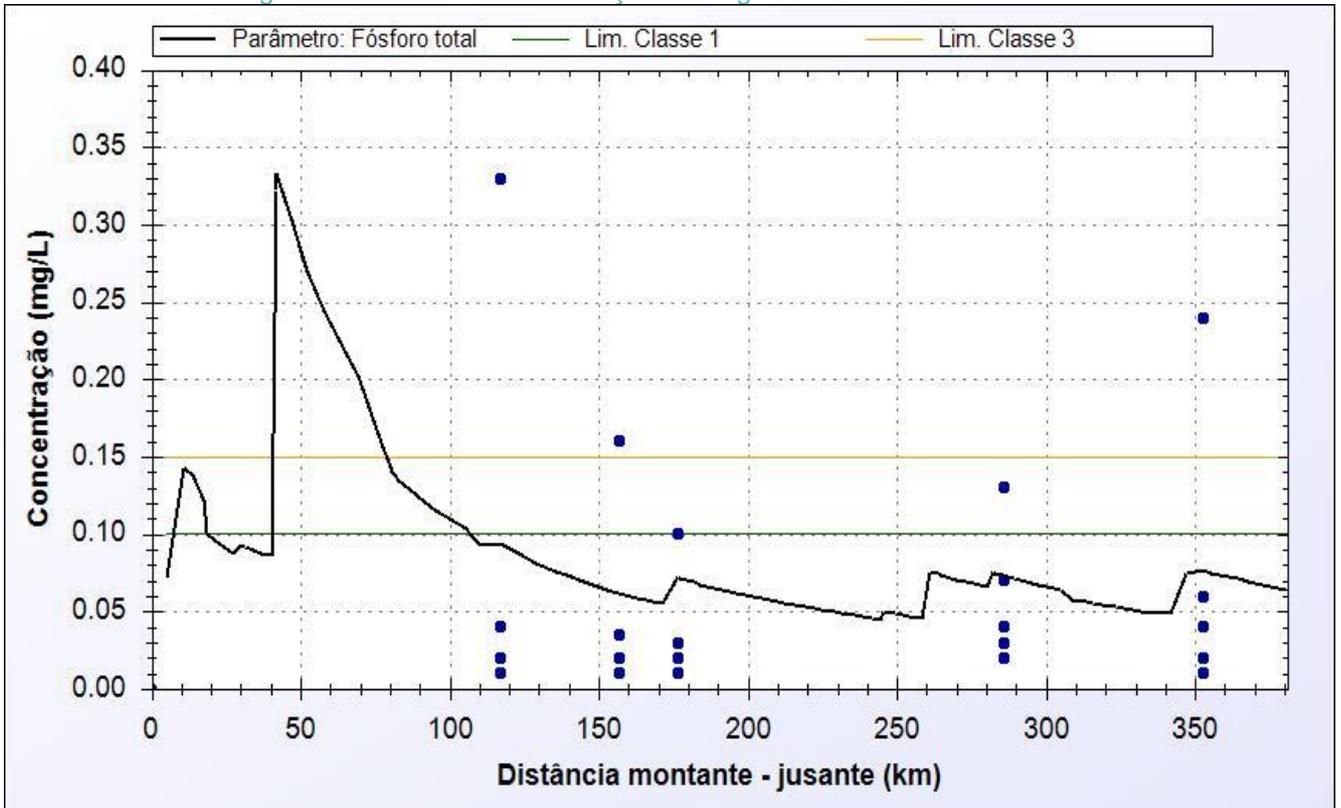


Figura 5.6 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: coliformes termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

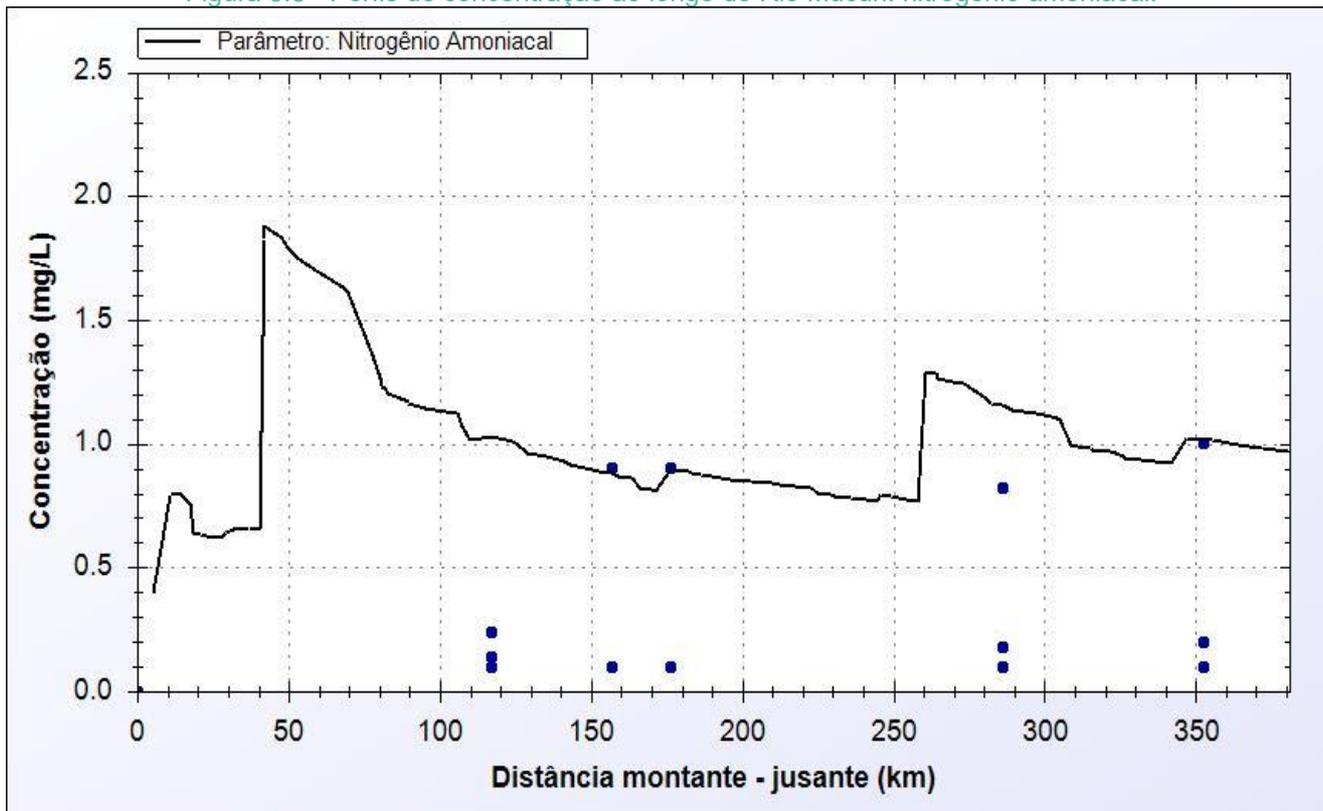
Figura 5.7 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: fósforo total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

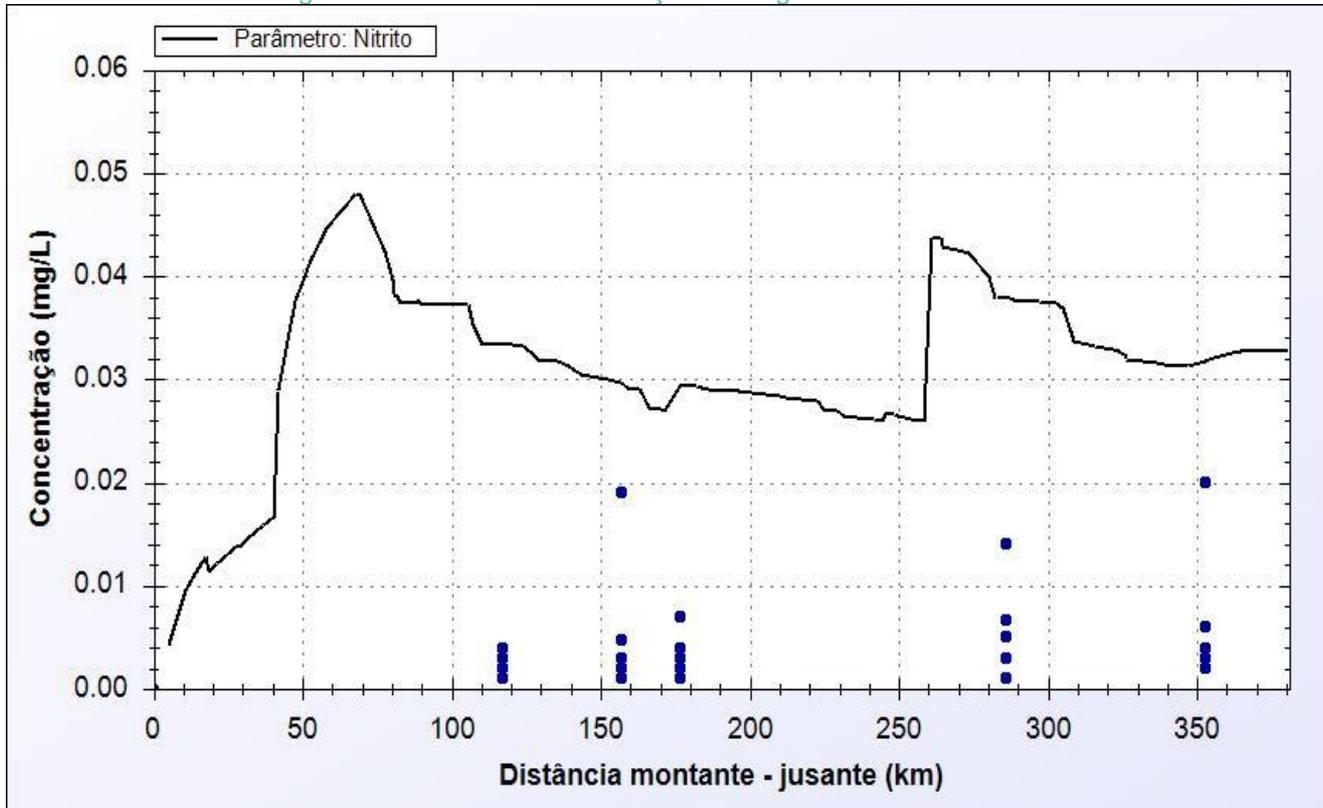


Figura 5.8 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrogênio amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

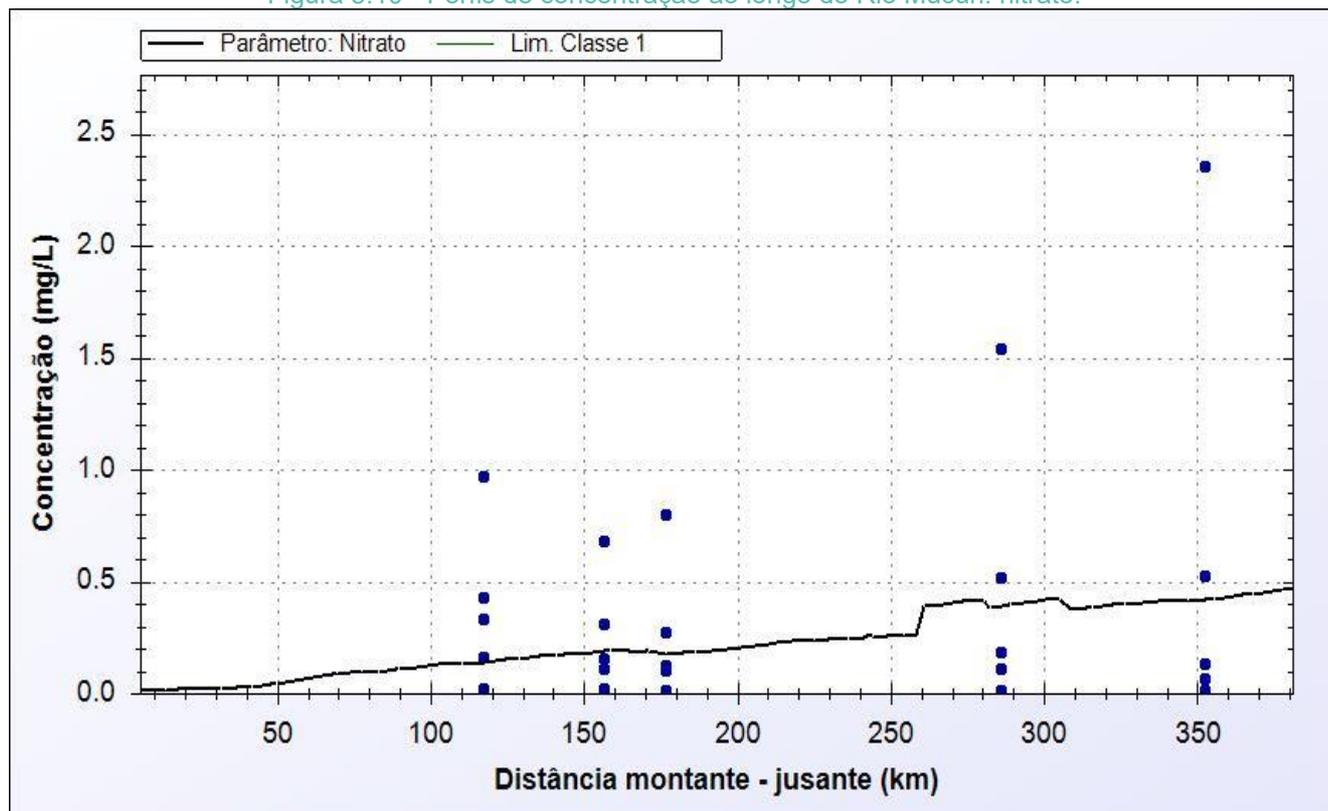
Figura 5.9 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.



Figura 5.10 - Perfis de concentração ao longo do Rio Mucuri: nitrato.



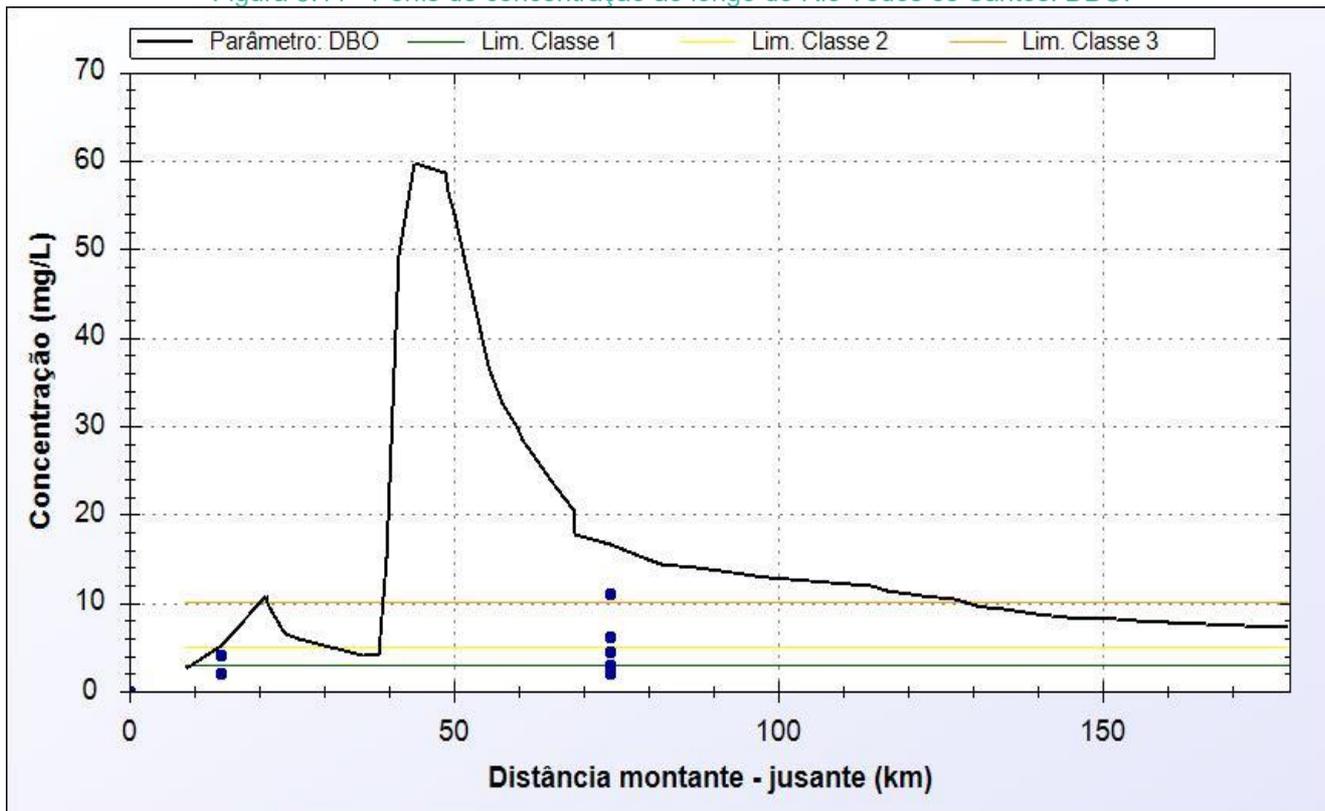
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

5.2.2.2. Perfis de concentração no Rio Todos os Santos

O perfil correspondente ao rio Todos os Santos dispõe de duas estações de monitoramento ao longo do seu percurso. A partir da Figura 5.11 até a Figura 5.17 são apresentados os perfis de concentração para sete parâmetros avaliados, onde observa-se um aumento expressivo das concentrações em virtude da entrada dos efluentes oriundos do município de Teófilo Otoni. A estação MU007 reflete as condições verificadas a jusante da sede municipal, onde é possível observar a ocorrência de diluição e decaimento na altura do posto, havendo superestimativa em parâmetros como DBO e fósforo total.

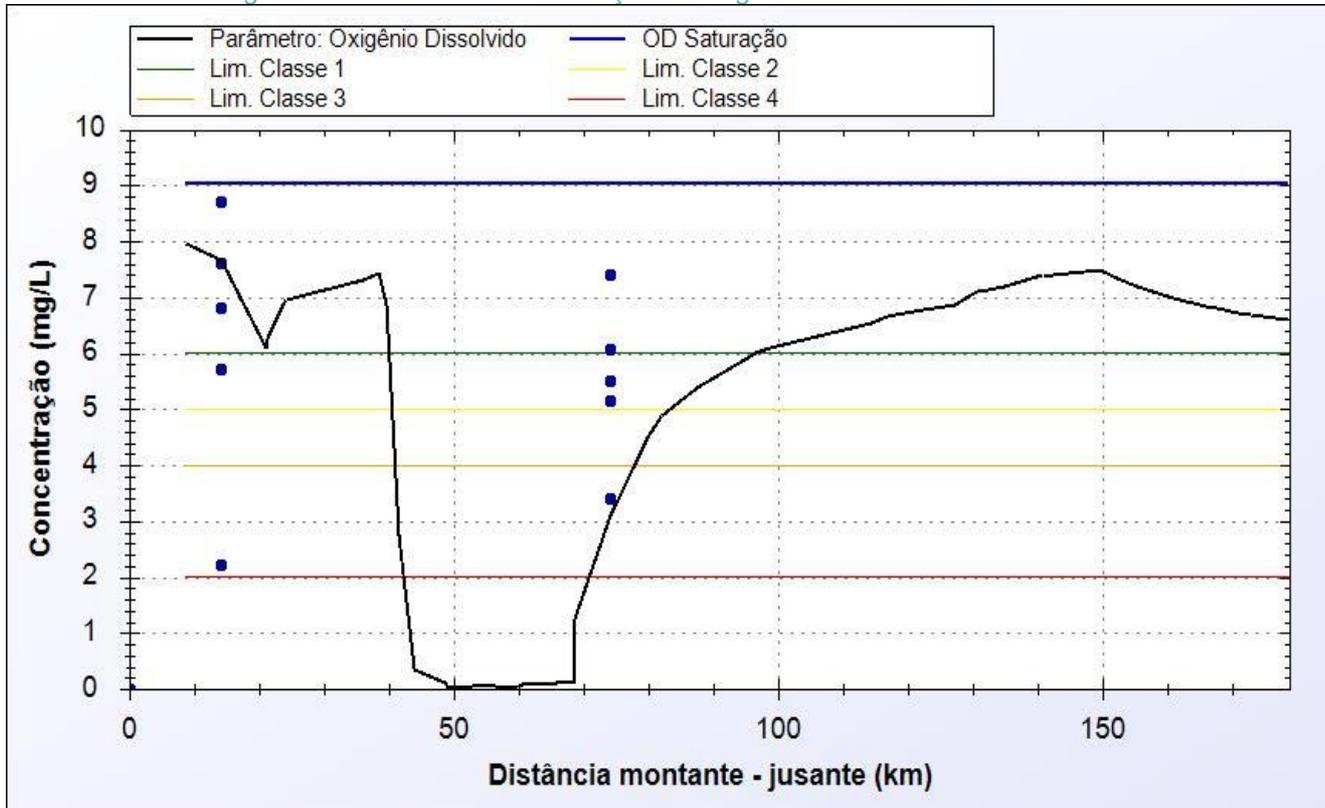


Figura 5.11 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

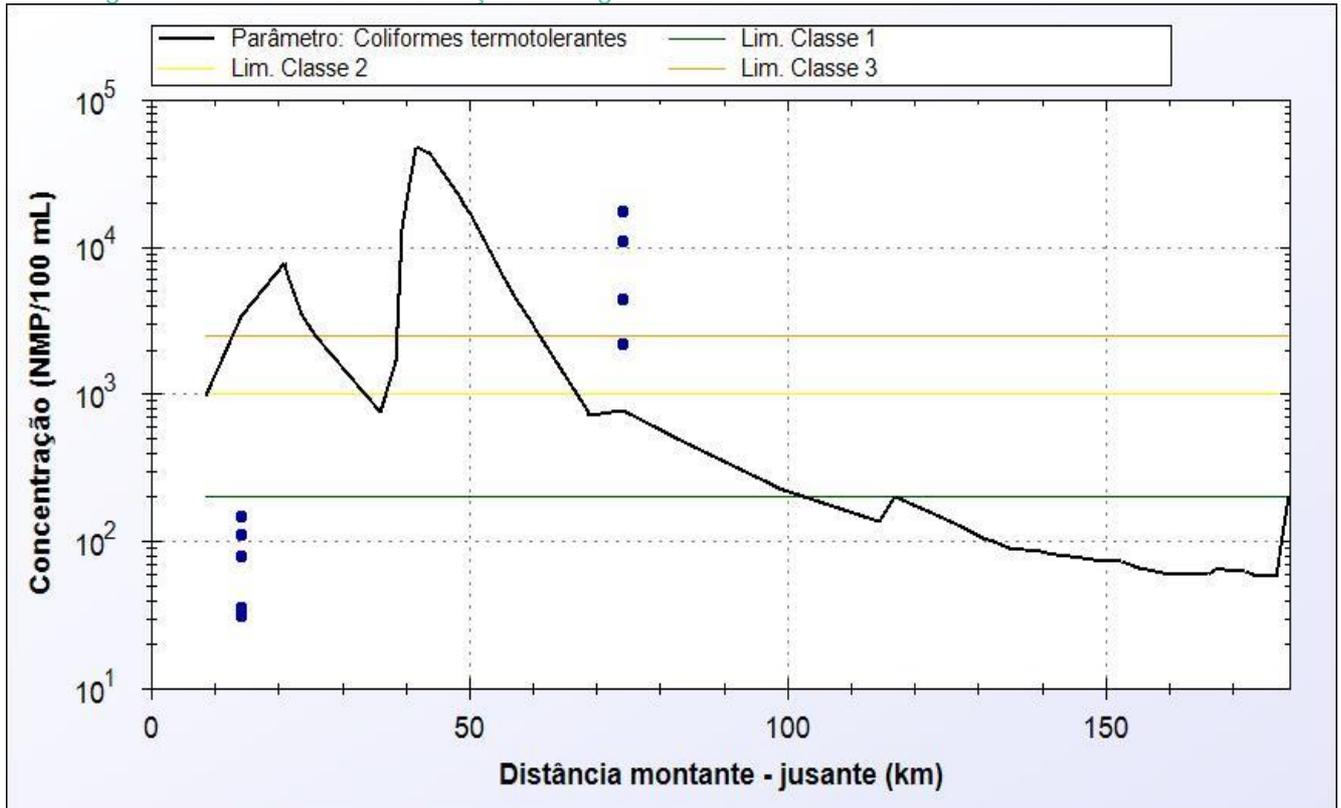
Figura 5.12 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: OD.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

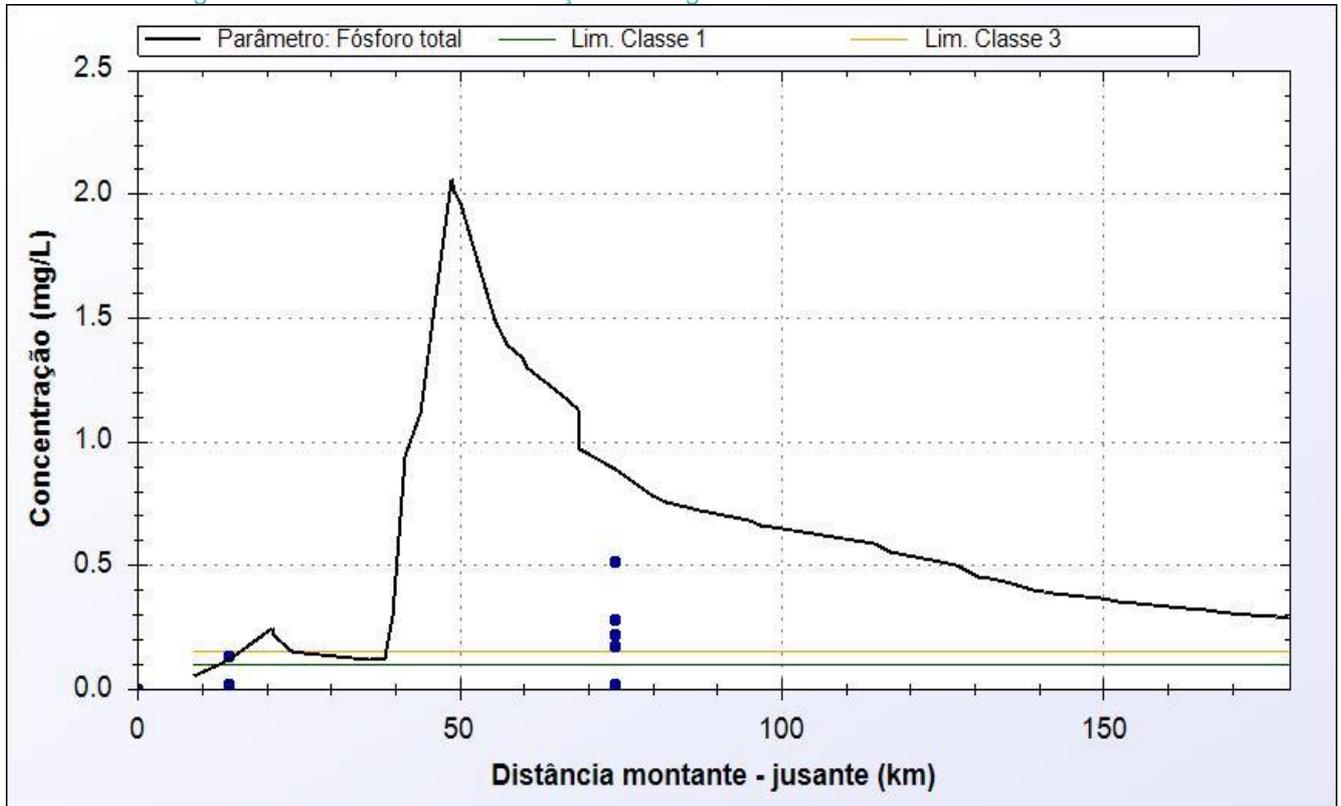


Figura 5.13 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: coliformes termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

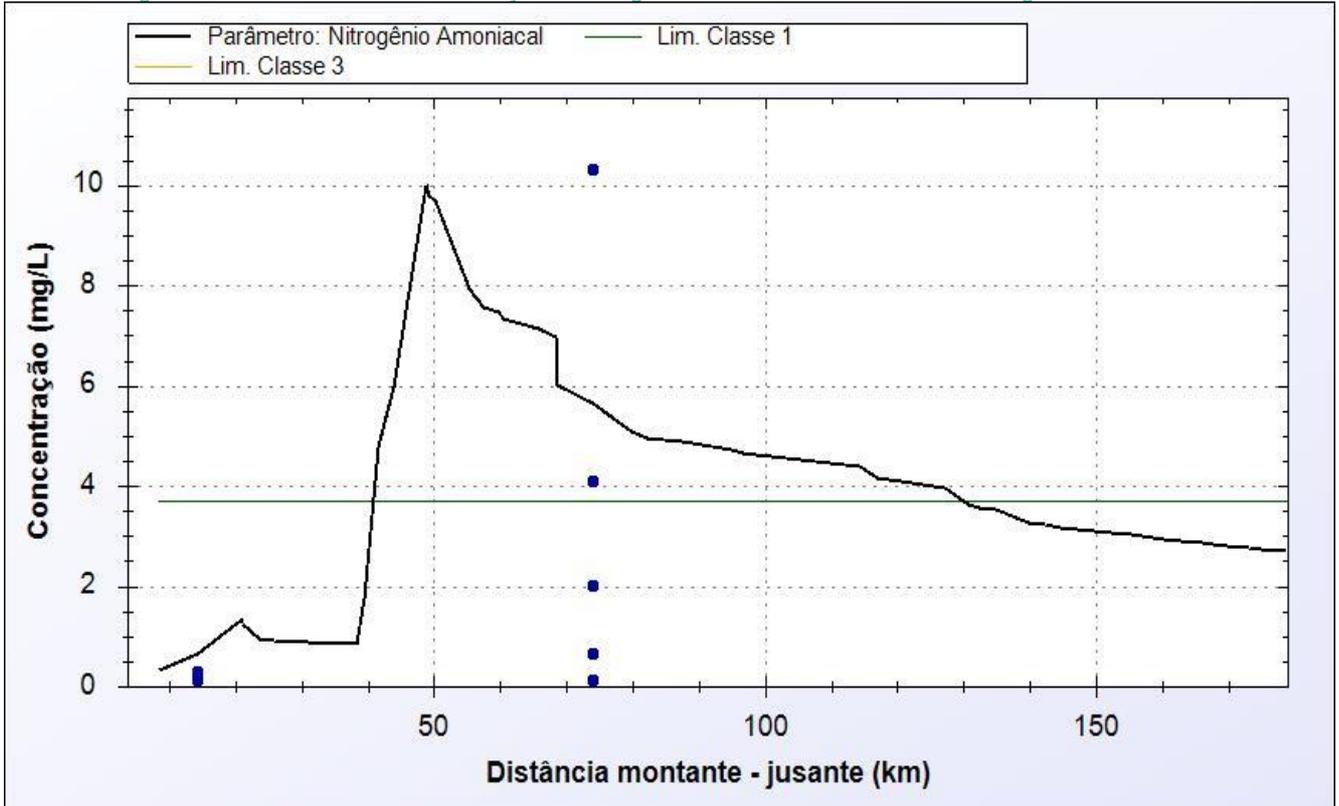
Figura 5.14 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: fósforo total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

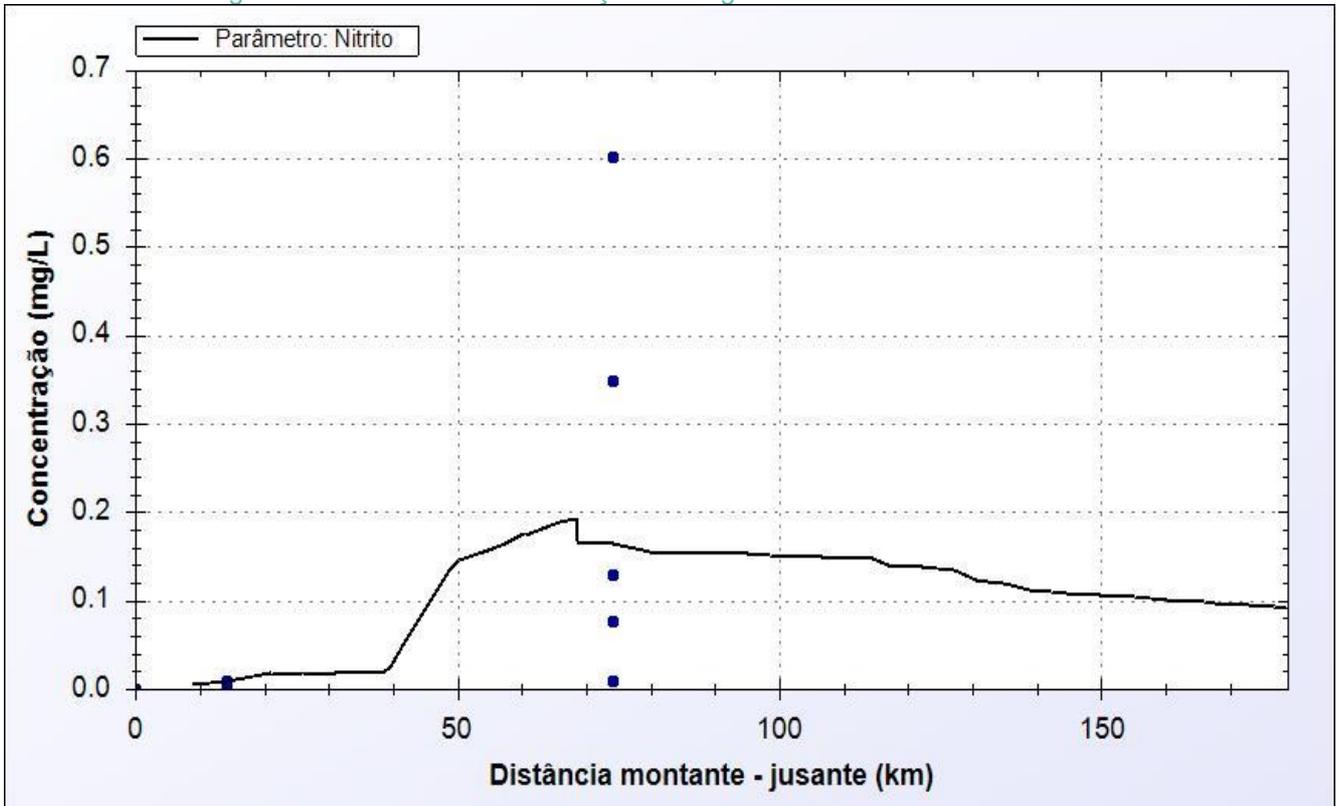


Figura 5.15 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrogênio amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

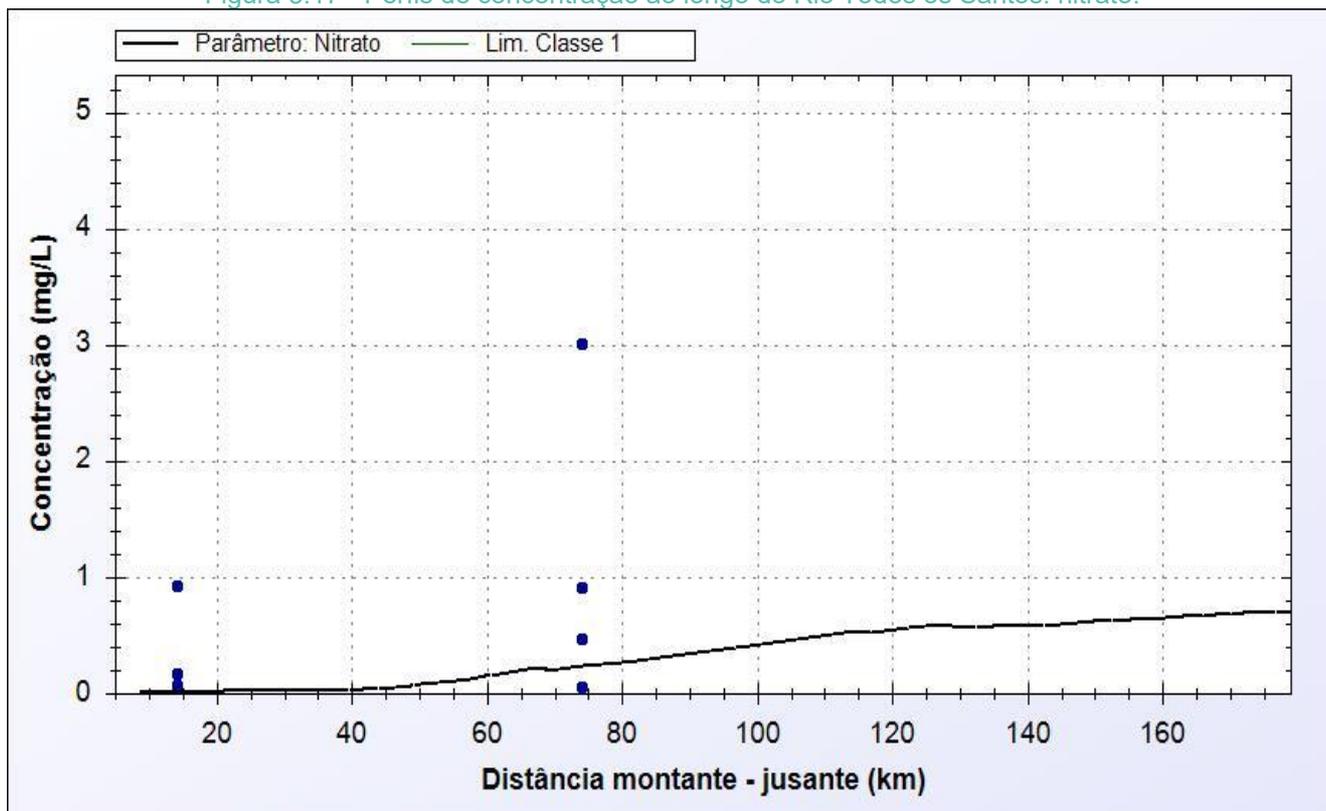
Figura 5.16 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.17 - Perfis de concentração ao longo do Rio Todos os Santos: nitrato.



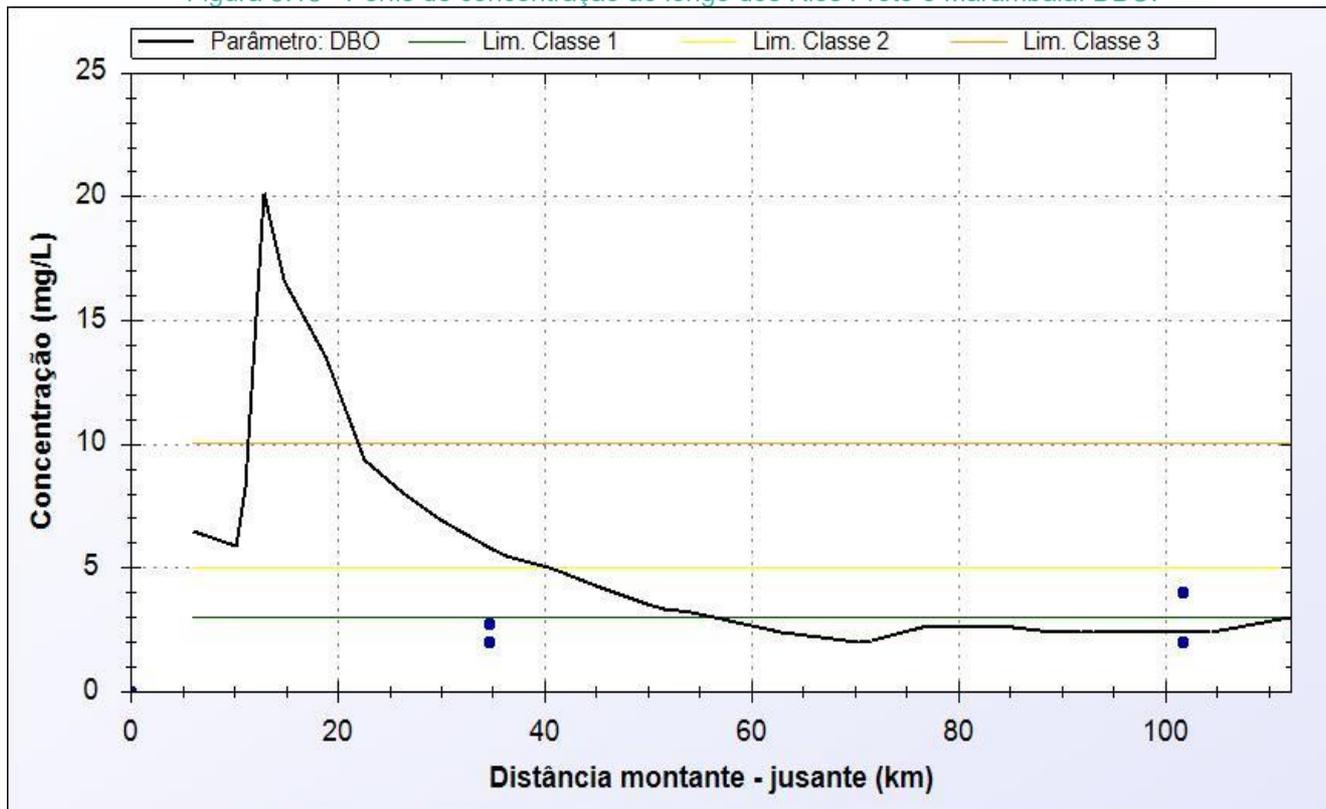
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

5.2.2.3. Perfis de concentração nos Rios Preto e Marambaia

Os perfis de concentração dos parâmetros ao longo dos rios Preto e Marambaia foram definidos de forma a contemplar duas estações de monitoramento existentes na UHP Marambaia, correspondendo aos pontos MU002 e MU003, apresentados da Figura 5.18 até a Figura 5.24. Observa-se a contribuição significativa de efluentes gerados nas sedes municipais de Itaipé e Catuji, agravadas pela baixa disponibilidade hídrica por tratar-se de áreas de cabeceira. Os trechos próximos à estação de montante (MU002) de forma geral não apresentaram boa aderência aos pontos observados, no entanto é possível que os dados de monitoramento não estejam refletindo as condições de baixa disponibilidade hídrica caracterizada pela Q7,10.

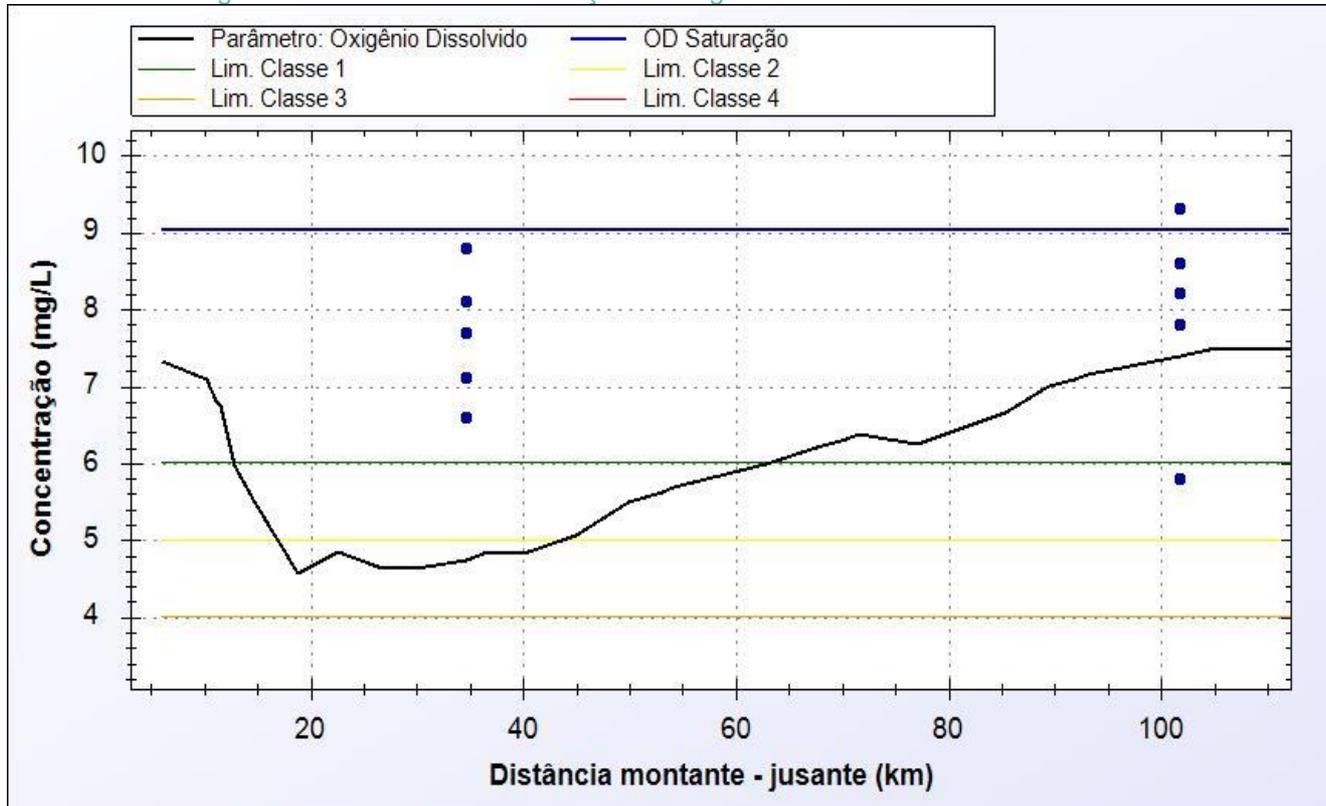


Figura 5.18 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

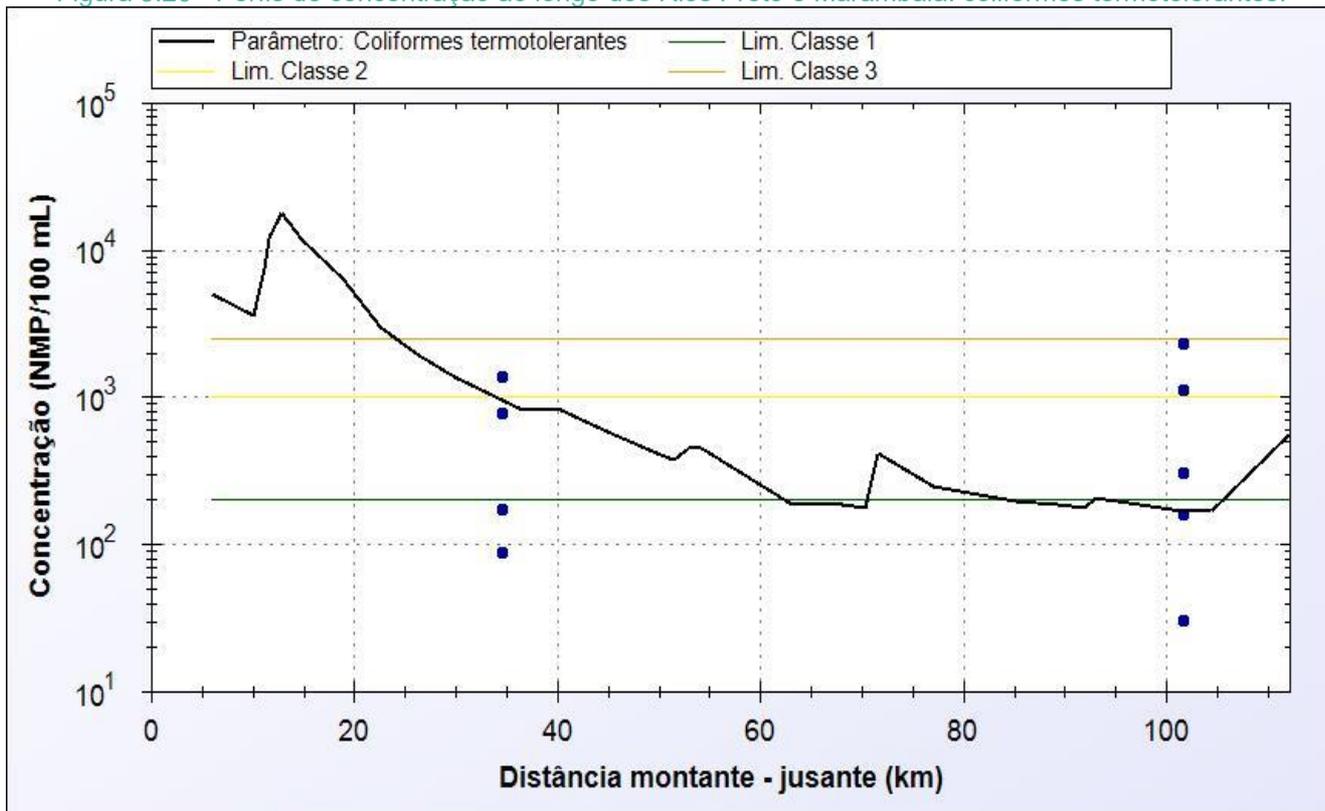
Figura 5.19 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: OD.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

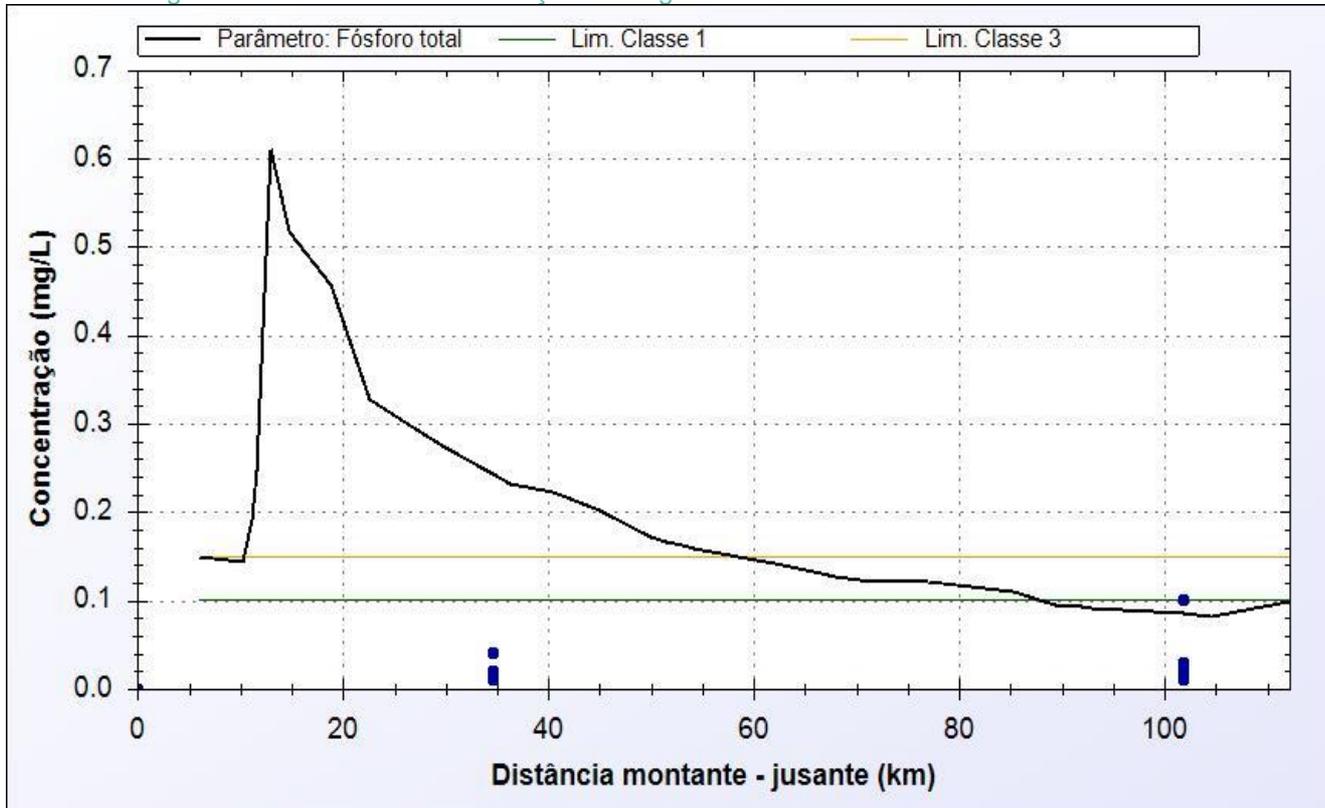


Figura 5.20 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: coliformes termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

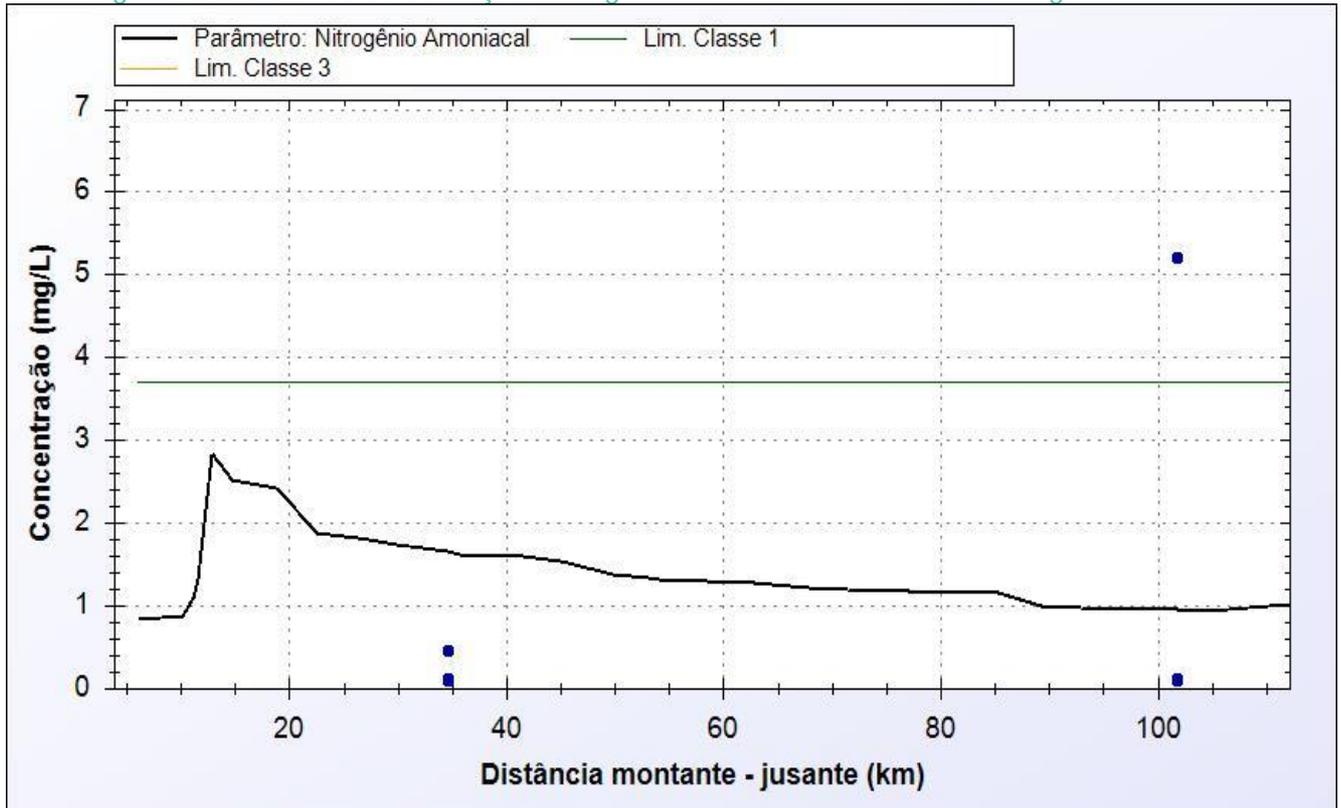
Figura 5.21 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: fósforo total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

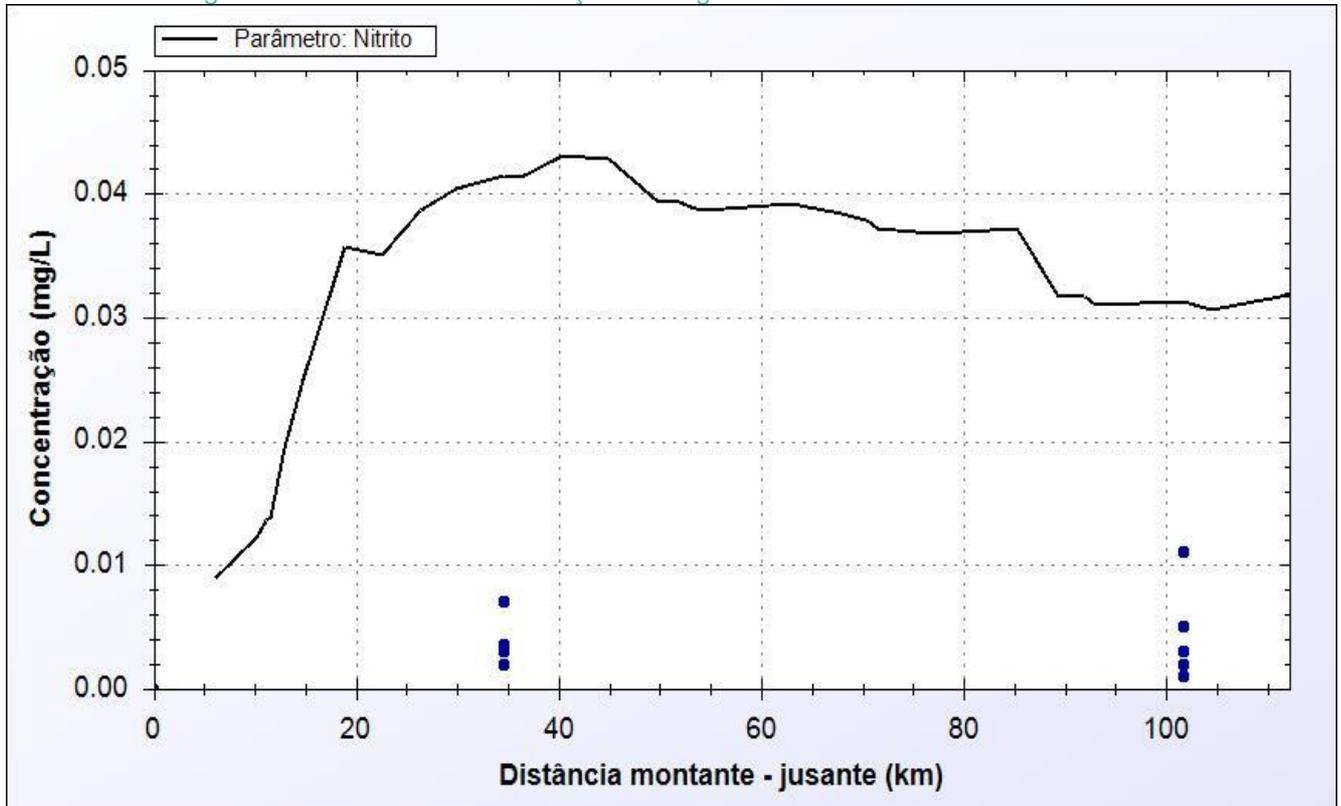


Figura 5.22 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrogênio amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

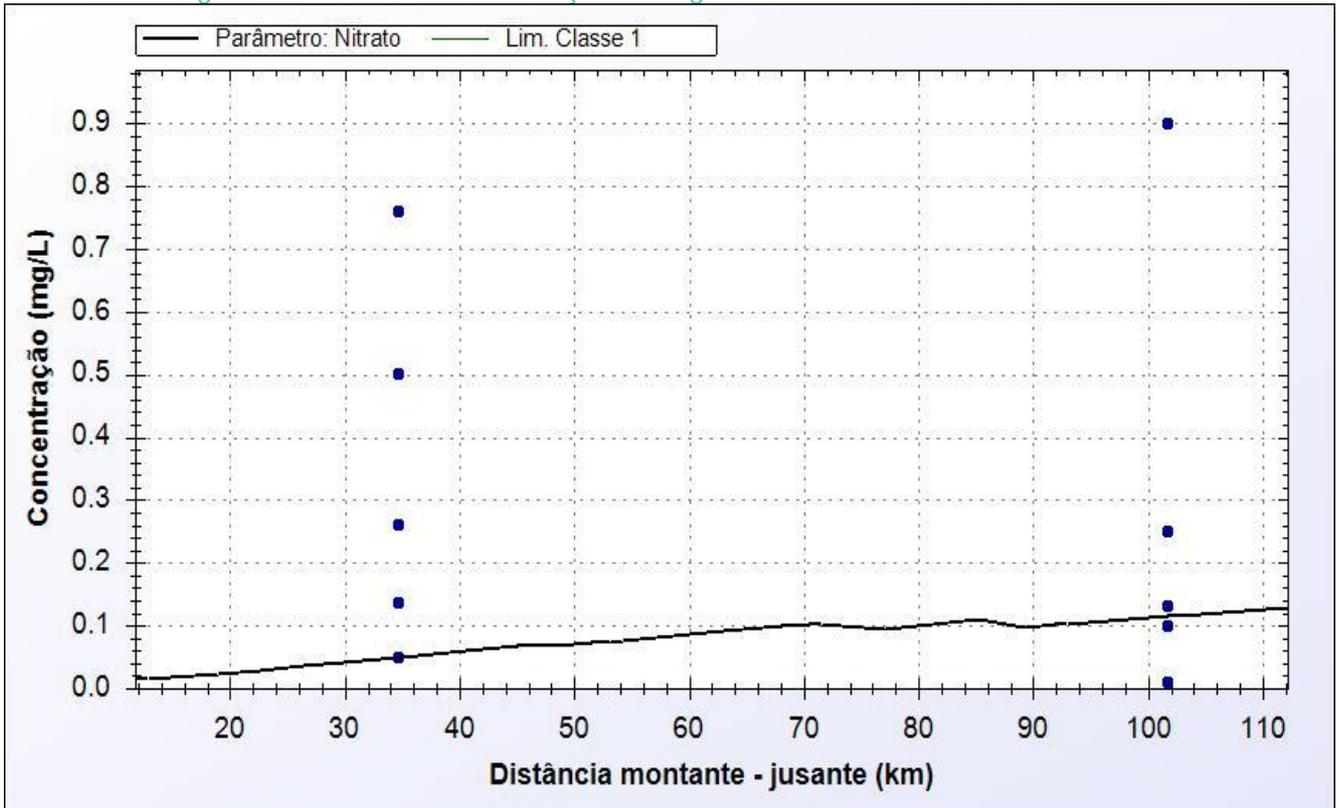
Figura 5.23 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.24 - Perfis de concentração ao longo dos Rios Preto e Marambaia: nitrato.



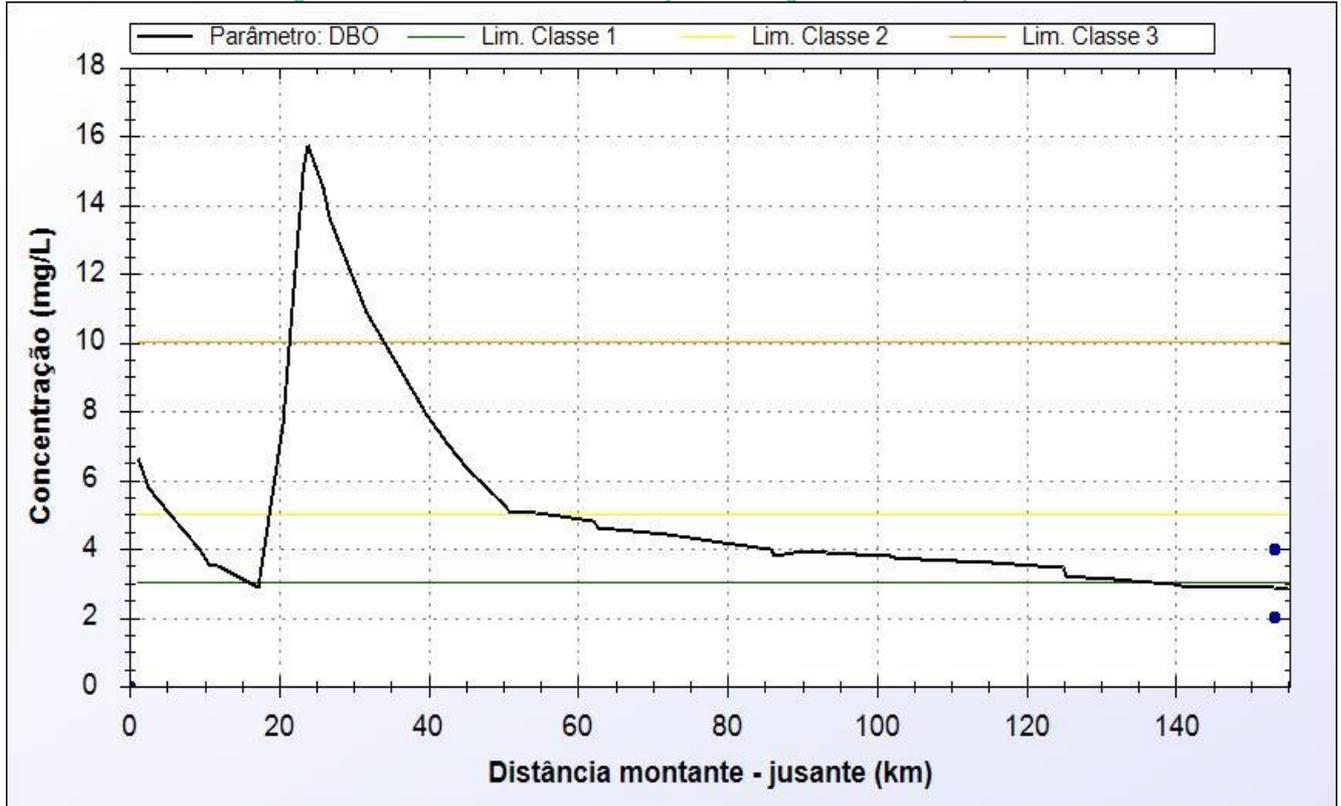
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

5.2.2.4. Perfis de concentração no Rio Pampã

O rio Pampã apresenta uma estação de monitoramento próxima ao exutório (estação MU011), sendo que as principais cargas efluentes no curso d'água ocorrem a montante, correspondendo aos municípios de Águas Formosas e Crisólita. Nos perfis de concentração, apresentados a partir da Figura 5.25 até a Figura 5.31, é possível observar um pico de concentrações ocasionado pelos efluentes destes municípios, havendo depuração e decaimento até o exutório na altura da estação de monitoramento.

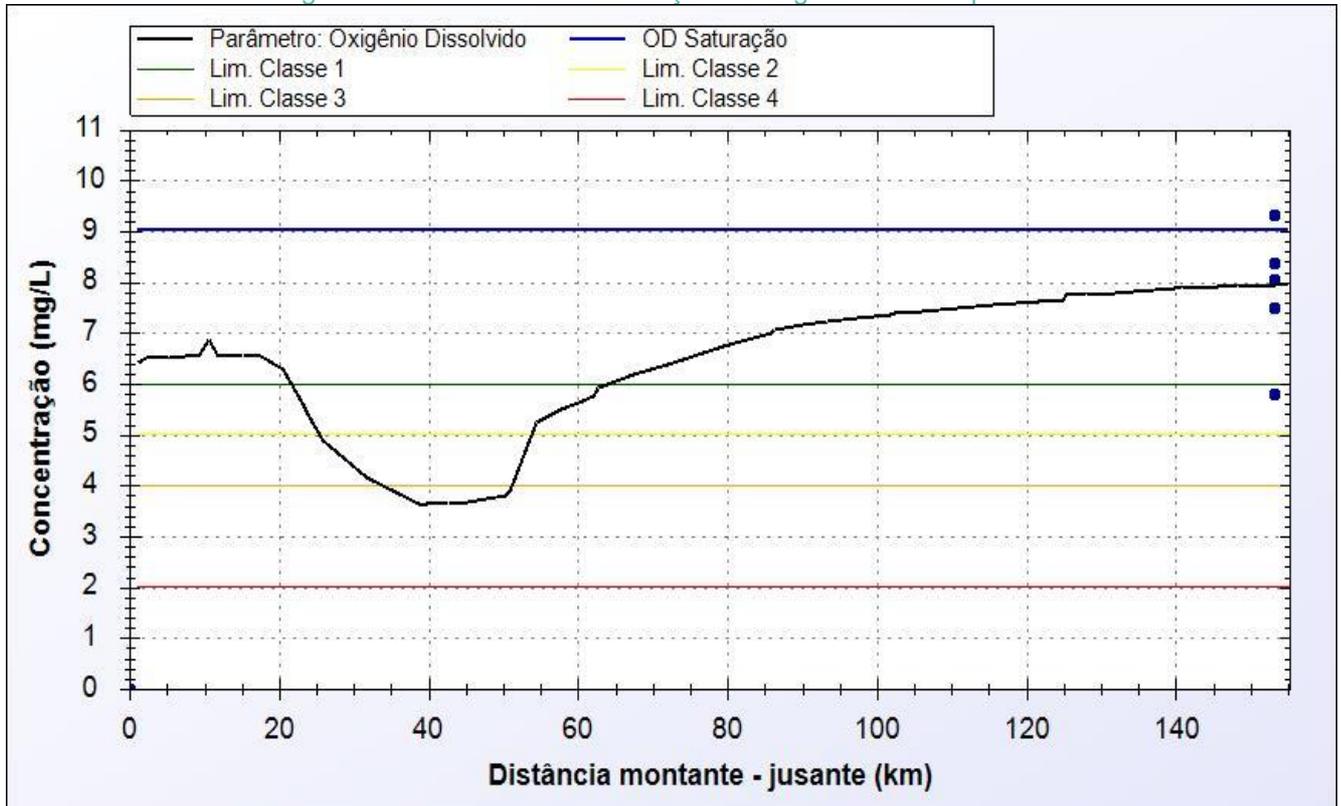


Figura 5.25 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

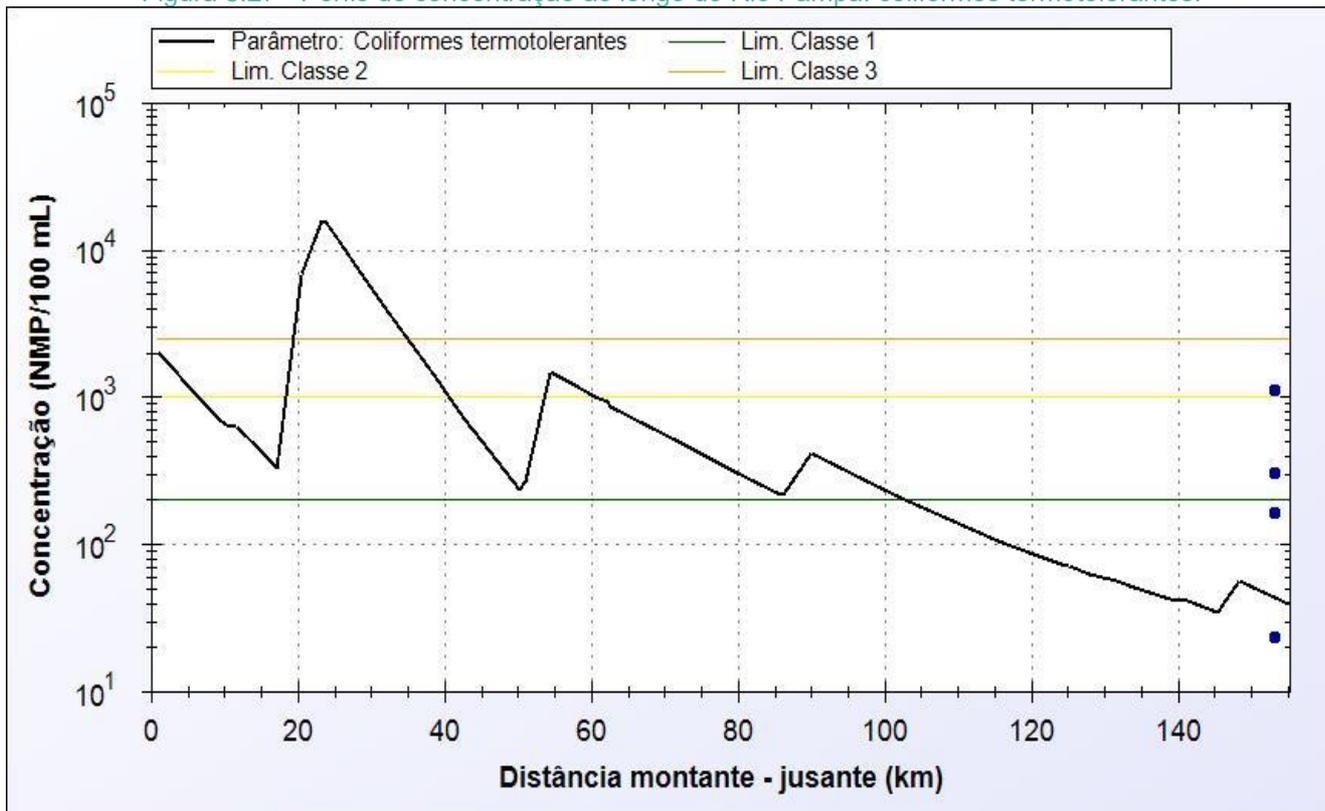
Figura 5.26 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: OD.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

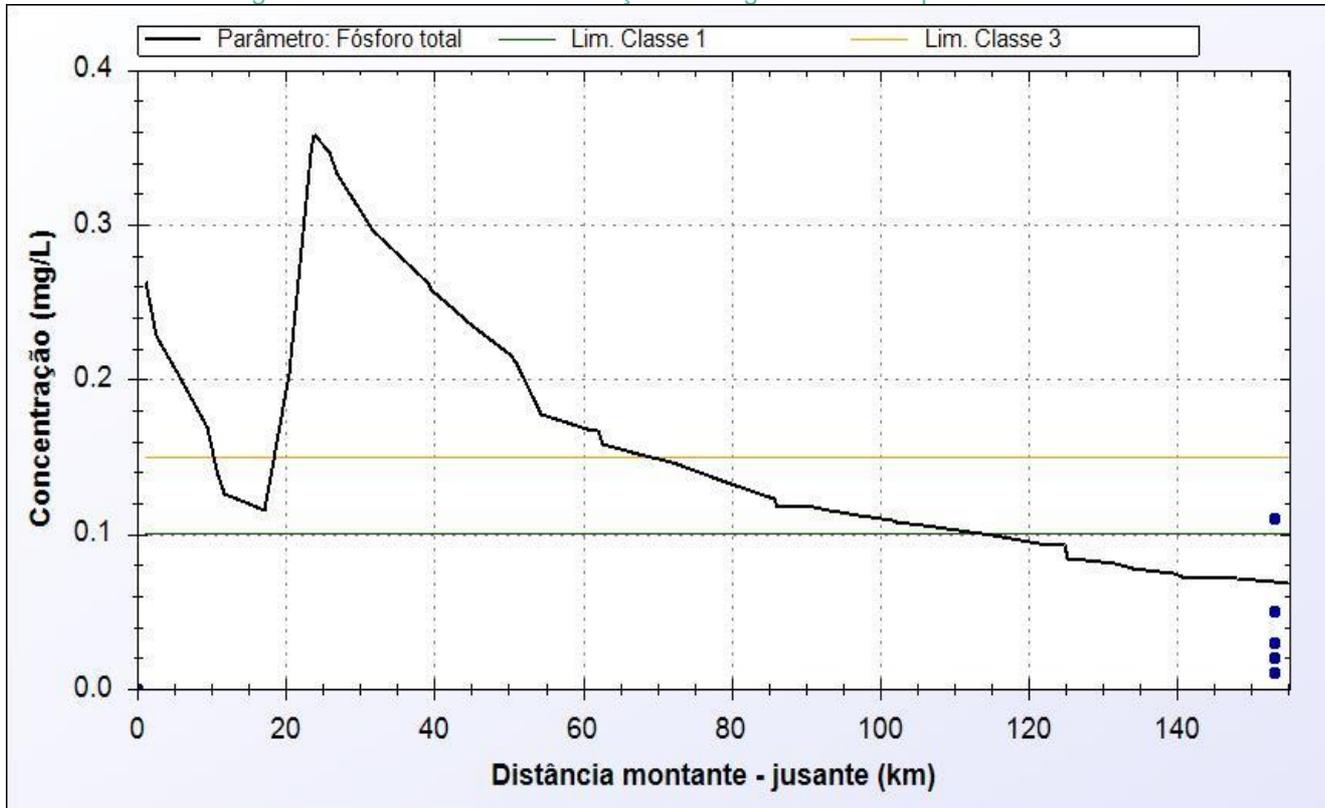


Figura 5.27 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: coliformes termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

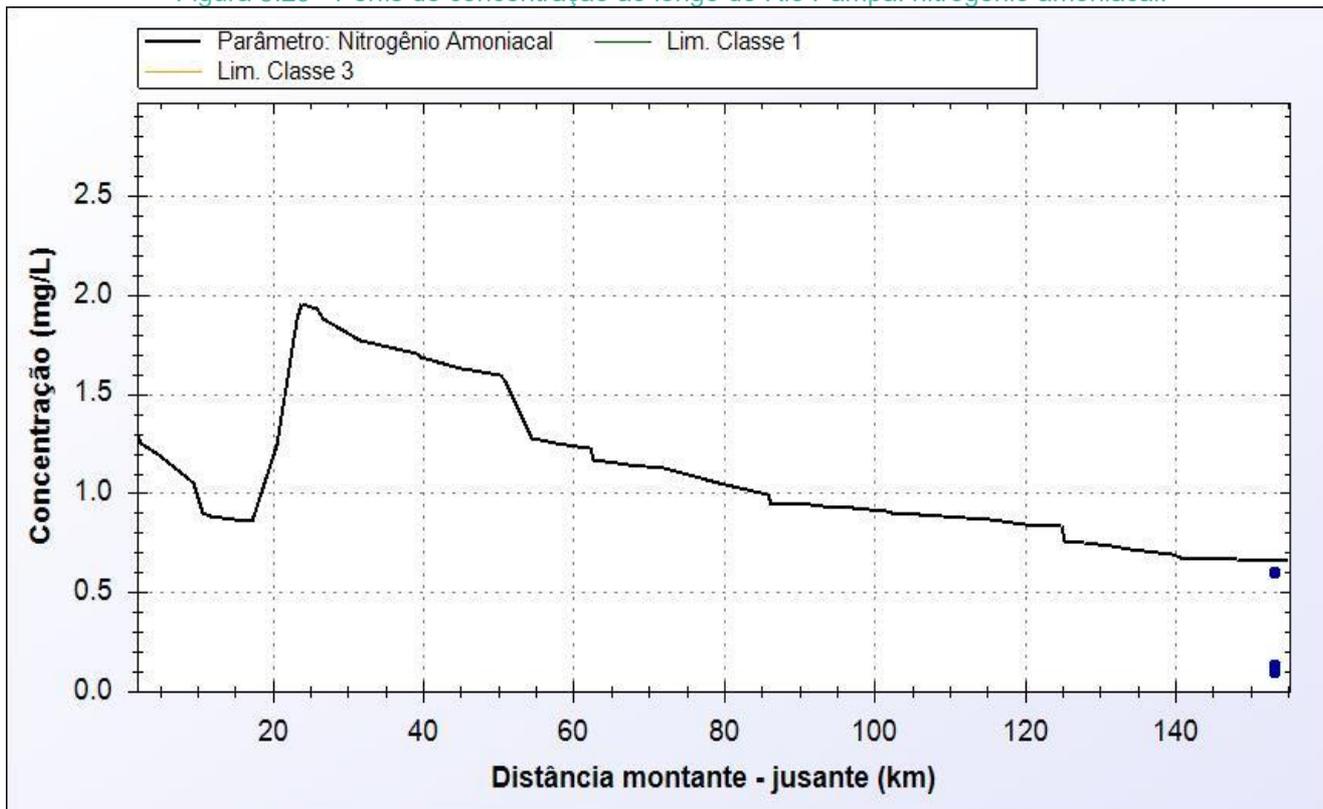
Figura 5.28 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: fósforo total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

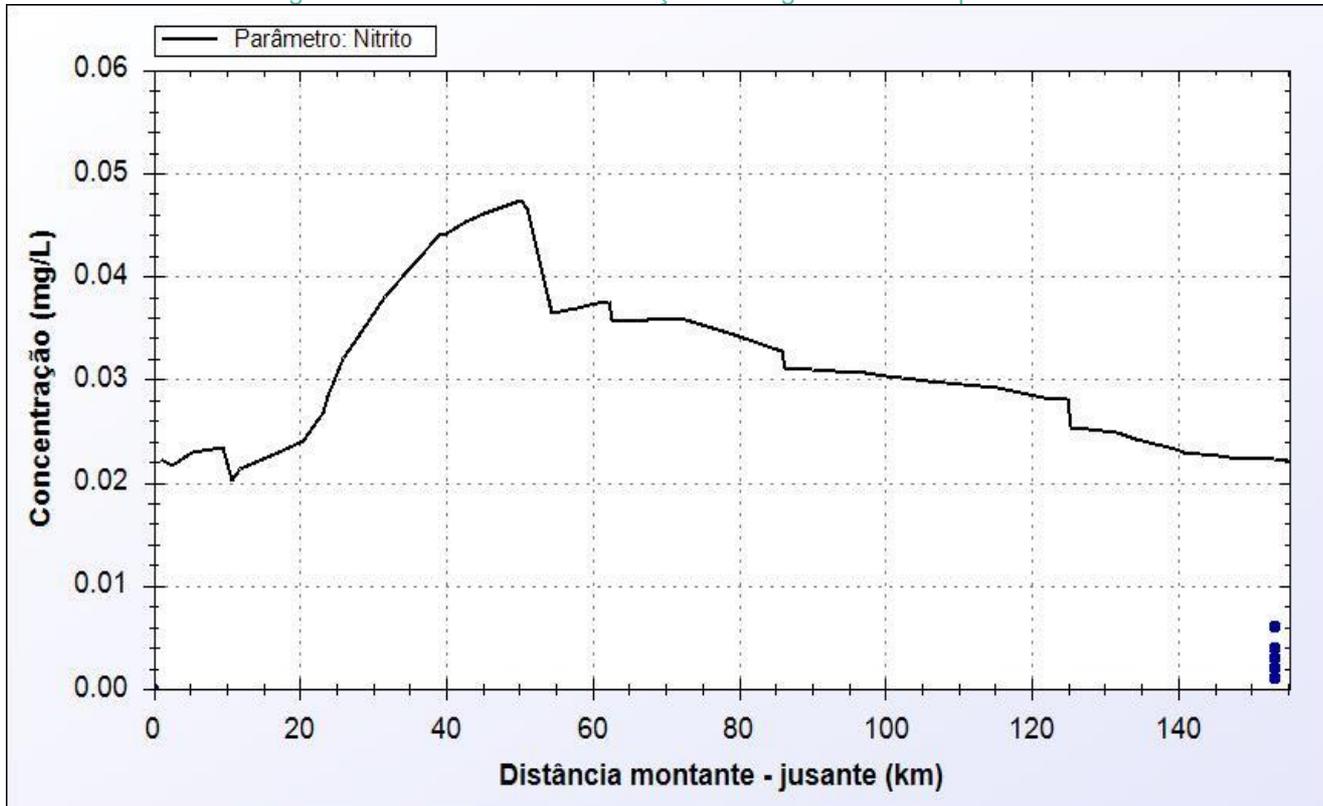


Figura 5.29 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrogênio amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

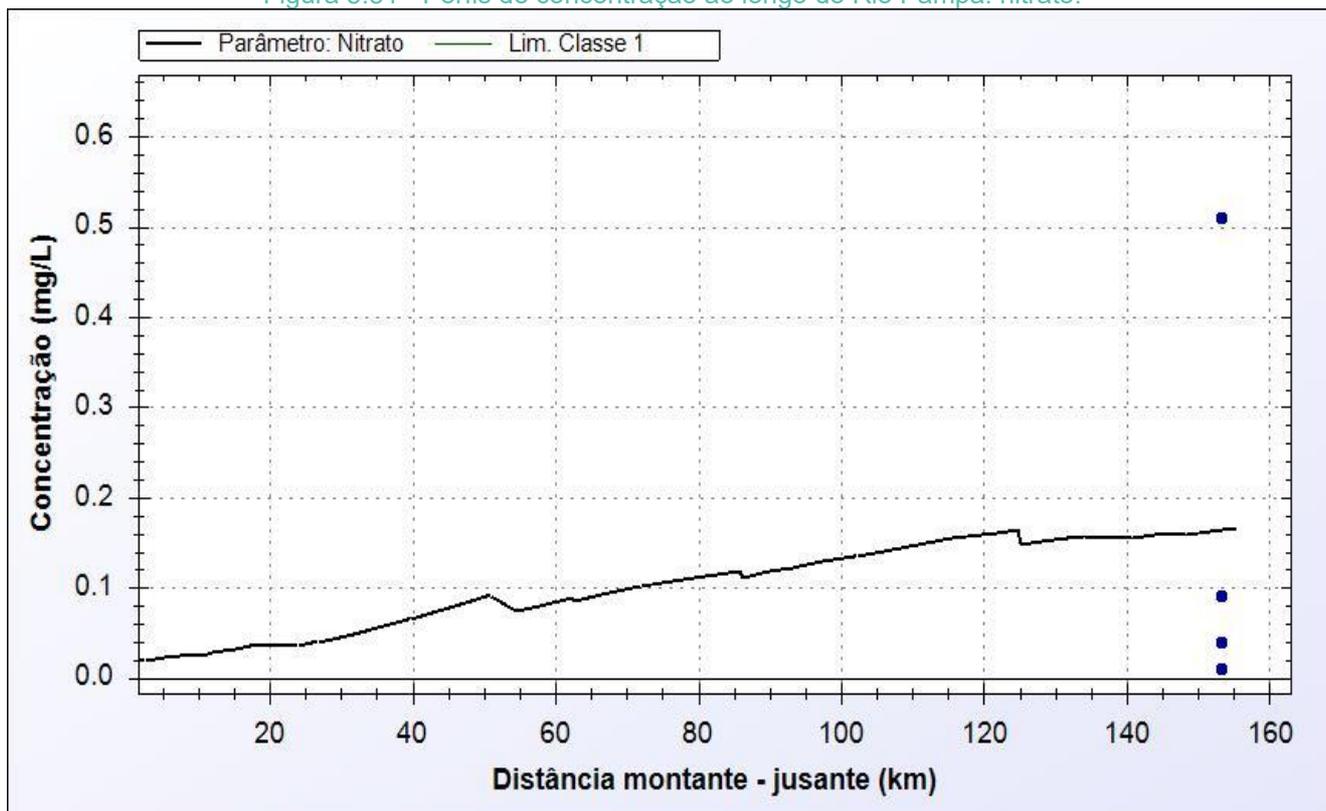
Figura 5.30 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.



Figura 5.31 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pampã: nitrato.



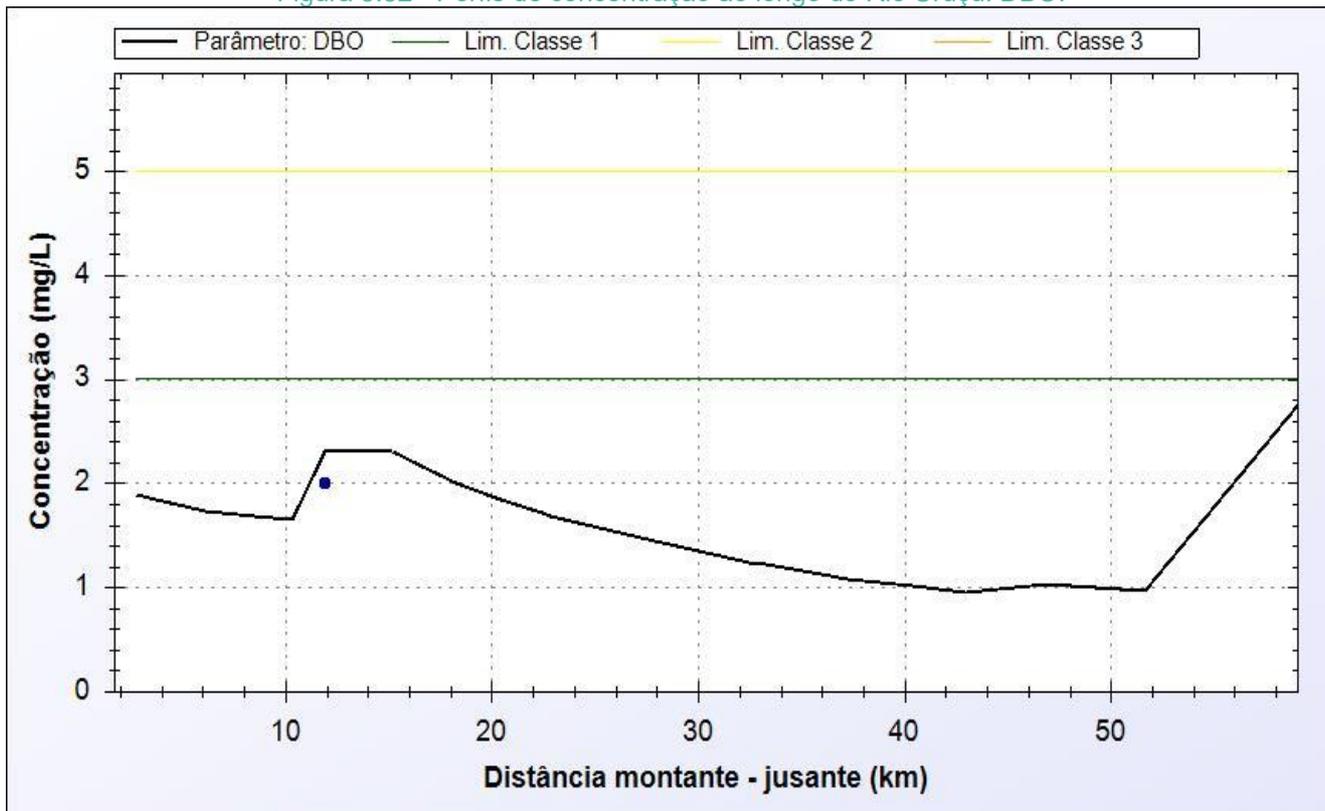
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

5.2.2.5. Perfis de concentração no Rio Uruçu

A partir da Figura 5.32 até a Figura 5.38 são apresentados os perfis de concentração avaliados para o Rio Uruçu (UHP do Médio-Baixo Mucuri), no qual se dispõe de uma estação de monitoramento localizada a montante do curso d'água (MU008). Neste trecho é possível verificar um ajuste razoável na maioria dos parâmetros, onde é possível constatar um aumento pouco pronunciado das concentrações em virtude dos lançamentos de Epaminondas Otoni, distrito do município de Carlos Chagas.

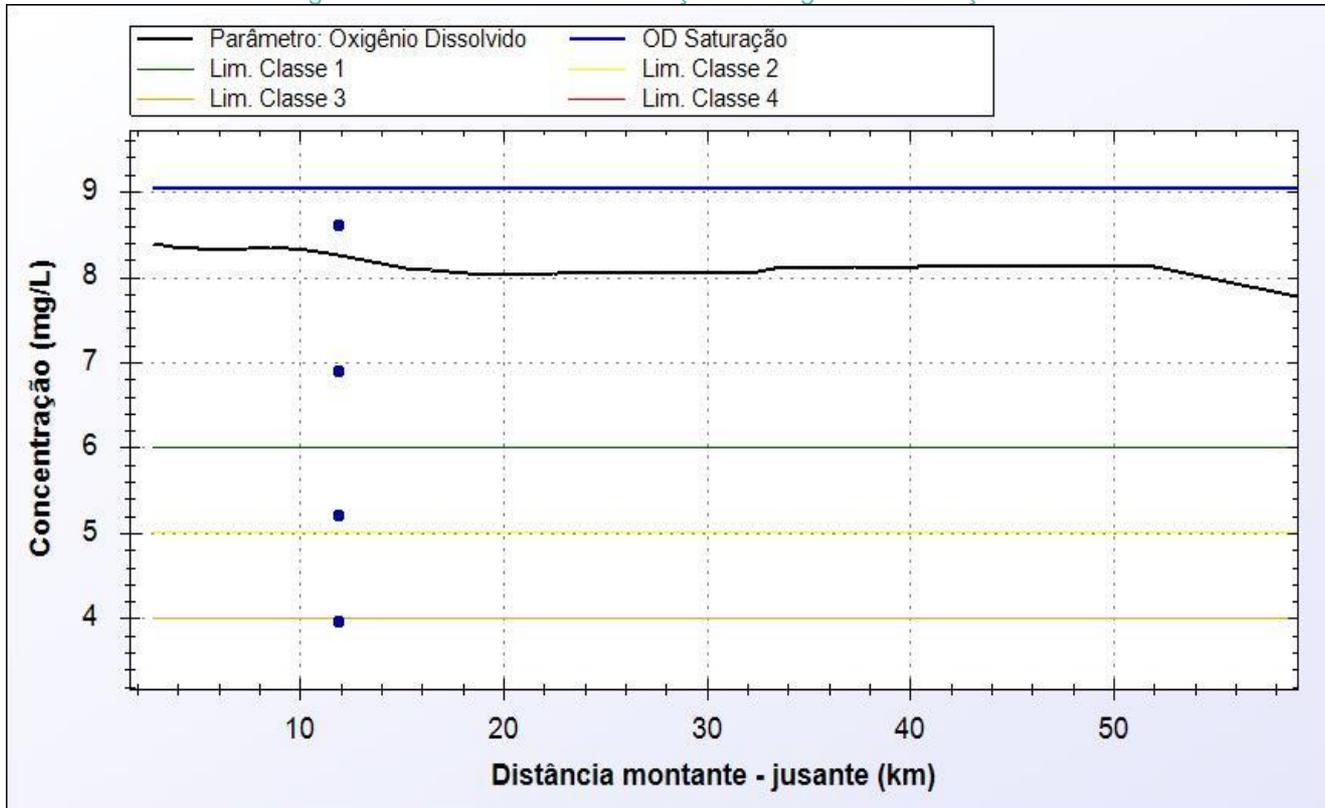


Figura 5.32 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

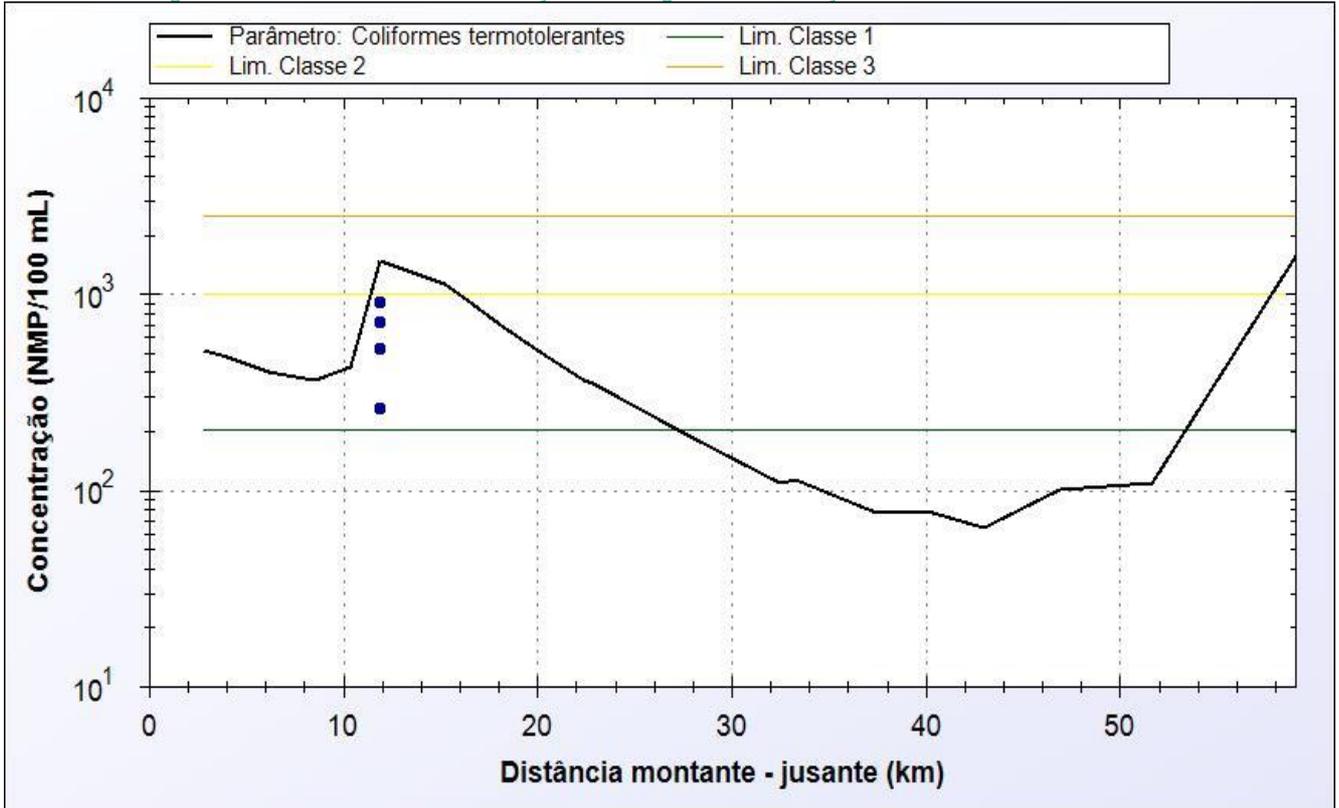
Figura 5.33 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: OD.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

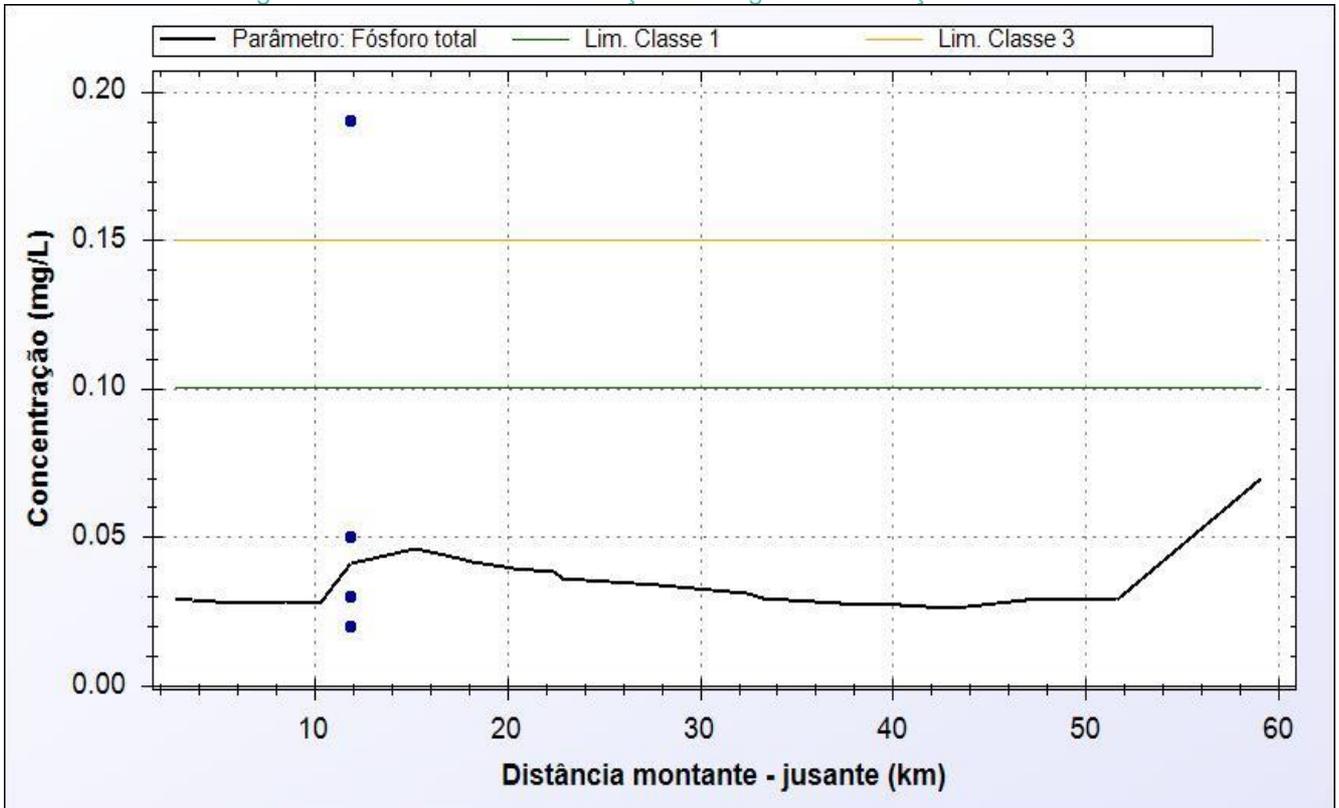


Figura 5.34 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: coliformes termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

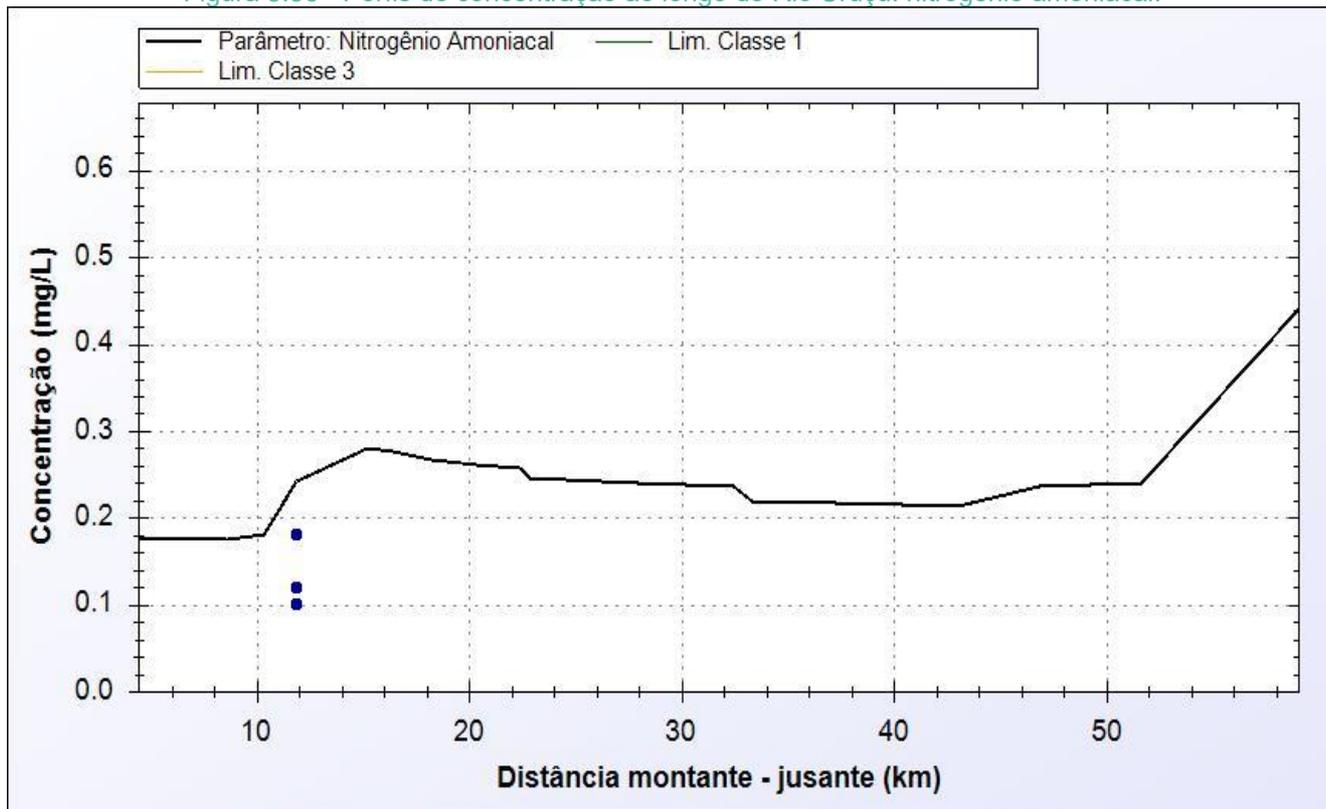
Figura 5.35 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: fósforo total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

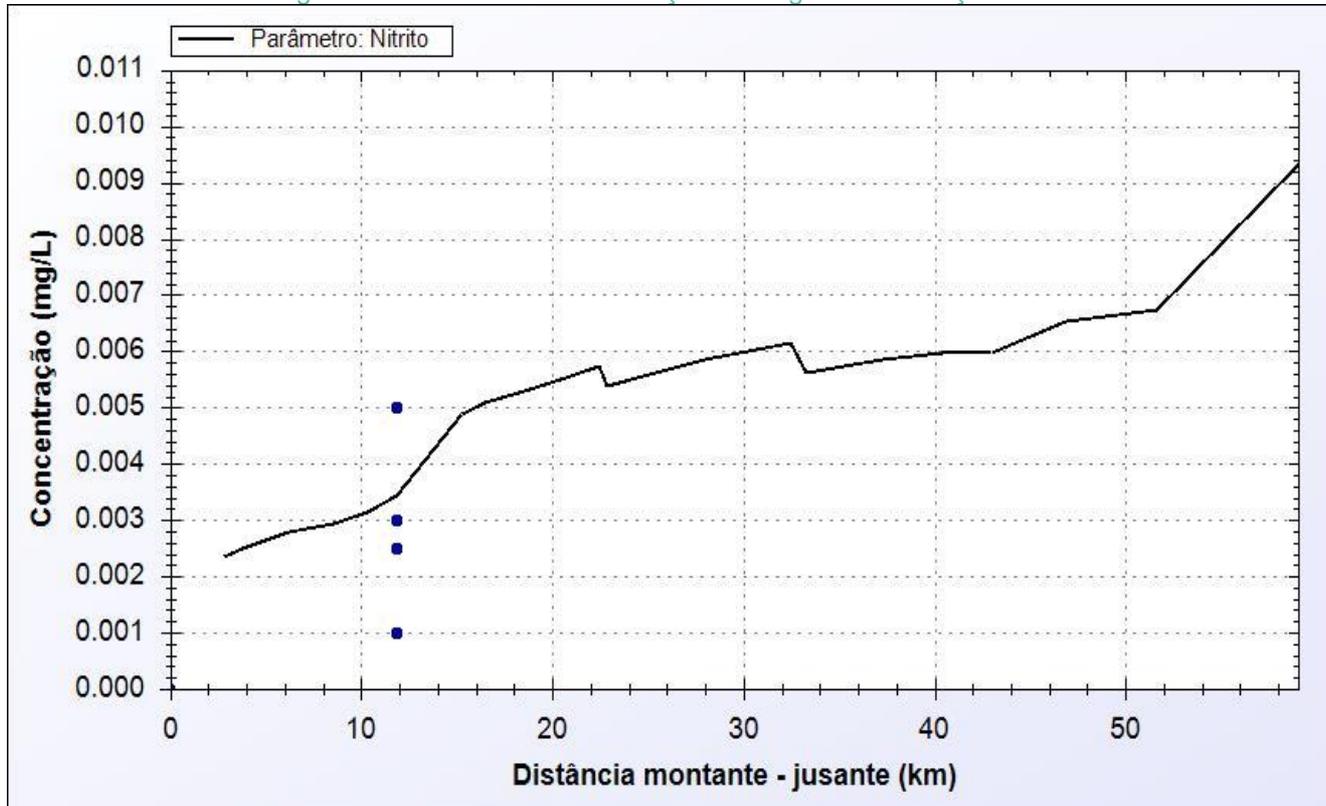


Figura 5.36 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrogênio amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.

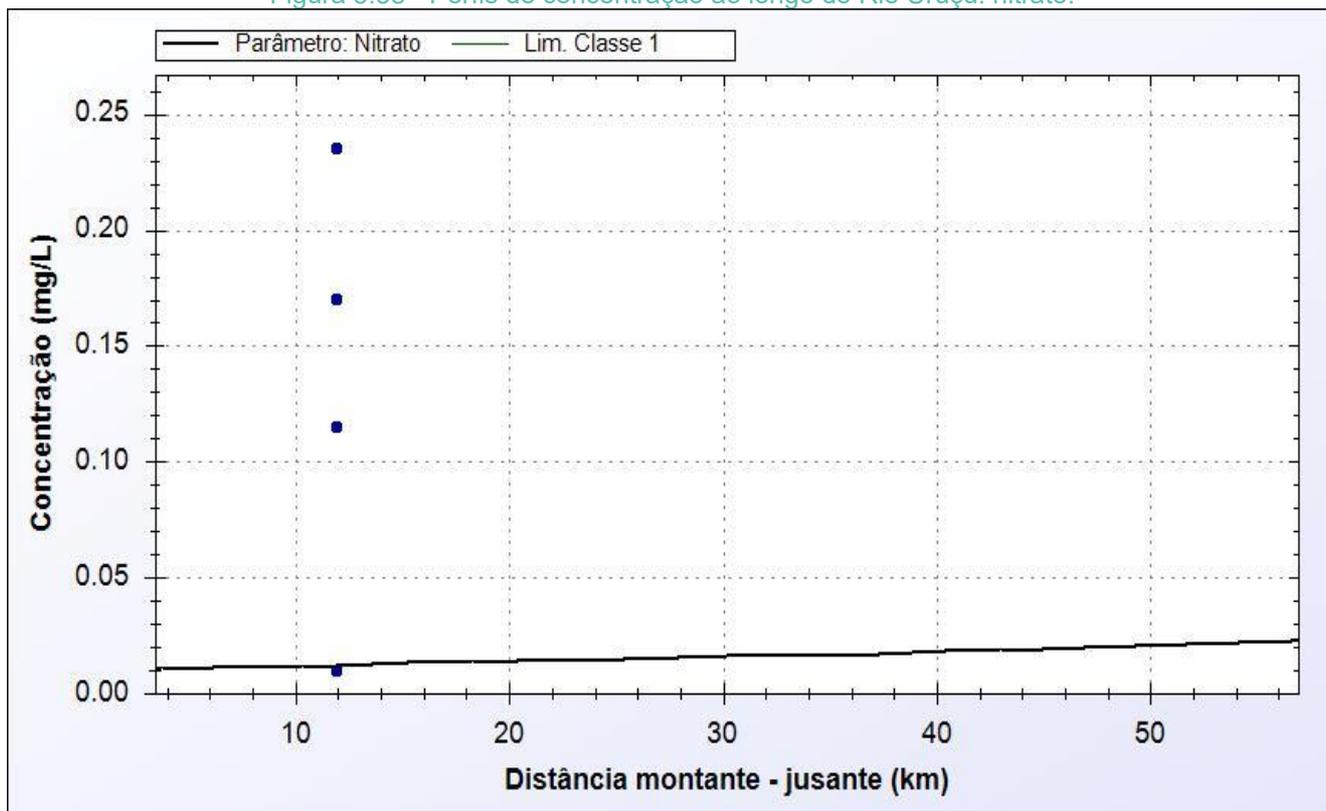
Figura 5.37 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.38 - Perfis de concentração ao longo do Rio Uruçu: nitrato.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quantis intermediários).
 Fonte: elaboração própria.

5.2.3. Resultados do Cenário Tendencial

A seguir, são apresentados os resultados da modelagem qualitativa considerando o Cenário Tendencial e considerando também duas cenas de planejamento: atual (2021) e de longo prazo (2041). Os resultados são apresentados de forma resumida por UHP, considerando a média ponderada das concentrações de todos os trechos de cada Unidade de Planejamento, utilizando a vazão como fator de peso, de forma a se colocar mais evidência sobre os trechos com maior disponibilidade hídrica. O Quadro 5.7 apresenta os valores resultantes em cada UHP para sete parâmetros avaliados, onde a cor da célula representa a classe de enquadramento equivalente, segundo a resolução CONAMA n° 357/2005. O quadro também apresenta a classe de enquadramento resultante, obtida pelo percentil 80% entre a classe resultante dos sete parâmetros de qualidade avaliados. Ressalta-se que este valor de classe resultante não representa o enquadramento, e sim a condição de qualidade verificada no respectivo cenário. A partir do quadro, podemos verificar as piores condições de qualidade na UHP Rio Todos-os-Santos, seguido da UHP Rio Marambaia, cujos trechos foram identificados em condições semelhantes às classes 4 e 3, respectivamente.



Quadro 5.7 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial para a cena atual (2021).

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
Alto Rio Mucuri	3,45	6,85	722,57	0,11	1,02	0,03	0,12	2
Rio Marambaia	3,98	6,48	1392,12	0,14	1,10	0,03	0,07	3
Médio Rio Mucuri	1,91	7,89	195,92	0,06	0,82	0,03	0,22	1
Rio Todos-os-Santos	12,43	5,96	1861,79	0,42	3,64	0,11	0,46	4
Médio-Baixo Mucuri	2,14	7,85	223,83	0,07	1,08	0,04	0,36	1
Rio Pampã	3,61	6,94	957,05	0,10	0,90	0,03	0,11	2
Baixo Rio Mucuri	2,05	7,99	519,75	0,06	0,96	0,03	0,39	1

* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 5.8 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP em relação ao horizonte de longo prazo (2041) do cenário tendencial. A tendência de um pequeno aumento nas taxas populacionais, combinado com a estabilização dos investimentos em tratamentos de esgotos sanitários é refletida nos resultados, onde observa-se aumentos em torno de 7% nos valores de concentração, sem ocorrência de alterações nas classes de enquadramento para a maioria dos casos.

Quadro 5.8 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial para a cena de longo prazo (2041).

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
Alto Rio Mucuri	3,79	6,66	807,82	0,12	1,12	0,03	0,13	2
Rio Marambaia	4,26	6,30	1508,50	0,15	1,18	0,03	0,07	3
Médio Rio Mucuri	2,02	7,82	200,37	0,06	0,89	0,03	0,24	1
Rio Todos-os-Santos	12,65	5,93	2005,27	0,45	3,92	0,12	0,49	4
Médio-Baixo Mucuri	2,18	7,81	224,78	0,07	1,16	0,04	0,39	1
Rio Pampã	3,86	6,80	1035,62	0,11	0,97	0,03	0,11	3
Baixo Rio Mucuri	2,08	7,96	518,84	0,06	1,02	0,03	0,43	1

* valor em NMP/100ml

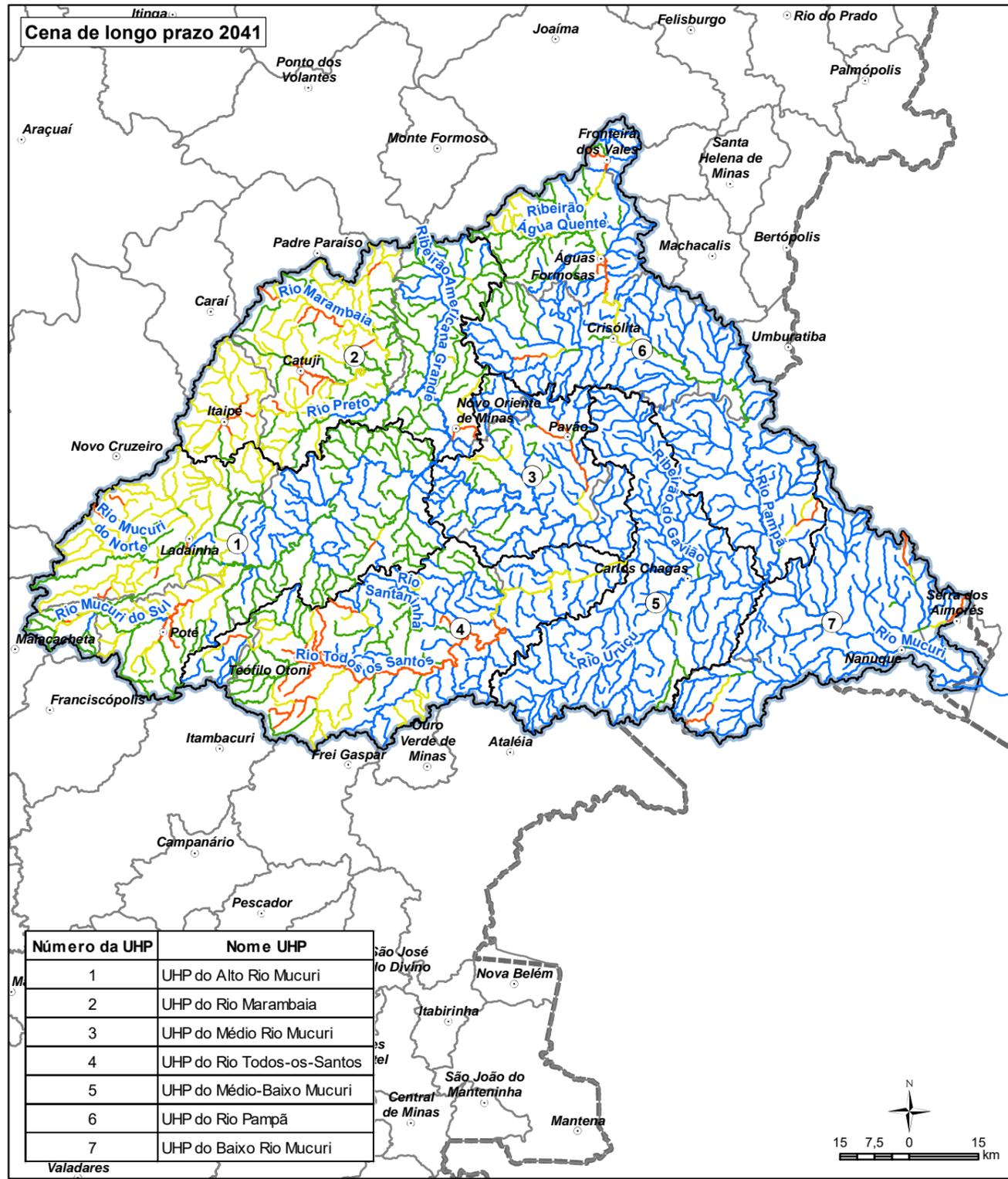
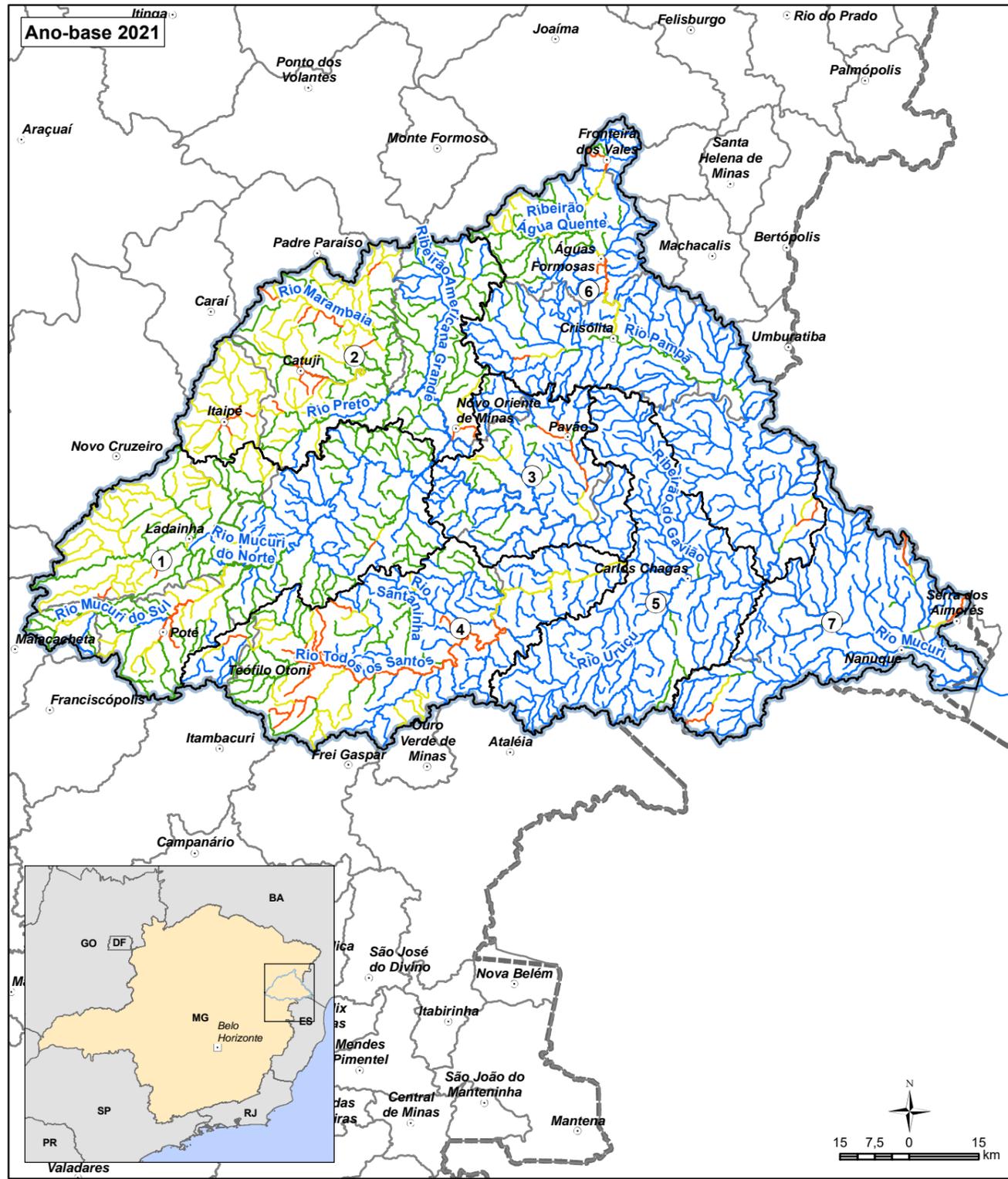
Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.

Os mapas a seguir apresentam a distribuição dos resultados de qualidade no cenário tendencial considerando os seguintes parâmetros: DBO (Mapa 5.5), oxigênio dissolvido (Mapa 5.6), coliformes (Mapa 5.7) e fósforo total (Mapa 5.8). Nos mapas é possível observar uma tendência de piora na qualidade da água nas áreas de cabeceira das UHPs do Alto Rio Mucuri, Rio Todos-os-Santos e Marambaia, reflexo da maior concentração de população urbana e rural, além da reduzida disponibilidade hídrica em relação a outras regiões da bacia.





Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampá
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
- ⊞ Limite UHPs
- ⊞ CH do Rio Mucuri
- ⊞ Limite Municipal
- ⊞ Limite Estadual
- Qualidade da água no cenário tendencial**
- Parâmetro DBO**
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



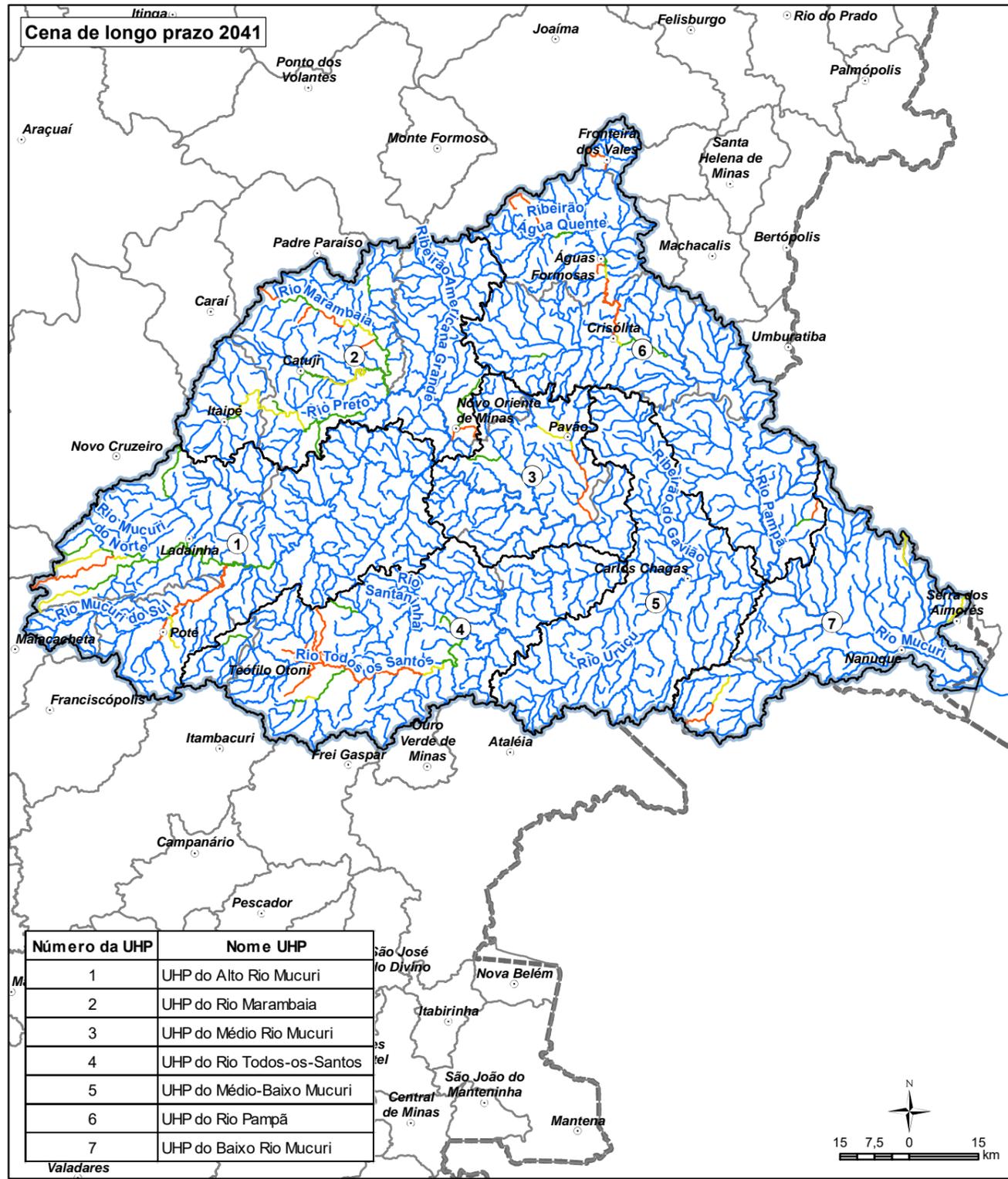
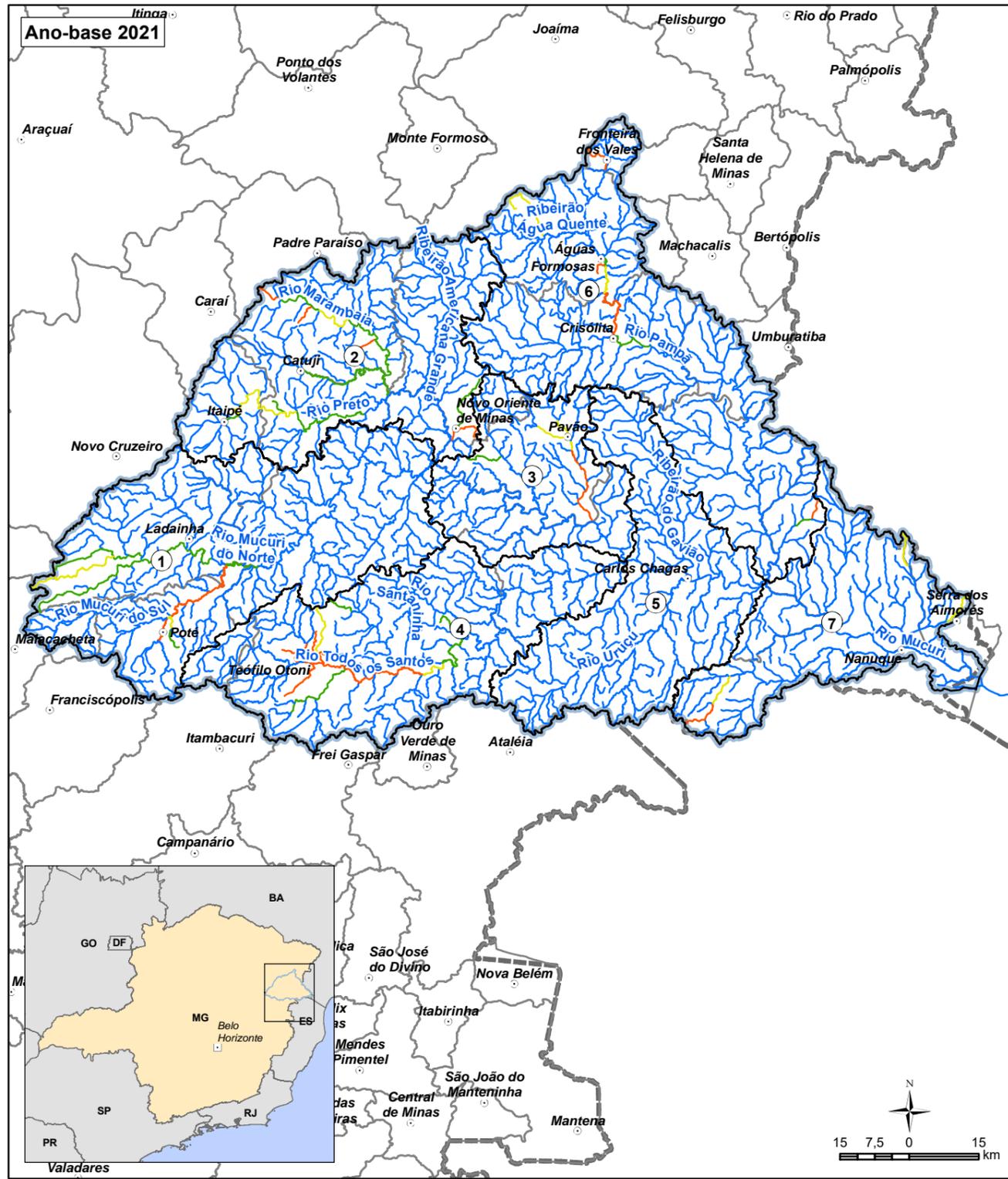
PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 24S
Escala: 1:1.180.000

Mapa 5.5 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: DBO

Fonte de dados:
- Sede municipal: IBGE, 2015
- Limite municipal: IBGE, 2015
- Limite estadual: IBGE, 2015
- Limite da UPGRH Adaptado conforme o limite das Otobacias - IGAM, 2010
- Limite das UHPs: Profill, 2018
- Qualidade da Água: Profill, 2019



Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampá
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
- ⊞ Limite UHPs
- ⊞ CH do Rio Mucuri
- ⊞ Limite Municipal
- ⊞ Limite Estadual
- Qualidade da água no cenário tendencial**
- Parâmetro OD**
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



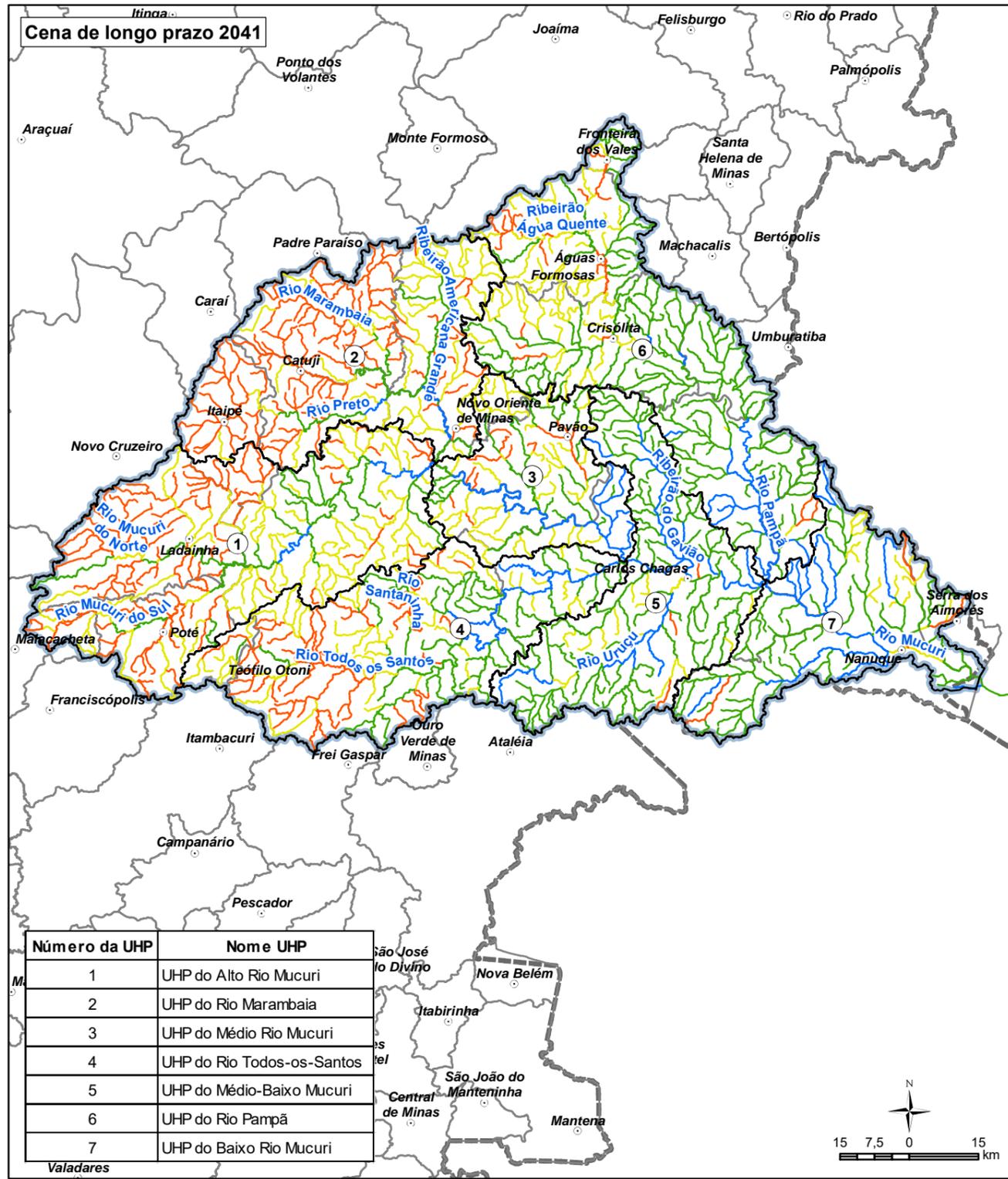
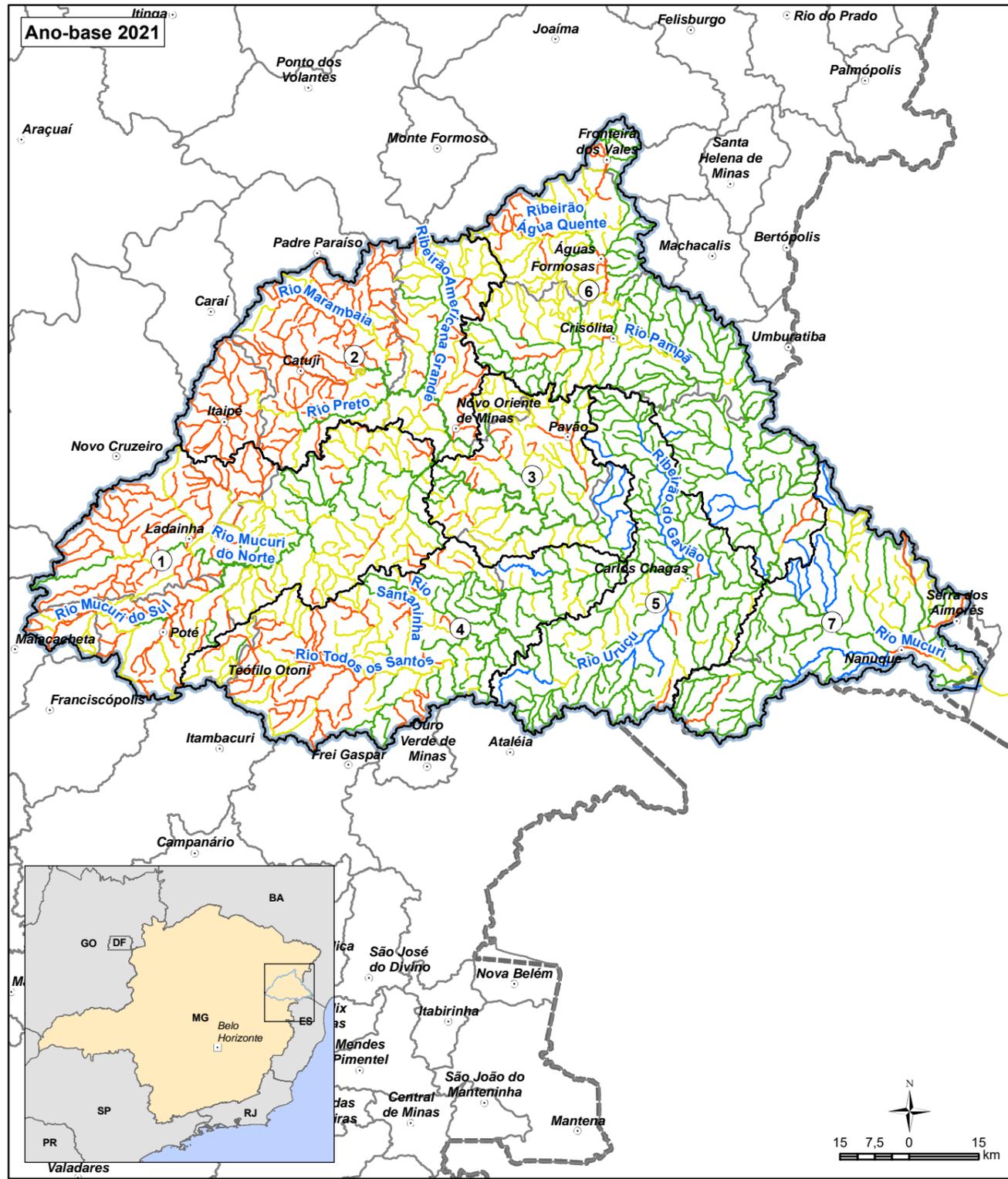
PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 24S
Escala: 1:1.180.000

Mapa 5.6 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: OD

Fonte de dados:
- Sede municipal: IBGE, 2015
- Limite municipal: IBGE, 2015
- Limite estadual: IBGE, 2015
- Limite da UPGRH Adaptado conforme o limite das Otobacias - IGAM, 2010
- Limite das UHPs: Profill, 2018
- Qualidade da Água: Profill, 2019



Número da UHP	Nome UHP
1	UHP do Alto Rio Mucuri
2	UHP do Rio Marambaia
3	UHP do Médio Rio Mucuri
4	UHP do Rio Todos-os-Santos
5	UHP do Médio-Baixo Mucuri
6	UHP do Rio Pampã
7	UHP do Baixo Rio Mucuri

LEGENDA

- Sede Municipal
- ⊞ Limite UHPs
- ⊞ CH do Rio Mucuri
- Limite Municipal
- ⊞ Limite Estadual
- Qualidade da água no cenário tendencial**
- Parâmetro Coliformes Termotolerantes**
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



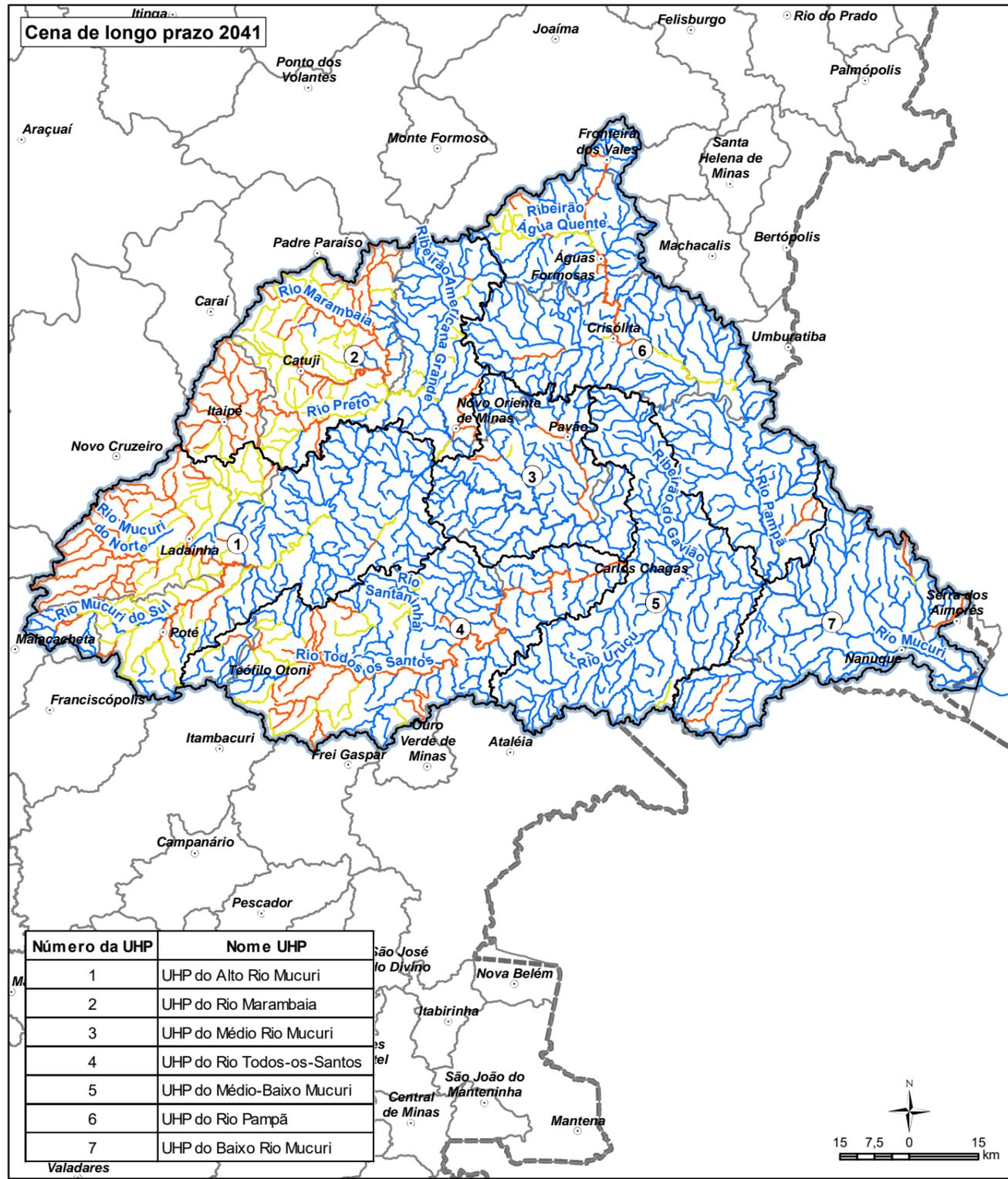
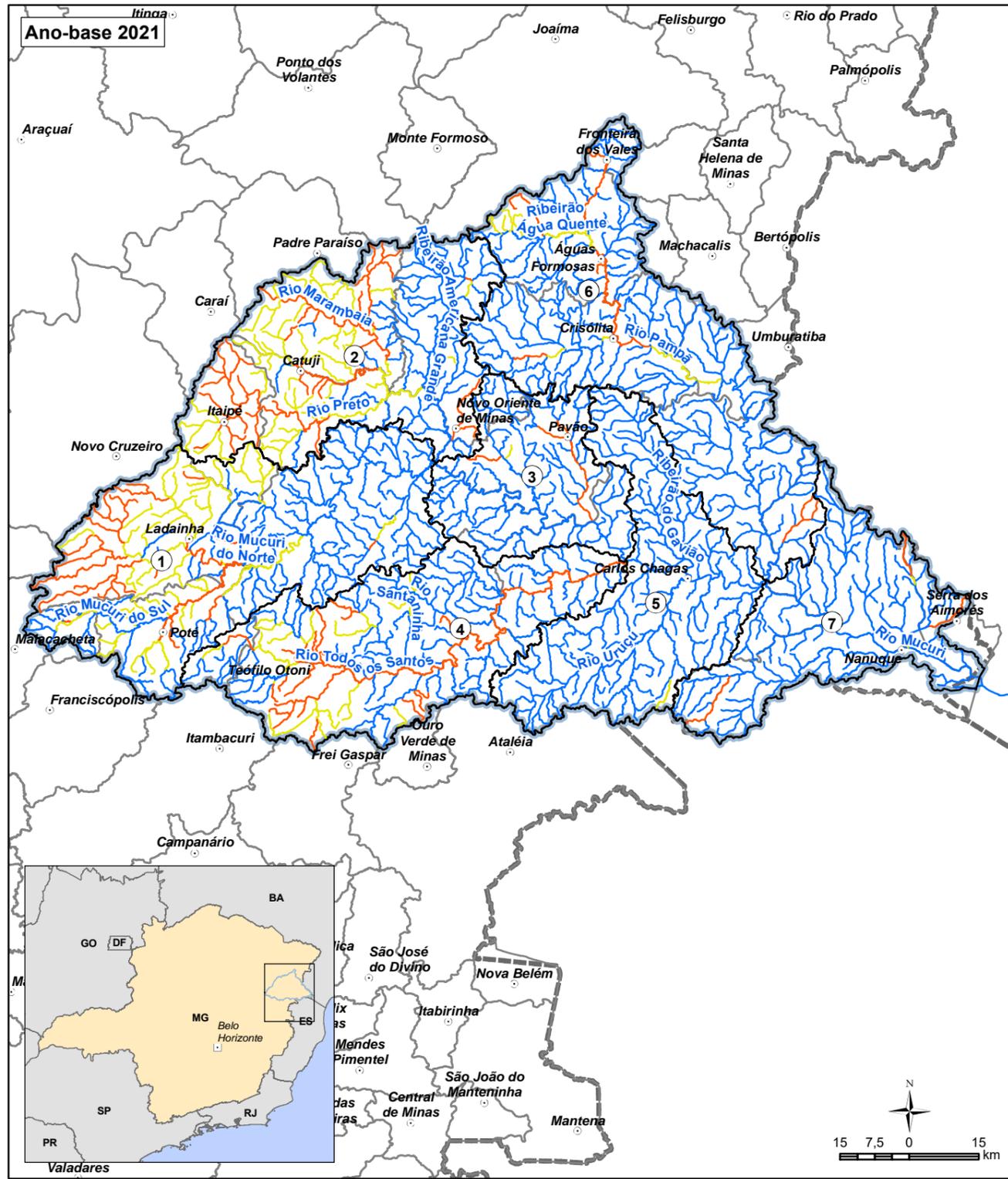
PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 24S
Escala: 1:1.180.000

Mapa 5.7 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Coliformes Termotolerantes

Fonte de dados:
- Sede municipal: IBGE, 2015
- Limite municipal: IBGE, 2015
- Limite estadual: IBGE, 2015
- Limite da UPGRH Adaptado conforme o limite das Ottobacias - IGAM, 2010
- Limite das UHPs: Profill, 2018
- Qualidade da Água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede Municipal
 - ⌘ Limite UHPs
 - ⌘ CH do Rio Mucuri
 - ⌘ Limite Municipal
 - ⌘ Limite Estadual
- Qualidade da água no cenário tendencial**
- Parâmetro Fósforo Total**
- Classe 1
 - Classe 3
 - Classe 4



PROGNÓSTICO

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS E ELABORAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUCURI

Sistema de Coordenadas UTM
Datum SIRGAS2000
Zona 24S
Escala: 1:1.180.000

Mapa 5.8 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Fósforo Total

Fonte de dados:
- Sede municipal: IBGE, 2015
- Limite municipal: IBGE, 2015
- Limite estadual: IBGE, 2015
- Limite da UPGRH Adaptado conforme o limite das Ottobacias - IGAM, 2010
- Limite das UHPs: Profill, 2018
- Qualidade da Água: Profill, 2019

5.2.4. Resultados do Cenário de Escassez Recorrente

A apresentação dos resultados de qualidade para o Cenário de Escassez Recorrente objetiva informar quais serão os parâmetros em situação de maior criticidade na ocorrência de um evento de escassez prolongada. Para tanto são apresentados os resultados por parâmetro e por UHP.

O Quadro 5.9 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP em relação à cena atual (2021) do Cenário de Escassez Recorrente. Neste caso podemos observar uma elevação expressiva das concentrações, reflexo da redução da capacidade de diluição dos efluentes. Em média, verifica-se um aumento em torno de 170% das concentrações dos parâmetros (e redução de 35% na concentração de oxigênio dissolvido), havendo alterações de classe especialmente para o parâmetro fósforo e DBO. Neste cenário, a maior parte da bacia teria condições de qualidade equivalentes às classes 3 e 4.

Quadro 5.9 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados no Cenário de Escassez Recorrente para a cena atual (2021).

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
Alto Rio Mucuri	11,24	3,51	2114,96	0,30	2,82	0,08	0,31	4
Rio Marambaia	12,36	2,81	4028,35	0,39	3,04	0,08	0,17	4
Médio Rio Mucuri	5,84	5,91	566,82	0,16	2,29	0,08	0,59	3
Rio Todos-os-Santos	25,36	4,04	4491,47	1,01	8,95	0,27	1,15	4
Médio-Baixo Mucuri	5,25	6,17	655,65	0,18	2,99	0,10	1,00	3
Rio Pampã	10,80	4,25	2786,92	0,29	2,50	0,07	0,28	4
Baixo Rio Mucuri	5,40	6,38	1525,51	0,17	2,66	0,09	1,09	3

* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o Quadro 5.10 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP em relação ao horizonte de longo prazo (2041) do Cenário de Escassez Recorrente. Novamente, observamos pouca alteração em relação ao horizonte atual, no entanto em condições bastante comprometidas em termos de qualidade da água em razão da oferta hídrica reduzida.



Quadro 5.10 - Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados no Cenário de Escassez Recorrente para a cena de longo prazo (2041).

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
Alto Rio Mucuri	12,93	3,09	2349,31	0,33	3,13	0,09	0,35	4
Rio Marambaia	12,98	2,69	4341,53	0,41	3,28	0,09	0,19	4
Médio Rio Mucuri	6,19	5,71	578,88	0,17	2,48	0,08	0,65	3
Rio Todos-os-Santos	26,87	3,80	4766,32	1,07	9,52	0,29	1,23	4
Médio-Baixo Mucuri	5,52	6,01	655,24	0,19	3,21	0,11	1,08	3
Rio Pampã	11,10	4,15	3000,75	0,31	2,69	0,08	0,30	4
Baixo Rio Mucuri	5,53	6,27	1516,37	0,17	2,84	0,09	1,18	3

* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.



6. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS

A compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas pode ser entendida como o aspecto central da gestão de recursos hídricos, uma vez que essa se cerca de subsídios e gera informações para que seja viabilizada a sustentabilidade do uso do recurso “água”. Uma vez que esse recurso é escasso e finito no contínuo de sua utilização, cabe à gestão tornar **sustentável – ou compatível** – a quantidade e qualidade do recurso existente frente à sua utilização.

Não é sem razão que uma das informações mais relevantes para o processo de gestão é o **balanço hídrico**, conforme apresentado no capítulo anterior. No desenvolvimento dos processos e instrumentos de gestão o propósito de equilíbrio e preferencialmente de um saldo positivo, que permeia o termo balanço, fica subentendido. Contudo, o exercício de compatibilização das disponibilidades, para as quais a possibilidade de controle é menor, com as demandas, que a princípio podem ser mais controladas, coloca o planejamento em frente à necessidade de traçar estratégias e limites para o alcance e manutenção do equilíbrio entre ambas, tornando os usos sustentáveis e compatíveis com a capacidade de suporte dos sistemas hídricos.

Torna-se relevante tratar de capacidade de suporte dos sistemas hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri para firmar o entendimento de que nem todo o recurso natural existente está disponível para uso das atividades econômicas e manutenção da vida humana. A disponibilidade hídrica é necessária tanto para atender os usos múltiplos da água, quanto para a manutenção da vida aquática e dos ecossistemas.

Outro aspecto a considerar é que a eventual compatibilização entre disponibilidades e demandas é um processo dinâmico. A demanda responde a um conjunto complexo de fatores e pode ser aumentada ou diminuída sem considerar eventuais limitações de disponibilidade. Da mesma forma, a redução da disponibilidade natural também é possível, já que a ocorrência de períodos de escassez associados às variabilidades climáticas pode acarretar uma redução na água disponível, tanto de forma eventual, quanto permanentemente ou para longos períodos. Esses são os fatores preponderantes para a ocorrência de situações como as de racionamento de água, priorização de usos, entre outras que geralmente acarretam prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Sendo assim, as alternativas de compatibilização entre disponibilidades e demandas são selecionadas com o objetivo de assegurar atendimento das demandas atuais e das projetadas, assim como para mitigar os efeitos de eventos de escassez recorrente. Para tal, são propostas alternativas técnicas consideradas viáveis para a compatibilização entre as disponibilidade e demandas hídricas focadas sobre as características da CH. Por um lado, são analisadas alternativas para a ampliação das disponibilidades, fazendo uso de artifícios que permitam aumentar a garantia e quantidade de



água disponível. Por outro lado, são avaliadas alternativas para a redução das demandas, fazendo uso de tecnologias e gerenciamentos que permitam reduzir o consumo de água, bem como a geração e o lançamento de cargas poluidoras, mesmo num contexto de maior pressão por aumento da demanda.

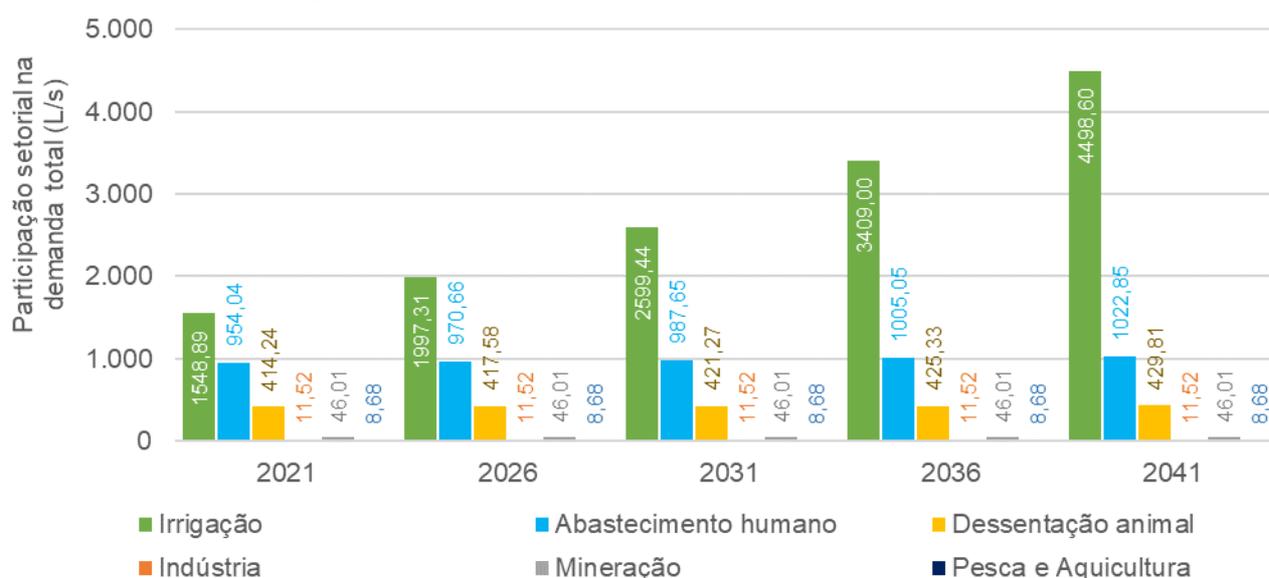
Essas alternativas, estruturais e não estruturais, assim como a análise dos incrementos positivos ou negativos das demandas, são apresentadas nos itens que seguem.

6.1. AVALIAÇÃO DOS INCREMENTOS POSITIVOS OU NEGATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS

A avaliação dos impactos futuros que as alterações nas demandas hídricas podem ter parte da projeção das demandas hídricas apresentada no capítulo 3. O objetivo é compor um quadro analítico que oriente a busca e seleção por alternativas de intervenção e gestão na bacia visando a mitigação e solução dos conflitos através da concertação dos interesses.

O primeiro aspecto a considerar para esta avaliação é a participação dos setores usuários no total das demandas das UHPs. O quadro geral da participação setorial na demanda da bacia é apresentado no item 3.2.5, no Quadro 3.8 e na Figura 3.6, onde é possível observar que os setores da indústria, mineração, pesca e aquicultura, além de uma reduzida demanda, não apresentam variações na projeção realizada, enquanto três setores se destacam seja pela maior participação nas demandas da região, seja por projetarem variação nas demandas para o futuro, sendo eles irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal, como pode ser observado na Figura 6.1.

Figura 6.1 - Participação das demandas setoriais projetadas.



Fonte: elaboração própria.



Esses três setores principais somam, na cena de 2021, 97,7% das demandas da bacia e ampliam essa participação na cena de 2041, chegando a 98,6%. Por isso, esses setores têm sua evolução avaliada em maior detalhe por UHP.

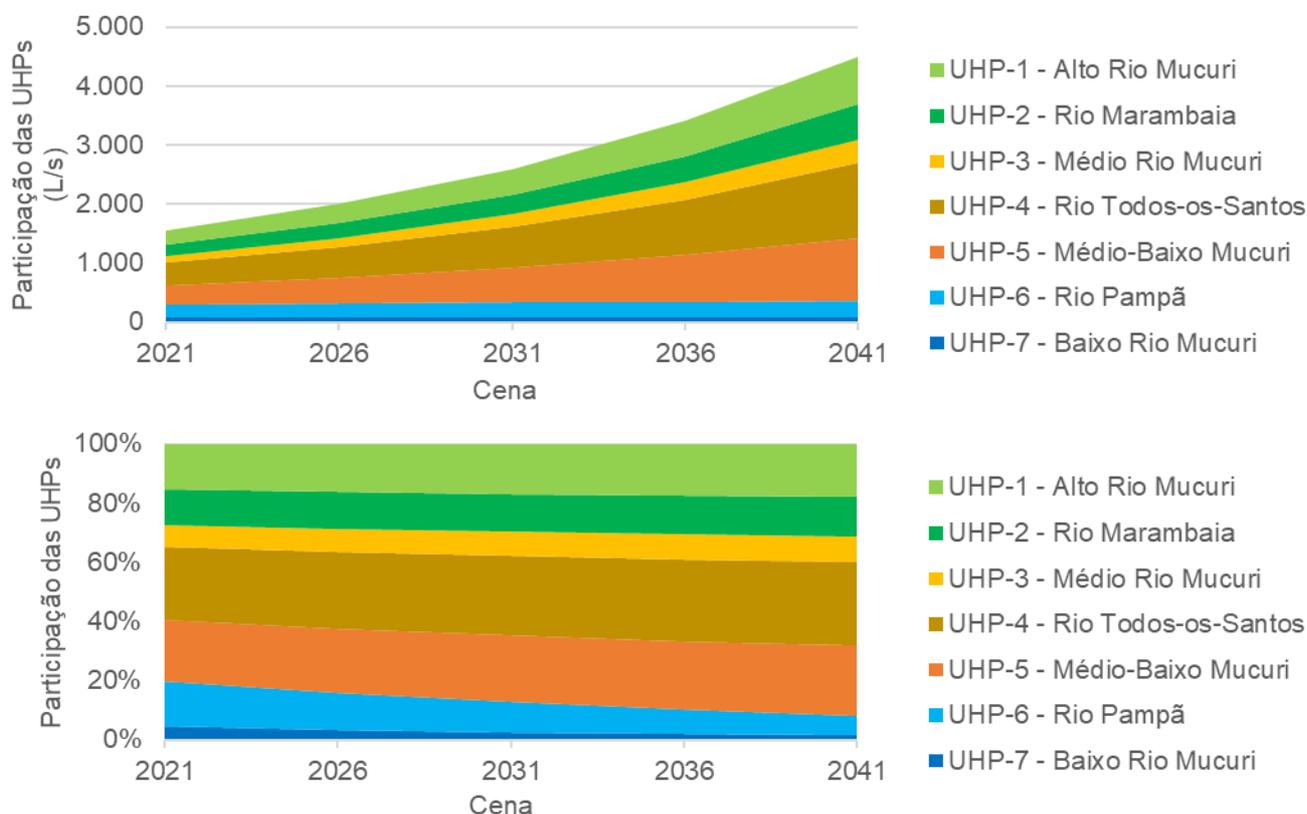
A projeção das demandas para o setor de irrigação, conforme o Quadro 6.1 e a Figura 6.2, aponta que, até a cena de 2031, a UHP-7 é a que apresenta menor demanda para irrigação e a UHP-4 representa a maior demanda. A UHP-1 possui diversificação nas culturas predominantes, sendo estas mandioca, feijão, milho, cana-de-açúcar e café. Já na UHP-7, predomina o cultivo da cana-de-açúcar.

Quadro 6.1 - Projeção das demandas do setor de irrigação por UHP.

UHP	2021 (L/s)	2026 (L/s)	2031 (L/s)	2036 (L/s)	2041 (L/s)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	240,54	324,95	438,97	593,00	801,09
UHP-2 - Rio Marambaia	182,28	246,24	332,65	449,38	607,06
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	115,88	156,54	211,48	285,68	385,93
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	382,88	517,23	698,73	943,91	1.275,13
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	321,57	434,41	586,84	792,76	1.070,94
UHP-6 - Rio Pampã	236,73	248,93	261,77	275,26	289,45
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	69,00	69,00	69,00	69,00	69,00
Total CH	1.548,89	1.997,31	2.599,44	3.409,00	4.498,60

Fonte: elaboração própria.

Figura 6.2 – Projeção das demandas e participação do setor de irrigação por UHP.



Fonte: elaboração própria.



O predomínio da cultura de cana de açúcar na UHP-7 e UHP-6, especialmente no município de Nanuque, motivou uma revisão da distribuição espacial das demandas de irrigação em relação à demanda do Diagnóstico (IGAM, 2021). Os dados divulgados após a elaboração do estudo de demandas hídricas permitiram atender a um questionamento que surgiu nas Consultas Públicas de Diagnóstico⁵, relativo a demandas elevadas para irrigação nessas UHP. Os dados consolidados do Censo Agropecuário de 2017 e o Atlas da Irrigação atualizado de 2021, ainda não publicado em sua totalidade pela Agência Nacional de Águas, apontam uma demanda reduzida para essa região, visto que o cultivo de cana é realizado pelo método de fertirrigação, que utiliza um quantitativo de água menor e oriundo do processo produtivo da própria indústria sucroalcooleira. Essas informações permitiram atualizar os quantitativos de demandas, os quais estão mais alinhados com as percepções colhidas na Consulta Pública, lastreando a distribuição realizada em dados do Censo Agropecuário e do Atlas da Irrigação, além de utilizar como referência a localização das captações no Cadastro de Outorgas do IGAM de 2018.

A UHP-4 também se destaca pela demanda hídrica elevada para irrigação, bem como sua projeção de crescimento, sendo os cultivos mais expressivos atualmente a cana-de-açúcar, o milho e o feijão. Cerca de 25% da área da UHP do Rio Todos os Santos é ocupada por mosaico de agricultura e pastagem.

Na UHP-6, a demanda para irrigação representa a quarta maior demanda até a cena de 2026. Após, a demanda da UHP-6 passa a ser inferior à da UHP-2 e da UHP-3. A área de agricultura e mosaico é relativamente pequena na UHP-6 (11,4%), sendo as maiores áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar, principalmente nos municípios de Nanuque e Carlos Chagas.

As UHPs 2 e 3 apresentam áreas menores de agricultura, assim como demandas inicialmente baixas, mas que crescem ao longo do horizonte de planejamento e passam a representar demandas significativas na bacia, indicando potencial de expansão da agricultura irrigada.

A UHP-5 apresenta demanda projetada mais elevada para irrigação, o que leva a uma redução relativa da demanda de dessedentação animal. Além disso apresenta características que permitiriam a expansão da irrigação de culturas em áreas mais extensas, dado o relevo da região e também a possibilidade de desenvolvimento da atividade pecuária com maior valor agregado, associando irrigação e melhoria dos rebanhos ou a instalação de uma bacia leiteira, já que há indústria de laticínios instalada.

⁵ Consultas realizadas de 06 a 08 de novembro de 2019. Essa etapa do processo de participação social da elaboração do PDRH e ECA é descrita no Relatório da Consulta Pública de Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

No que tange às demandas para o abastecimento humano, as taxas de crescimento populacional da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri são inferiores a 0,7% a.a. Desta forma, as estimativas de crescimento das demandas no horizonte de planejamento não apresentam variações superiores a 43 l/s entre 2041 e 2021, sendo que não há variação em algumas UHPs. Como comentado no item 3.2.1, são situações que apontaram taxas negativas de crescimento da população, sendo que para fins de projeção de demanda, as demandas da cena atual foram mantidas ao invés de ser projetada uma redução.

Conforme pode ser observado no Quadro 6.2 e na Figura 6.3, a UHP-4 possui a maior demanda para abastecimento humano durante todo o horizonte de planejamento, uma vez que a maior concentração populacional da bacia se encontra nesta UHP, onde está a sede de Teófilo Otoni. Estima-se um aumento de 1,65 l/s a cada 5 anos, resultando numa demanda hídrica de 508,51 l/s em 2041, aproximadamente 50% da demanda total para abastecimento humano da CH

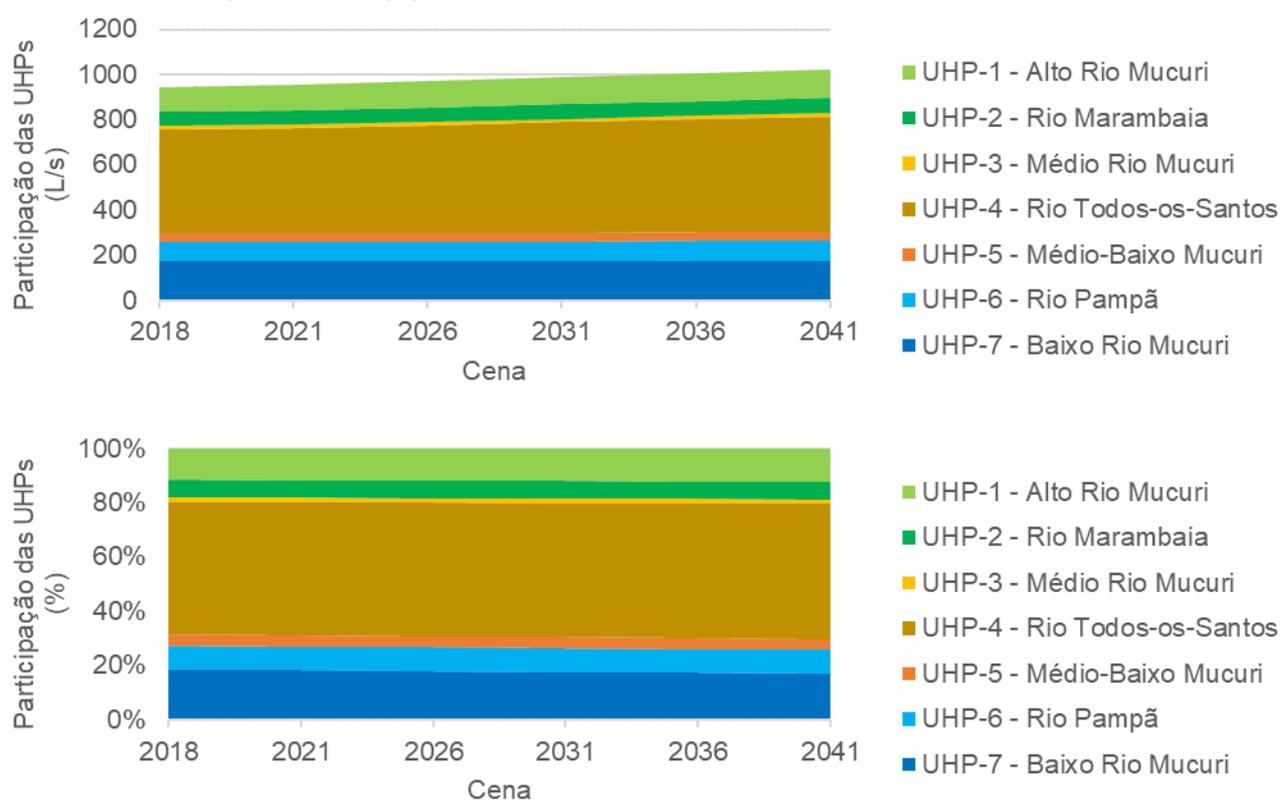
Quadro 6.2 - Projeção das demandas do setor de abastecimento por UHP.

UHP	2021 (L/s)	2026 (L/s)	2031 (L/s)	2036 (L/s)	2041 (L/s)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	111,60	114,89	118,28	121,77	125,36
UHP-2 - Rio Marambaia	61,37	62,66	63,97	65,32	66,69
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	16,74	16,74	16,74	16,74	16,74
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	466,21	476,52	487,05	497,81	508,81
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	40,44	40,44	40,44	40,44	40,44
UHP-6 - Rio Pampã	83,04	84,77	86,53	88,33	90,17
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	174,64	174,64	174,64	174,64	174,64
Total CH	954,04	970,66	987,65	1005,05	1022,85

Fonte: elaboração própria.



Figura 6.3 - Projeção das demandas do setor de abastecimento por UHP.



Fonte: elaboração própria.

A segunda maior demanda hídrica ocorre na UHP-7, onde também é observada a segunda maior densidade populacional da bacia. A demanda se mantém constante no horizonte de planejamento, mas continua sendo importante, uma vez que na UHP do Baixo Rio Mucuri a demanda hídrica total, considerando todos os setores, é a maior da CH.

A UHP-1 apresenta a terceira maior demanda hídrica para abastecimento humano, que cresce, em média, 3,44 l/s a cada 5 anos. As demais UHPs apresentam variações inferiores a 2 l/s a cada 5 anos, sendo que a UHP-3 e a UHP-5 possuem variação nula (mantém a demanda atual).

No que se refere às demandas para o setor de dessedentação animal, de acordo com o Quadro 6.3 e a Figura 6.4, a UHP-6 é a que possui maior demanda hídrica (101,53 l/s), que é constante no horizonte de planejamento. Esta demanda é justificada pela significativa área destinada a pastagens (mais de 59%) e elevado rebanho bovino, que é o maior da CH. Porém, também é a UHP mais sensível a variações climáticas e à eventual redução dos rebanhos no caso de períodos de menor disponibilidade hídrica.

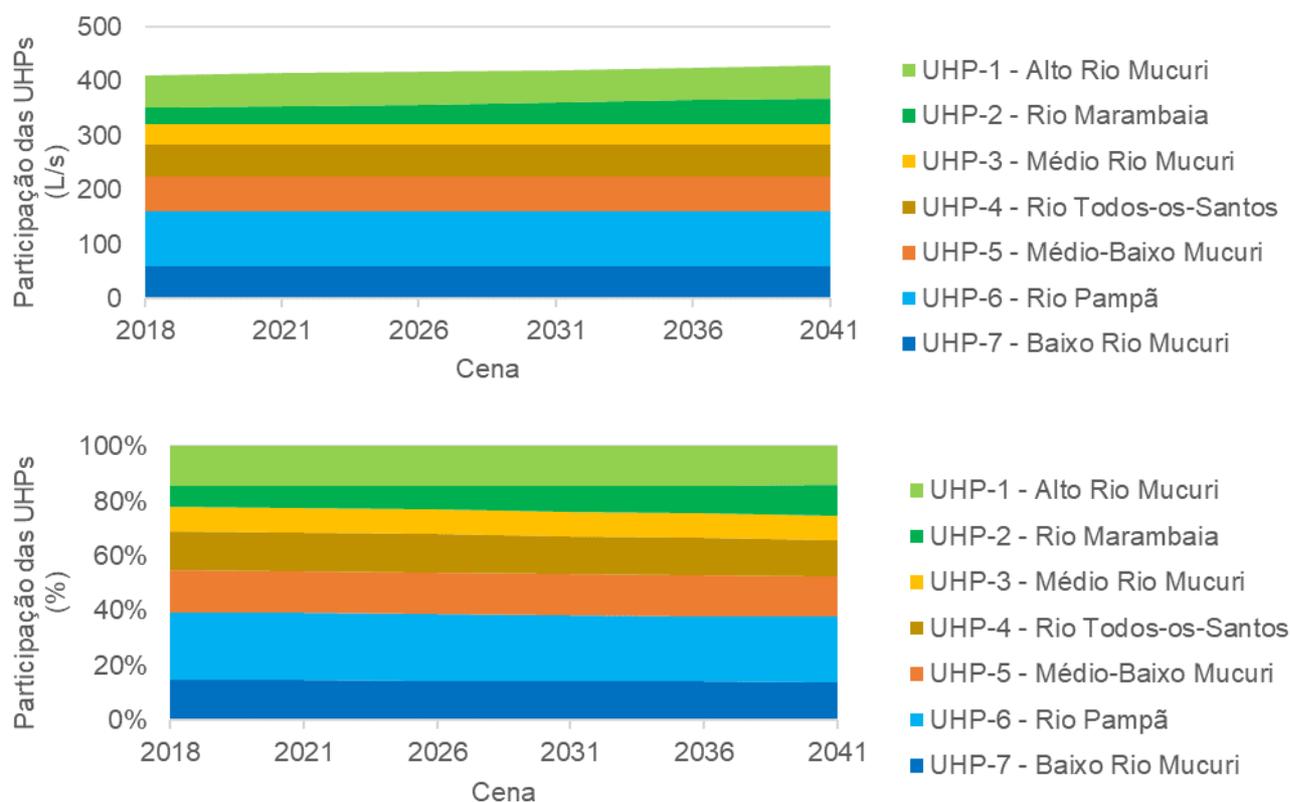


Quadro 6.3 - Projeção das demandas do setor de dessedentação animal por UHP.

UHP	2021 (L/s)	2026 (L/s)	2031 (L/s)	2036 (L/s)	2041 (L/s)
UHP-1 - Alto Rio Mucuri	60,49	60,49	60,49	60,49	60,49
UHP-2 - Rio Marambaia	32,40	35,74	39,43	43,49	47,97
UHP-3 - Médio Rio Mucuri	37,85	37,85	37,85	37,85	37,85
UHP-4 - Rio Todos-os-Santos	58,15	58,15	58,15	58,15	58,15
UHP-5 - Médio-Baixo Mucuri	63,31	63,31	63,31	63,31	63,31
UHP-6 - Rio Pampã	101,53	101,53	101,53	101,53	101,53
UHP-7 - Baixo Rio Mucuri	60,51	60,51	60,51	60,51	60,51
Total CH	414,24	417,58	421,27	425,33	429,81

Fonte: elaboração própria.

Figura 6.4 - Projeção das demandas do setor de dessedentação por UHP.



Fonte: elaboração própria.

Nas UHPs 1, 4, 5 e 7, observam-se demandas bastante parecidas e próximas a 60 l/s, que também não variam ao longo do horizonte de planejamento. Na UHP 2 e na UHP 3, as demandas hídricas para dessedentação são ainda menores, indicando reduzida presença do setor. O número de cabeças de gado nestas duas UHPs é inferior a 70 mil, enquanto nas demais UHPs é superior a 100 mil.

De maneira geral esse quadro de manutenção das demandas para os setores de indústria, mineração, pesca e aquicultura, enquanto as demandas de irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal aumentam, torna a participação desse último grupo maior à cada cena, como já apresentado no Quadro 3.8.



Para uma avaliação integrada das projeções de demanda da CH, no Quadro 6.4 é apresentada a estimativa de demanda para cada setor acompanhada da participação setorial no total das demandas, além da estimativa de participação da água subterrânea na captação de água em 2018.

Quadro 6.4 - Participação das demandas setoriais na cena 2041 e do uso da água subterrânea em 2018.

UHP	Demanda na cena 2041 (L/s)	Participação setorial na cena 2041	Participação do uso da água subterrânea dos setores em 2018
Abastecimento humano	1022,85	17,0%	16,0%
Indústria	11,52	0,2%	69,9%
Dessedentação animal	429,81	7,1%	12,2%
Irrigação	4498,60	74,8%	2,4%
Mineração	46,01	0,8%	0,5%
Pesca e Aquicultura	8,68	0,1%	2,7%
Total CH	6017,47	100%	-

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado no Quadro 6.4, a participação da água subterrânea no total utilizado pelos setores econômicos é bastante variável, com destaque para o setor industrial. A manutenção dessas proporções, se analisadas em números absolutos de vazão, faria com que o abastecimento permanecesse como setor de maior demanda de água subterrânea, mas a irrigação passaria a segundo setor de maior demanda, superando a dessedentação animal. As demandas nos demais setores não se alterariam.

Em linhas gerais, o incremento muito expressivo na demanda do setor de irrigação é o principal elemento de pressão sobre os recursos hídricos na região, de forma que a maior utilização de água subterrânea pode surgir como alternativa de abastecimento. Assim, o aproveitamento das águas subterrâneas é uma das alternativas que serão discutidas no item que segue, que trata das alternativas para incrementar a disponibilidade frente às demandas.

6.2. ALTERNATIVAS PARA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO NA BACIA PARA OS CENÁRIOS, TENDÊNCIAS E ALTERNATIVAS

Para a obtenção do equilíbrio entre disponibilidade e demanda hídrica, é essencial a atuação em “ambos os lados da balança”, ou seja, é necessária a implementação de ações que possibilitem um incremento de disponibilidade que atenda em termos quantitativos e locais as demandas hídricas. Essa atuação tem por objetivo, principalmente, o aumento da garantia de disponibilidade hídrica, aumentando a oferta de água na bacia e a tornando mais regular.

A seguir, são apresentadas alternativas com potencial de aplicabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, considerando as problemáticas dos cenários propostos.

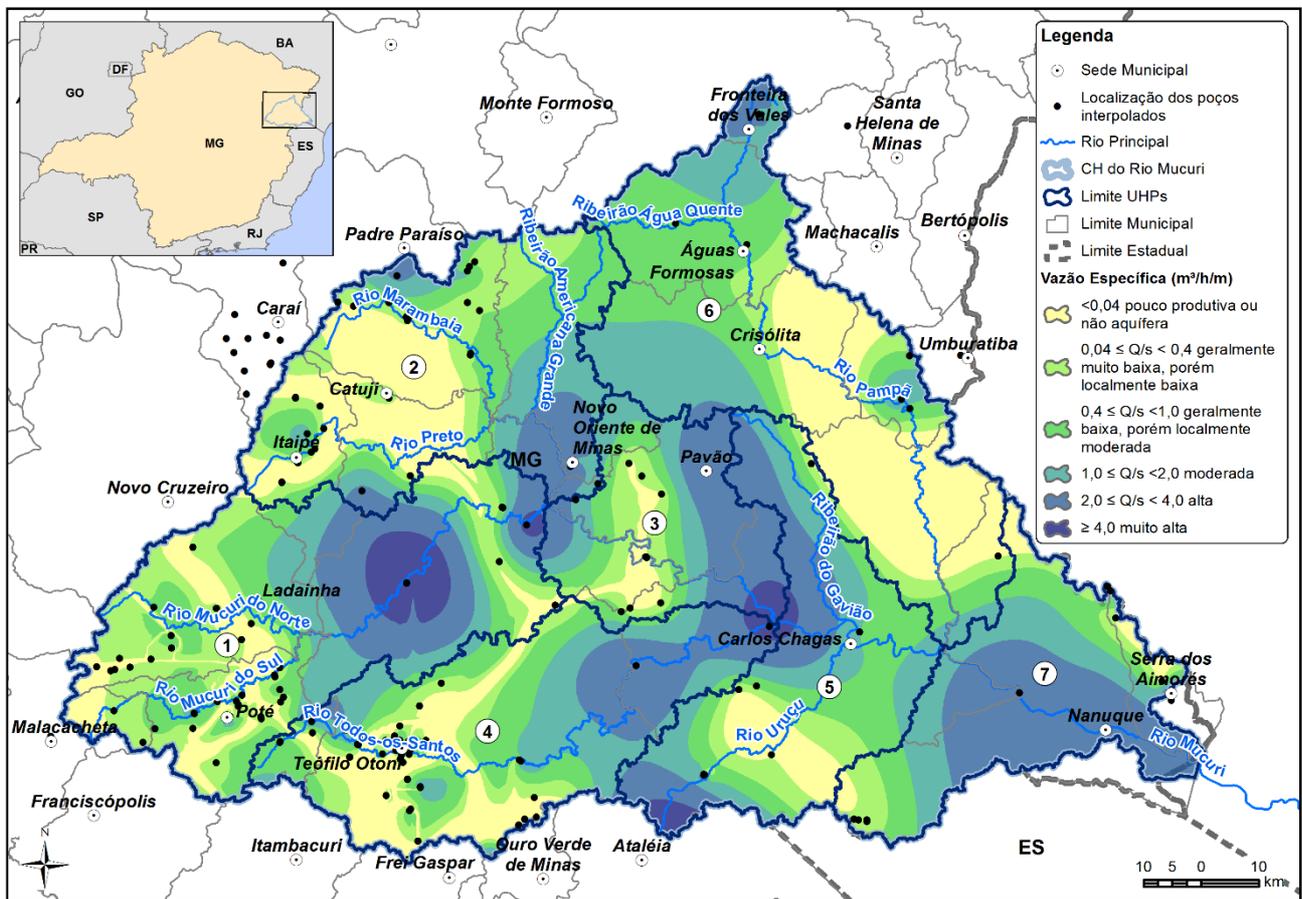


6.2.1. Captação de água subterrânea

A captação subterrânea é uma alternativa para aumento da oferta de água que complementa as captações superficiais, sendo adequada para todos os cenários propostos. A Figura 6.5 ilustra a potencialidade dos aquíferos na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, destacando como regiões com maior potencialidade dos aquíferos:

- UHP-1, após a confluência do Rio Mucuri do Norte e do Rio Mucuri do Sul;
- Confluência da UHP-1 e UHP-2;
- Confluência da UHP-3 e UHP-4;
- Grande parte da UHP-7.

Figura 6.5 - Potencialidade dos aquíferos nas UHPs da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri



Fonte: elaboração própria.

Esses locais identificados como de maior disponibilidade hídrica subterrânea devem ser considerados como tendo maior potencialidade para aumento da irrigação. De todo modo, a utilização da água subterrânea exige estudos aprofundados, tendo em vista a incerteza relacionada à estimativa de disponibilidade hídrica e os riscos de superexploração.



É importante destacar que as águas subterrâneas estão ligadas às águas superficiais e, portanto, seu uso deve estar associado a um sistema que monitore o impacto em todo o sistema hídrico regional.

6.2.2. Proteção de nascentes e da mata ciliar

Por lei, as áreas de nascentes devem ser protegidas por um raio de no mínimo 50 metros de vegetação nativa, assim como as margens dos cursos d'água, dependendo da largura destes. Entretanto, na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, há áreas com supressão de mata nativa e áreas com agricultura e pastagem que podem estar pressionando e deteriorando nascentes e matas ciliares.

A proteção de nascentes é importante para garantir a infiltração da água no solo, manter a vazão natural, controlar a erosão do solo e reduzir o carreamento de sedimentos, garantindo quantidade e qualidade da água no curso hídrico. Portanto, o desmatamento e o desenvolvimento de atividades em áreas de nascente ou em margens dos rios podem comprometer o recurso hídrico e os usos dependentes.

Assim, uma forma de aumentar a disponibilidade e a regularidade dos recursos hídricos, na realidade se aproximar do potencial de produção de água na bacia, é recuperar a capacidade natural de produção de água através da proteção das nascentes e a recomposição da mata ciliar nos cursos hídricos da Bacia do Mucuri. Estas ações são necessárias principalmente nas UHPs 5 e 7, nas quais se identificou menor percentual de formações florestais dentro de APPs (IGAM, 2021a).

6.2.3. Conservação do solo e controle da erosão e do assoreamento

Em solos expostos, a infiltração da água da chuva é reduzida e, conseqüentemente, o escoamento superficial é maior, fazendo com que a chuva atinja rapidamente a calha dos rios. Além disso, a chuva desagrega e carrega partículas do solo, gerando erosão e assoreamento dos rios.

A aplicação de técnicas de manejo e conservação do solo contribui tanto para a quantidade, quanto para a qualidade da água, pois reduz a massa de sedimentos carreados para os rios e aumenta a infiltração da água no solo, alimentando gradualmente o lençol freático e possibilitando a regularização da vazão dos rios, inclusive em períodos de estiagem.

Uma vez que o estudo do diagnóstico (IGAM, 2021a) apontou que 59% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri se encontra com potencial de perda do solo nos graus alto, muito alto e extremamente alto, as técnicas de conservação do solo e controle da erosão tornam-se adequadas e indispensáveis à bacia. Além disso, o uso intensivo do solo para agricultura e pastagem, em mais de 70% da área da bacia, reforça a necessidade de utilização destas técnicas. Algumas técnicas



recomendadas, de acordo com CATI (2014), são o terraceamento, a rotação de culturas e o plantio direto.

As técnicas podem ser amplamente aplicadas na bacia, considerando todos os cenários propostos e, evidentemente, de acordo com as particularidades do clima, do relevo, do solo e dos cultivos de cada UHP. Deve ser dada atenção especial às UHPs 1 e 6, que possuem mais de 10% da área com vulnerabilidade do solo à erosão alta, muito alta ou extremamente alta.

6.2.4. Construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinhas”

As barraginhas são um sistema de mini açudes capazes de conter as águas das chuvas por represamento. Esse sistema pode ser instalado em áreas de pastagens, lavouras e beiras de estradas onde ocorrem enxurradas, de modo a conter a água e evitar erosões, voçorocas, assoreamentos e amenizar as enchentes (EMBRAPA, 2009).

Desta forma, ao reter a água, ocorre a infiltração no solo, recarregando os aquíferos, que, por sua vez, vão abastecer os mananciais. Além disso, o entorno de cada barraginha fica umedecido propiciando o cultivo de lavouras isoladas. As barraginhas também podem servir de reservatório de água para uso produtivo, como irrigação e dessedentação animal.

Segundo o estudo da EMBRAPA (2009), o sistema tem amplitude de atuação em regiões com precipitações anuais entre 500 mm a 1.800 mm, atuando nos períodos de chuvas intensas. Na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, a variação da precipitação é predominantemente de 1050 a 1250 mm/ano, sendo apta à instalação de barraginhas.

Tendo em vista o amplo uso do solo para a atividade agropecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, o sistema de barraginhas pode ser instalado amplamente nas propriedades da região.

Como complemento à instalação de barraginhas, também podem ser construídas estruturas de curvas de nível com “cochos sucessivos” ou “cochinhas”, que são valas abertas acompanhando as curvas de nível, atuando de forma semelhante às barraginhas, mas podendo ter maior aplicabilidade em terrenos com diferentes declividades.

6.2.5. Construção de barramentos

A construção de barramentos tem como objetivo reter uma grande quantidade de água para reservação e regularização de vazões, garantindo o armazenamento de água para períodos de seca. Entretanto, a criação de reservatórios implica na inundação de áreas e está associada a diversos potenciais impactos socioeconômicos e ambientais, como a realocação de famílias, perda de patrimônios históricos e culturais, perda da biodiversidade, entre outros.



Desta forma, os projetos de barramentos devem ser bastante minuciosos, considerando todos os impactos ambientais envolvidos e a avaliação do local mais adequado para instalação. Além disso, deve ser dada prioridade para a construção nas UHPs que tenham condições de receber estas estruturas e possuam maiores percentuais de não atendimento às demandas hídricas e déficits hídricos.

Todas as UHPs da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri apresentam algum grau de criticidade relacionado ao atendimento das demandas hídricas, entretanto, tendo em vista um possível cenário de escassez, deve-se priorizar a construção de barramentos nas UHPs com situações mais críticas, como é o caso da UHP 4 – Rio Todos os Santos. O incremento de água na bacia através da construção de barramentos deve ser levado em consideração, mas é apenas uma das alternativas que pode ser adotada em conjunto com medidas para redução das demandas hídricas.

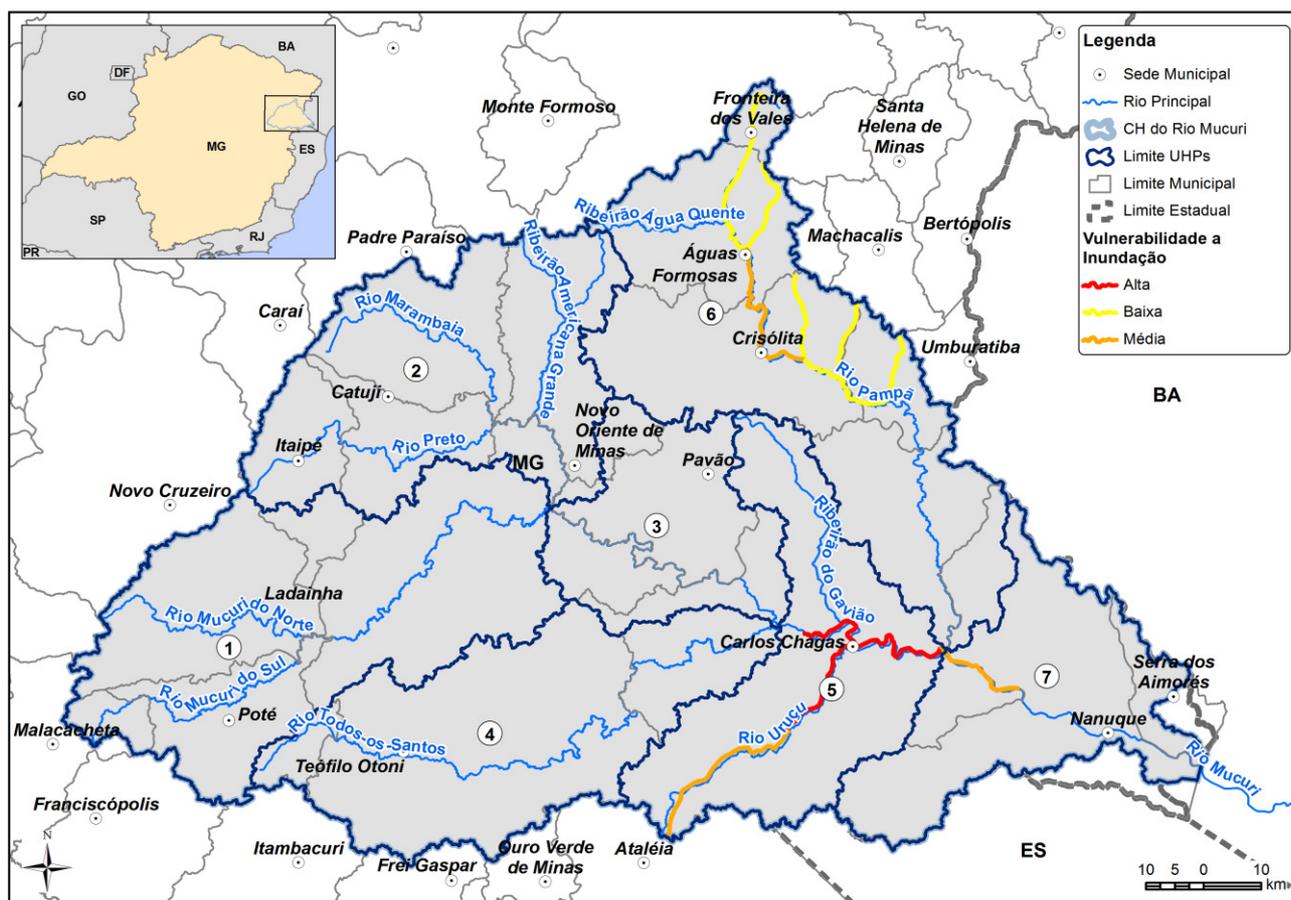
6.3. REDUÇÃO DE IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS EXTREMOS

Os processos de urbanização e, conseqüentemente impermeabilização do solo e canalização de cursos d'água, fez com que rios urbanos passassem a inundar com maior frequência (TUCCI, 2004). Os principais problemas relacionados à drenagem de águas pluviais referem-se ao acúmulo de materiais nas seções de escoamento (resíduos sólidos e sedimentos), que compromete o escoamento, e o lançamento de esgotos sanitários no sistema de drenagem, de forma que as águas pluviais passam a transportar uma alta carga poluente decorrente do arraste de materiais sólidos de áreas urbanas.

Conforme levantado no Diagnóstico (IGAM, 2021a), alguns municípios inseridos na Bacias Hidrográfica do Rio Mucuri sofrem prejuízos relacionados a enchentes, enxurradas e inundações. Conforme pode ser observado na Figura 6.6, destacam-se trechos de alta e média vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014) na UHP-5 – Médio-Baixo Rio Mucuri, na UHP-6 – Rio Pampã e na UHP-7 – Baixo Rio Mucuri.



Figura 6.6 – Vulnerabilidade a inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.



Fonte: elaborado com base em ANA (2014).

Em virtude desses eventos críticos, além dos danos diretos gerados à população, a qualidade da água e o sistema de abastecimento também podem ser afetados, prejudicando diversos setores. Para garantir água disponível em qualidade e quantidade para a população nestas situações, é necessário adaptar os sistemas de drenagem de acordo com a realidade de cada município, proporcionando aumento da infiltração da água no solo e a transposição das águas pluviais.

6.4. ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO E REGULAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS

A capacidade de incremento das disponibilidades hídricas é limitada pelas características da disponibilidade do recurso, muitas delas naturais ou com custos muito elevados para implantação. Desta forma é necessária a avaliação de alternativas não estruturais que contribuam para o equilíbrio necessário entre a quantidade de água demandada e a quantidade de água disponível. Essas alternativas não estruturais são características da gestão de recursos hídricos, fazendo uso dos seus instrumentos e de tecnologias para atuar e regular as demandas através de ações preventivas, de planejamento e conscientização, de ações diretas sobre a demanda, fazendo uso de mecanismo como a outorga e a cobrança, e, por fim, ações que visam inibir práticas inapropriadas através da identificação de irregularidades por ações de fiscalização.



A seguir, são levantadas e brevemente detalhadas algumas alternativas de atuação e regulação sobre as demandas:

- Planejamento e gestão: implementação do PDRH e do ECA para mitigar conflitos e reduzir impactos;
- Regularização de outorgas: disciplina a demanda hídrica crescente;
- Cobrança pelo uso da água: induz a mudança de comportamento dos usuários e financia ações de gestão mais eficientes;
- Fiscalização: incentiva os usuários a regularizarem as outorgas, respeitarem a vazão outorgada para captação e as exigências de qualidade dos efluentes lançados;
- Educação ambiental: permite melhor compreensão, por parte dos usuários, das funções dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos; informa aos usuários a respeito da importância do consumo consciente e da necessidade da implantação de medidas que reduzam o consumo de água.

Em especial, em períodos críticos de escassez, é necessária a priorização de usos em detrimento de determinadas atividades, entrando em ação mecanismos de alocação de água. A gestão de conflitos torna-se importante neste cenário, uma vez que não será possível atender todas as demandas da região e pode ser necessária a suspensão de novas outorgas. Já no cenário de aperfeiçoamento da gestão, o foco é na busca da plena implementação de todos os instrumentos de gestão e a integração entre a fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente.

As alternativas mencionadas devem ser adotadas em conjunto com alternativas estruturais, que juntas resultam na redução da quantidade de água demandada em diversos setores, tais como:

- Redução das perdas de água no sistema abastecimento urbano: as perdas de abastecimento podem chegar a mais de 30% em alguns municípios, representando um significativo valor da demanda hídrica;
- Coleta e armazenamento da água da chuva: a água da chuva pode ser utilizada para irrigação, descargas, entre outros usos;
- Utilização de métodos de irrigação mais eficientes: a eficiência adequada de métodos de irrigação pode gerar significativa redução das demandas, especialmente se forem utilizados métodos de irrigação localizados em detrimento de pivôs centrais ou sistemas de aspersão;
- Reuso da água na indústria: dependendo do tipo de indústria, é possível a reutilização da água em processos, reduzindo a demanda.



6.5. REDUÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS

A presença e o crescimento populacional, mesmo que moderado, e o desenvolvimento das atividades setoriais na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, representam pressões relacionadas à qualidade da água, uma vez que geram efluentes que são despejados nos corpos hídricos. A retirada de água para estes usos diminui a vazão dos cursos hídricos, podendo agravar ainda mais a situação da qualidade. Como consequência, podem ser gerados prejuízos à vida aquática, à saúde da população e à economia da bacia, devido à restrição de usos em detrimento da qualidade inadequada da água.

A proposição de alternativas para redução de cargas poluidoras é feita com base nos resultados da projeção de cargas e no balanço qualitativo nos trechos dos rios. Destaca-se que a baixa densidade de pontos de monitoramento da qualidade da água dificulta a análise de situações pontuais nas UHPs e acaba caracterizando de forma genérica os corpos d'água.

O percentual de tratamento dos esgotos domésticos coletados é pouco satisfatório na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, variando de 32,78%, na UHP-2, a 60,30%, na UHP-4, resultando nos lançamentos de cargas orgânicas elevadas nos corpos hídricos. Analisando o balanço qualitativo para o parâmetro DBO, observa-se que 40,5% dos trechos se encontram em condições equivalentes a Classe 1, 17,79% Classe 2, 12,15% Classe 3 e 5,78% Classe 4. Isto indica que as condições qualitativas da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri encontram-se relativamente boas, com mais de 80% dos trechos em condições equivalentes às Classes 1 e 2 em relação ao parâmetro DBO. Porém, conforme explanado anteriormente, há tendência para redução da disponibilidade hídrica e piora da qualidade das águas nos cenários futuros.

Frente a esta situação, são levantadas as seguintes alternativas:

- Implantação do enquadramento dos corpos d'água: definição de metas de enquadramento de acordo com os usos preponderantes;
- Ampliação do monitoramento qualitativo: instalação de novas estações de monitoramento da qualidade da água em locais representativos da bacia;
- Ampliação da capacidade de tratamento das ETEs: ampliação da capacidade através da alteração do sistema de tratamento atual ou ampliação das estruturas existentes;
- Ampliação da rede de coleta de esgotos: instalação de estruturas para atender maior percentual da população;
- Construção de novas ETEs: construção de ETEs em municípios com elevada carga urbana potencial e que ainda não possuem tratamento dos efluentes sanitários;



- Implantação de soluções de atendimento individual de esgotos para a população rural: seleção de alternativas de tratamento do esgoto (ex.: fossa seca, tanque séptico, vermifiltro etc.), de destinação do efluente tratado e destinação do lodo;
- Implantação de soluções de atendimento coletivo de esgotos para a população rural: seleção de alternativas de rede coletora (sistema unitário, misto ou separador absoluto) e de estações de tratamento de esgoto;
- Redução da poluição difusa em corpos hídricos: contenção e redução de cargas difusas poluidoras de origem urbana e rural, através do gerenciamento adequado de resíduos sólidos urbanos, redução de poluentes, manejo adequado de resíduos agropecuários, redução do uso de agrotóxicos, entre outros;
- Redução da carga poluidora de atividades industriais: implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental em indústrias, aumento da fiscalização e incentivo à melhoria da qualidade dos efluentes lançados.



7. ANÁLISE DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA

7.1. COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

A cobrança pelo uso da água é um instrumento econômico de gestão, fundamentando-se na água como recurso natural limitado e dotado de valor econômico. A água tem valor econômico em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade. De acordo com a Lei nº 9.433/97, a cobrança pelo uso da água possui os seguintes objetivos:

- I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II – incentivar a racionalização do uso da água;
- III – obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A cobrança não é um imposto, mas sim uma remuneração pelo uso de um bem público, que visa estimular o uso mais consciente da água, garantindo-a para os atuais usos e para as gerações futuras. O valor da cobrança é determinado em conjunto com os usuários da água, a sociedade civil e o poder público no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Nos rios de domínio da União, compete à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a arrecadação e o repasse dos valores à Agência de Água da Bacia, ou à entidade delegatária das funções de Agência de Água, conforme determina a Lei nº 10.881/2004. De acordo com a Lei 9.984/2000, são competências da ANA:

- I – Implementar a cobrança em articulação com os Comitês de Bacias Hidrográficas;
- II – Elaborar estudos técnicos para subsidiar o Conselho Nacional de Recursos Hídricos na definição dos valores a serem cobrados;
- III – Efetuar a Cobrança, podendo delegá-la às Agências de Água⁶.

Em 2017, de acordo com a ANA (2019), 6 bacias hidrográficas possuíam cobrança em rios de domínio da União, a saber: Bacia do Rio Paraíba do Sul, Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, Bacia do Rio São Francisco, Bacia do Rio Doce, Bacia do Rio Paranaíba e Bacia do Rio Verde Grande. De forma geral, os valores finais da cobrança são determinados através da multiplicação do Preço Público Unitário (PPU) por diversos coeficientes, que variam de acordo com o volume captado,

⁶ Conforme a Lei nº 10.881/04, a delegação da cobrança pelo uso de recursos hídricos não é permitida às entidades delegatárias de funções de Agência de Água, escolhidas dentre organizações civis de recursos hídricos, conforme definidas no art. 47 da Lei nº 9.433.

a classe do ponto de captação, carga orgânica e outras características específicas de cada usuário, como índice de perdas na distribuição e método de irrigação.

No Estado de Minas Gerais, apenas 12 bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais possuem cobrança implementada, sendo a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (CRH/MG) regulamentada pelo Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021, que dispõe sobre as condições para implementação da cobrança, mecanismos para a definição de valores e aplicação dos recursos. Os recursos arrecadados podem ser utilizados para os financiamentos de programas e ações previstas pelos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas (PDRH), visando à qualidade da água e sua melhoria.

O Quadro 7.1 apresenta os normativos legais a respeito da cobrança pelo uso da água em Minas Gerais, de acordo com o site do IGAM.

Quadro 7.1 – Normativos legais sobre a cobrança pelo uso da água no Estado de Minas Gerais

Norma	Descrição
Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Decreto 41.578, de 08 de março de 2001	Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.
Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004	Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais
Deliberação Normativa CERH nº 27, de 18 de dezembro de 2008	Dispõe sobre os procedimentos para arrecadação das receitas oriundas da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.
Deliberação Normativa CERH n.º 19, de 28 de junho de 2006	Regulamenta o art. 19, do Decreto 41.578/2001 que dispõe sobre as agências de bacia hidrográfica e entidades a elas equiparadas e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH n.º 22, de 25 de agosto de 2008	Dispõe sobre os procedimentos de equiparação e de desequiparação das entidades equiparadas à agência de bacia hidrográfica e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH n.º 23, de 12 de setembro de 2008	Dispõe sobre os contratos de gestão entre o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e as entidades equiparadas a Agências de Bacias Hidrográficas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.
Resolução Conjunta ANA/IGAM nº 779, de 20 de outubro de 2009	Dispõe sobre a integração das bases de dados de uso de recursos hídricos entre a ANA e o IGAM, prioritariamente nas bacias em que a cobrança pelo uso de recursos hídricos estiver implementada.
Deliberação CERH-MG nº 215, de 15 de dezembro de 2009	Aprova a indicação do Agente Financeiro e do Agente Técnico para a cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais.

Norma	Descrição
Deliberação CERH-MG nº 216, de 15 de dezembro de 2009	Aprova o Manual Financeiro e o Manual Técnico da cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais
Portaria IGAM nº 038, de 21 de dezembro de 2009	Institui o valor mínimo anual de cobrança pelo uso de recursos hídricos para fins de emissão do Documento de Arrecadação Estadual - DAE; dispõe sobre o parcelamento do débito consolidado, e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEF/SEMAD/IGAM nº 4.179, de 29 de dezembro de 2009	Dispõe sobre os procedimentos administrativos relativos à arrecadação decorrente da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais (CRH/MG), e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH nº 34, de 16 de agosto de 2010.	Define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos que menciona e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEMAD/SEPLAG/SEF/IGAM nº 1349, de 01 de Agosto de 2011	Aprova o Manual Financeiro e o Manual Técnico da cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais
Deliberação Normativa CERH nº 62, de 17 de junho de 2019.	Altera Deliberação Normativa CERH-MG nº 09, de 16 de junho de 2004.
Portaria IGAM nº 52, de 25 de outubro de 2019.	Estabelece procedimentos e normas para aplicação dos recursos, prestação e deliberação das contas com recurso da cobrança pelo uso de recursos hídricos, no âmbito das Agências de Bacias Hidrográficas e das Entidades a elas equiparadas do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021.	Regulamenta a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais.
Manual Econômico-Financeiro da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos	Estabelece diretrizes e orienta os proponentes, o agente financeiro e a Agência de Bacia Hidrográfica ou Entidade a ela Equiparada quanto à aplicação dos recursos arrecadados com a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos
Manual de Procedimentos Técnicos para Aplicação de Recursos da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos	Estabelece normas, condições e procedimentos para aplicação de recursos financeiros provenientes da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos

Fonte: adaptado de IGAM (2020).

Tendo em vista que apenas 12 bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais possuem cobrança implementada, foi promulgado o Decreto nº 48.160/2021, regulamenta a Cobrança pelo Uso de Recursos no Estado. Para estabelecer os critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais, foi publicada a Deliberação Normativa CERH nº 68, de 22 de março de 2021

7.2. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA

A DN CERH-MG 68/2021 (CERH-MG, 2021) define para o estado de Minas Gerais uma metodologia que visa a simplicidade e transparência para a cobrança. As fórmulas são compostas pela base de cálculo e seu respectivo preço, sem coeficientes adicionais. O Quadro 7.2. apresenta as fórmulas de cálculo definidas de acordo com os setores usuários.



Quadro 7.2 – Fórmulas para a cobrança do uso da água de acordo com a DN CERH-MG 68/2021.

Finalidade	Fórmula
Agropecuária	$\text{Valor}_{\text{cap}} = [(Q_{\text{out}} + Q_{\text{med}})/2] \times \text{PPU}$
Saneamento	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{med}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Rebaixamento do nível de água para mineração	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{med}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Demais finalidades	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{out}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Lançamento de efluentes	$\text{Valor}_{\text{lanç}} = \text{CO DBO}_{5,20} \times \text{PPU}_{\text{lanç}}$

Fonte: adaptado de CERH-MG (2021)

Sendo,

$\text{Valor}_{\text{cap}}$: valor anual da cobrança pela derivação, captação ou extração de água [R\$/ano];

Q_{out} : volume outorgado [m³/ano];

Q_{med} : volume medido [m³/ano];

PPU : Preço Público Unitário para derivação, captação ou extração outorgada [R\$/m³];

CO DBO_{5,20}: carga orgânica efetivamente lançada em corpos hídricos de domínio do estado de Minas Gerais em kg/ano, conforme declarado pelo usuário junto ao IGAM;

$\text{PPU}_{\text{lanç}}$: Preço Público Unitário para carga orgânica lançada, em R\$/kg.

Entretanto, para que a simplicidade desejada não se torne obstáculo para a observância de outros parâmetros, conforme previsto pelo artigo 25 da Lei Estadual nº 13.199/1999, os preços passam a ser diferenciados conforme critérios específicos como: o tipo de uso, a finalidade, o porte de utilização da água, a disponibilidade hídrica local, o enquadramento dos corpos d'água e a racionalidade e eficiência do uso de recursos hídricos. Além disso, os preços são diferenciados por zona, considerando o enquadramento do corpo hídrico, a disponibilidade e o grau de regularização da oferta hídrica local, conforme descrito abaixo.

- **Zona A** – áreas de conflito (DAC) associadas a bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial e Classe 1;
- **Zona B** – áreas de conflito (DAC) associadas a bacias de contribuição a cursos d'água de Classe 2, Classe 3 ou Classe 4;
- **Zona C** – bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial, Classe 1 ou captações subterrâneas;
- **Zona D** – demais áreas

Os valores dos preços públicos unitários devem ser limitados a quatro casas decimais e devem ser atualizados anualmente de acordo com o IPCA ou índice que vier a sucedê-lo. O Quadro



7.3 apresenta os valores mínimos de PPU para o exercício de 2022, de acordo com as zonas e as finalidades de uso.

Quadro 7.3 – Valores mínimos de PPU, de acordo com as finalidades e as zonas.

Finalidade	Zona	PPU _{cap} (R\$/m ³)	PPU _{lanç} (R\$/kg DBO)
Abastecimento público	A	0,0320	0,2100
	B	0,0320	0,1900
	C	0,0320	0,1750
	D	0,0320	0,1600
Agropecuária	A	0,0042	-
	B	0,0038	-
	C	0,0035	-
	D	0,0032	-
Demais finalidades	A	0,0420	0,2100
	B	0,0380	0,1900
	C	0,0350	0,1750
	D	0,0320	0,1600

Fonte: adaptado de CERH-MG (2021)

As demandas calculadas na etapa de Diagnóstico (IGAM, 2021a) do PDRH da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus foram estimadas com base em diversas fontes de dados, tendo como objetivo subsidiar o balanço hídrico para a análise da criticidade. Utilizar estas vazões para o cálculo da cobrança pode superestimar o valor arrecadado. Desta forma, opta-se pela apresentação da estimativa de arrecadação anual realizada pelo IGAM (IGAM, 2021b), considerando os volumes outorgados consolidados em 2020, porém, sem o tratamento dos dados referentes a outorgas em áreas de conflito. Em relação ao lançamento de efluentes, o cálculo foi realizado apenas para o setor de saneamento, considerando-se que 80% do volume captado retorna aos corpos hídricos em forma de efluente e com concentração de carga orgânica igual a 300 mg/L.

A opção pela apresentação da estimativa realizada por IGAM (2021b) é realizada tendo como base o roteiro preconizado pelo Termo de Referência, que indica para a etapa de Prognóstico uma análise do potencial de arrecadação, a qual se entende como subsídio à avaliação de viabilidade das alternativas de intervenção selecionadas (objetos do item 9.1). Para a etapa seguinte do PDRH, Plano de Ação, o Termo de Referência indica um detalhamento do potencial de arrecadação, quando da abordagem das diretrizes para os instrumentos de gestão, o qual se entende como subsídio à construção do Plano de Ação.

Assim sendo, IGAM (2021b) parte de duas hipóteses para o cálculo da arrecadação:

- Hipótese 1: considera apenas os volumes outorgados para captação;
- Hipótese 2: considera os volumes outorgados para captação e os volumes e cargas estimados para o lançamento de efluentes.



Tendo em vista que a base de cálculo da metodologia aprovada pelo CERH/MG utiliza as medições dos usuários, foram realizadas simulações considerando três situações:

- Situação 1: arrecadação atinge o valor máximo, dada a vazão outorgada dos usuários;
- Situação 2: arrecadação atinge o valor mínimo, dada a vazão outorgada dos usuários;
- Situação 3: os usuários captam 80% da vazão outorgada;

A partir desta metodologia, IGAM (2021b) obteve os resultados apresentados no Quadro 7.4 para a arrecadação anual da cobrança.

Quadro 7.4 – Estimativa de arrecadação anual pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Hipótese	Situação	Arrecadação na Bacia do Rio Mucuri (R\$)
Hipótese 1	Situação 1	632.597,42
	Situação 2	128.633,79
	Situação 3	531.804,69
Hipótese 2	Situação 1	1.232.616,85
	Situação 2	128.633,79
	Situação 3	593.925,61

Fonte: adaptado de IGAM (2021b)

Observa-se que, quando considerada a cobrança apenas dos volumes para captação, a arrecadação varia de R\$ 128.633,79 (situação 2) a R\$ 632.597,42 (situação 1). Na hipótese em que também são cobrados os lançamentos de carga orgânica do setor de saneamento nos corpos hídricos, a arrecadação chega a R\$ 1.232.616,85, na situação 1.



8. ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS

A articulação e a compatibilização dos interesses da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri com os interesses externos a ela tomam como base planos e outros instrumentos existentes para bacias hidrográficas vizinhas e que influenciem ou podem ser influenciados pelas decisões de planejamento e, conseqüente, pela implementação da gestão de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Nessa perspectiva, três processos se destacam: a oportunidade de articulação com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus; a integração das Bacias Hidrográficas dos Rios Itanhém, Peruípe e Itaúnas (inseridas nas Bacias do Leste) à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri; e a necessária articulação com a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri em território baiano.

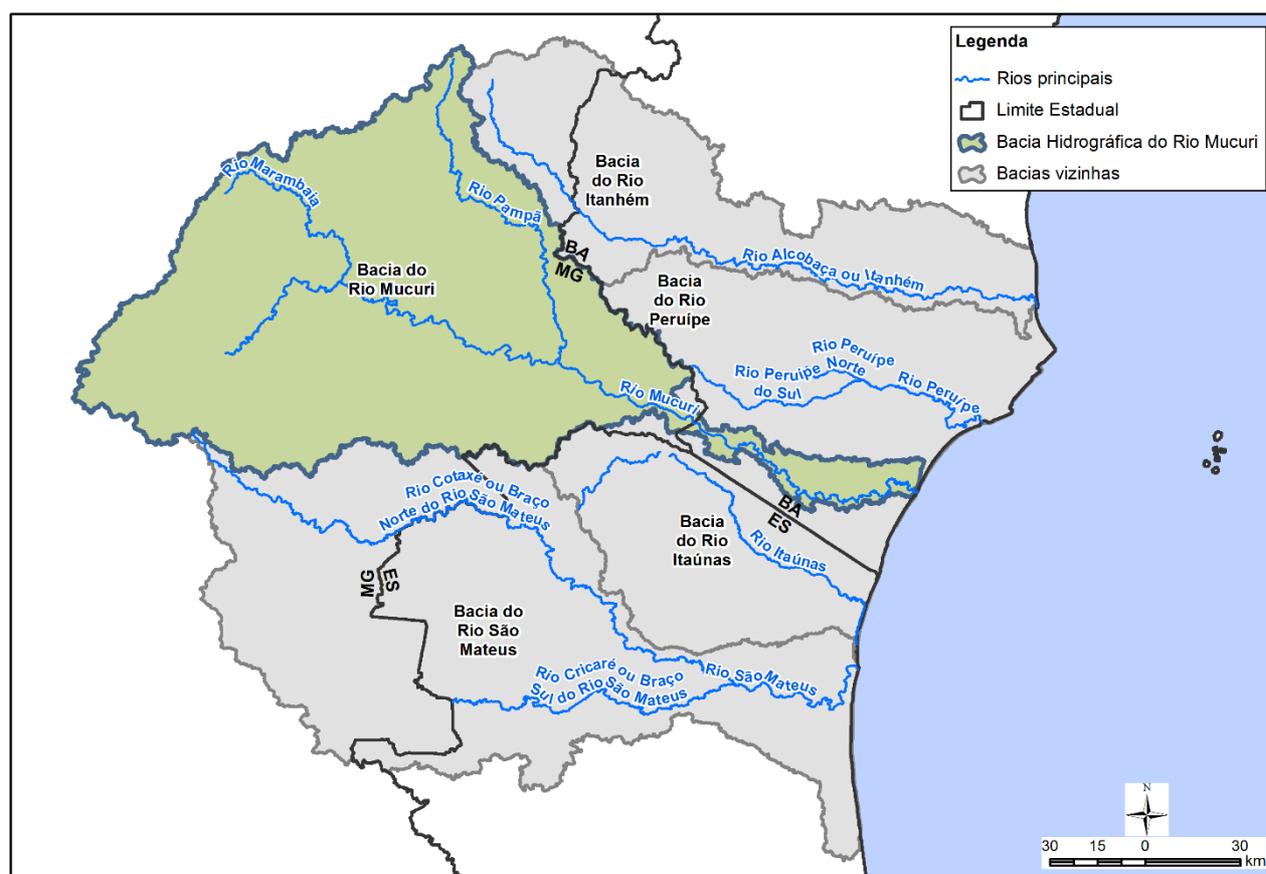
A coordenação e articulação com planos de bacias hidrográficas vizinhas torna possível a compatibilização de interesses externos aos internos. Em relação a isto, o PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste e o PDRH e o ECA da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, ambas vizinhas da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, estão sendo elaborados concomitantemente, tornando possível, reciprocamente, a conciliação dos interesses e a elaboração de estratégias de integração.

No contexto das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, as Bacias Hidrográficas dos Rios Itanhém, Peruípe e Itaúnas fazem divisa com a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, conforme Figura 8.1. Estas bacias, de acordo com o art. 6º da Deliberação Normativa CERH-MG nº 66/2020, “serão objeto de estudos para integração com UEG e CH instituídas”. Nesse sentido, a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri representa a principal opção tendo em vista a proximidade e a rede de articulação e polarização já existente entre os municípios que delas fazem parte.

Também podem ser objeto de processo de integração correlato as Bacias Hidrográficas dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém, localizadas ao Norte da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Dessas três, apenas a Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém é vizinha à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Ademais, essas bacias também são vizinhas à Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha, gerando oportunidade de integração com esta última.



Figura 8.1 – Porção mineira e baiana da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri e bacias vizinhas.



Fonte: elaboração própria.

As bacias dos rios Peruípe e Itaúnas são porções territoriais menores, cada uma contendo uma parcela dos municípios de Serra dos Aimorés e de Nanuque, respectivamente. Nessa condição, a principal identificação dos atores locais é, naturalmente, com a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Essa referência é dada pela importância do Rio Mucuri como curso d'água principal para a região e pela atuação do CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri e de outros movimentos como o Juntos pelo Mucuri. Dessa forma, a integração dessas porções territoriais à Circunscrição Hidrográfica do Rio Mucuri se apresenta como principal alternativa a ser avaliada.

Já o território da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém possui características diferentes, uma vez que possui maior área comparativamente às outras duas bacias. Os principais fatores que oportunizam a integração à Circunscrição Hidrográfica do Rio Mucuri são os municípios que possuem área em ambas as bacias: Águas Formosas, Fronteira dos Vales e Umburatiba; e o fato de que Teófilo Otoni é o centro regional de referência para os municípios das Bacias Hidrográficas do Rio Itanhém e do Rio Mucuri.

Em todos os casos, uma eventual integração deve ser analisada e debatida no âmbito do Comitê, conjuntamente com representações das bacias de entorno. Ainda não há um procedimento



estabelecido e regulamentado para um processo de integração, o que demanda a coordenação por parte do IGAM junto ao CERH, no sentido de estabelecer as condições e os procedimentos para que a proposta seja avaliada.

Uma eventual aprovação da integração das bacias do entorno à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri possivelmente repercutirá em um processo de reestruturação e divisão de assentos no comitê de bacia, de maneira a receber os territórios integrados, bem como uma eventual reavaliação e atualização do estatuto e de outros regulamentos do comitê de bacia, de maneira a ajustar os aspectos não adequadamente contemplados pela integração.

O terceiro processo de articulação externa decorre do caminho natural das águas do Rio Mucuri. Nascendo no nordeste do estado de Minas Gerais, o Rio Mucuri deságua no sul do estado da Bahia, de forma que a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri possui uma porção mineira e uma porção baiana, conforme apresentado na Figura 8.1.

Por ser uma bacia hidrográfica interestadual, a dominialidade das águas da calha do rio Mucuri é federal. Nessa condição, é a ANA que assegura o direito de acesso a essas águas, sendo sua competência a emissão e a fiscalização das outorgas de direito de uso de recursos hídricos. A Resolução ANA nº 1.098, de 26 de junho de 2017, dispõe sobre as condições de uso dos recursos hídricos no Sistema Hídrico Mucuri, definindo a vazão outorgável entre a PCH Mucuri e o ponto de controle sob a ponte da BR 101 e as condições de uso dos recursos hídricos de acordo com os estados hidrológicos.

No âmbito da dominialidade estadual, o comitê da porção mineira foi criado em 2008, enquanto a porção baiana ainda não possui um comitê de bacia formado. Dada a inexistência de comitê na porção baiana da bacia, o processo de gestão integrada de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri é dificultado pela ausência de um ente equivalente na porção baiana. Outro aspecto a considerar é a dificuldade de estabelecer junto com a ANA, que também não estruturou um comitê federal para a bacia, uma forma de atuação conjunta entre os atores das duas Unidades da federação e da União.

No âmbito do histórico de organização da bacia são mencionadas tentativas de organização de um comitê de integração entre as duas porções. Tendo em vista o tamanho da porção baiana da bacia, há dificuldades para a estruturação de um comitê de bacia estadual, assim como o tamanho da bacia federal também é um obstáculo para a constituição do comitê de bacia federal, uma vez que ainda não há um procedimento estabelecido e regulamentado para um processo de integração, o que demanda a articulação por parte da ANA junto ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) no sentido de estabelecer as condições e os procedimentos para que a proposta seja avaliada. A



ausência de entes equivalentes no âmbito baiano e federal é um obstáculo para uma alternativa como a de um comitê integração.

Uma possibilidade de encaminhamento, com a participação dos órgãos gestores estaduais, do Comitê de Bacia do Mucuri e da ANA, é a criação uma instância integrada de representação, acolhida pela estrutura de organização do Comitê de Bacia do Mucuri, que pudesse fortalecer, integrar e articular ações voltadas para a totalidade da bacia. Para isso, a ANA e o Inema necessitariam aportar recursos financeiros e institucionais que assegurassem sua representação, porém, os custos e esforços para criação de comitês próprios para posterior integração seriam minimizados.

Contudo, a questão da bacia interestadual do Mucuri ainda está em aberto e carente de um encaminhamento estratégico, uma vez que as dificuldades para a instalação dos comitês de bacia baiano e federal não parecem ter se resolvido.

Considerando que a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri restringe sua interface de compartilhamento de águas apenas com a porção baiana e a dominialidade federal do rio Mucuri, e estas não possuem instrumentos de planejamento ou de enquadramento instituídos, não há condicionantes externos, atualmente, associados com volumes de entrega e qualidade da água a jusante, ou outros que possam decorrer da integração da bacia estadual com as demais. Da mesma forma, a falta desses instrumentos na porção baiana e federal representam uma limitação em termos de oportunidades de integração, o que é minimizado, no caso da CH, pelo fato de estar a montante e não receber influências em termos de entrega e qualidade da água.

Entretanto, em situação crítica de escassez, definida na DN CERH/MG n° 49/2015, o monitoramento do estado hidrológico na PCH Mucuri e na UHE Santa Clara, com base na Resolução ANA n° 1.098/2017, pode subsidiar a tomada de decisões para contingência hídrica.



9. ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÕES

A seleção de alternativas de intervenções tem como objetivo principal melhorar a oferta de água para os usos múltiplos da bacia hidrográfica, através da compatibilização, de forma qualitativa e quantitativa, das disponibilidades e das demandas hídricas. Estas alternativas têm como base as informações apresentadas no capítulo 5.2 e irão subsidiar o desenvolvimento do Plano de Ações.

Neste capítulo são retomados alguns aspectos relevantes relacionados a cada UHP e são apresentadas as alternativas de intervenções levantadas de forma direcionada para cada UHP, ou seja, de acordo com as características de cada unidade.

Apesar das alternativas selecionadas serem apresentadas de forma pontual, destaca-se que a adoção de alternativas isoladas possivelmente não seja suficiente para melhorar efetivamente as condições para os usuários da bacia. Para se obter sucesso na compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas, geralmente é necessário um conjunto de alternativas que envolvam tanto o incremento hídrico ou redução das demandas, quanto a melhoria da qualidade da água. Este será um dos desafios da etapa de planejamento, tanto para PDRH quanto para o ECA.

9.1. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Neste item, são apresentadas as alternativas selecionadas, tendo em vista os cenários propostos e as particularidades da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. As alternativas selecionadas estão agrupadas de duas formas. Inicialmente são apresentadas as alternativas selecionadas que se entende como aplicáveis de maneira geral à CH, ainda que possam ser priorizadas para algumas UHPs. Em seguida, as alternativas são organizadas por UHP, buscando articular as características específicas de cada unidade com alternativas mais adequadas a cada situação.

As intervenções comuns à toda a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri são:

- Utilização de métodos de irrigação mais eficientes e com menor consumo de água;
- Adoção de práticas de manejo e conservação do solo;
- Redução do uso de agrotóxicos e de pesticidas;
- Implantação de estações de monitoramento de qualidade da água;
- Construção de sistema de barraginhas em propriedades rurais;
- Proteção de nascentes e da mata ciliar;
- Implantação e aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos;
- Integração da fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente;
- Racionalização do uso de água em períodos de escassez;



- Alocação de demandas, com priorização de usos.

A seguir, são apresentados os principais aspectos críticos de cada UHP, identificados na etapa de diagnóstico do PDRH, e as potenciais alternativas de intervenções, de acordo com os cenários. Algumas alternativas são pertinentes a diversas UHPs, porém, não a todas, e por isso são repetidas, mas apenas nas unidades pertinentes.

9.1.1. UHP-1 – Alto Rio Mucuri

A UHP-1 concentra uma das maiores demandas para a irrigação (308,94 l/s) na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri. Os principais cultivos dos municípios da UHP do Alto Mucuri são a cana-de-açúcar, mandioca, feijão e milho. De acordo com os resultados do balanço hídrico para a cena atual, 7,6% da demanda total não é atendida e o Índice de Comprometimento Hídrico - ICH é de 18,85%, considerado médio. Além disso, o índice de perdas do sistema de distribuição de água é bastante significativo, de 35,78%.

No setor de saneamento, cerca de 67,01% da população urbana é atendida com coleta de esgoto, sendo que 39,38% do esgoto coletado é tratado, resultando em carga total lançada de 1.383,8 kg DBO/dia, a terceira maior da bacia. Em relação à qualidade da água, em especial ao parâmetro DBO, 46,97% dos trechos de rio da UHP encontram-se em condições equivalentes à Classe 2, 27,39% à Classe 1, 23,22% à Classe 3 e 2,41% à Classe 4. Destaca-se que as classes 3 e 4 restringem o uso da água para irrigação e exigem tratamentos mais dispendiosos para o abastecimento humano.

No município de Teófilo Otoni, inserido 37% na área da UHP-1, há presença de atividades de mineração, as quais causam degradação de áreas e comprometimento da qualidade da água. Ainda, neste mesmo município, destacam-se as indústrias de laticínios e curtume.

Desta forma, as intervenções necessárias na UHP-1 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para a irrigação. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-1:

- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Reativação de ETES;
- Aumento da eficiência de remoção de carga orgânica das ETES;
- Ampliação da capacidade de tratamento das ETES;
- Reuso da água nas indústrias;



- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural.

9.1.2. UHP-2 – Rio Marambaia

A UHP-2 apresenta uma das menores demandas totais da bacia, de 159,58 l/s, sendo 80,33 l/s destinados à irrigação. O ICH é de 9,29%, entretanto, observa-se que 18,7% da demanda hídrica total não é atendida de acordo com o balanço hídrico. Além disso, o índice de perdas do sistema de distribuição de água é bastante significativo, de 34,50%.

A UHP do Rio Marambaia possui um dos menores percentuais de coleta de esgoto urbano (59,09%) e baixo índice de tratamento do esgoto coletado (32,78%), sendo a carga diária lançada igual a 1.157,8 kg DBO/dia. Isto impacta a qualidade da água, predominando trechos de rios em condições equivalentes à Classe 2 (40,57%) e em Classe 3 (35,60%). Em menor percentual, tem-se 16,68% dos trechos em condições de Classe 1 e 7,15% em Classe 4. Destaca-se a criticidade em relação à irrigação, uma vez que a Classe 3 restringe o uso apenas para culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

As intervenções necessárias na UHP-2 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para a irrigação. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-2:

- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Reativação de ETEs;
- Construção de novas ETEs;
- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural.

9.1.3. UHP-3 – Médio Rio Mucuri

A UHP-3 possui a segunda menor demanda hídrica total (125,47 l/s), em comparação com as demais UHPs, sendo as maiores demandas destinadas à irrigação e à dessedentação animal. O ICH é considerado médio, de 15,11% e os resultados do balanço hídrico indicam dificuldades em atender 21,5% da demanda hídrica total. Além disso, observa-se o maior índice de perdas do sistema de distribuição de água da bacia, de 36,81%.



O percentual da população atendida por coleta de esgoto é o maior da bacia (85,30%) e a carga total lançada é uma das menores (434,0 kg DBO/dia). A qualidade da água é relativamente boa, com 79,61% dos trechos com valores de DBO em condições equivalentes à Classe 1, e o restante em classes 2, 3 e 4.

As intervenções necessárias na UHP-3 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para a irrigação. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-3:

- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Reativação de ETEs;
- Construção de novas ETEs.

9.1.4. UHP-4 – Rio Todos-os-Santos

A UHP-4 possui a maior concentração populacional da bacia, com 85% da população urbana e demanda hídrica de 466,21 l/s para abastecimento urbano. O percentual da população urbana atendida pelo abastecimento de água é de 87,43% e o índice de perdas na distribuição é de 34,35%. O setor agropecuário também é um fator de pressão nesta UHP, com 1.733,53 km² de área e 296,7 l/s de demanda hídrica para irrigação. A demanda hídrica total é 871,99 l/s e o ICH é máximo, de 33,64%. O balanço hídrico quantitativo é muito crítico, com não atendimento de 40,2% da demanda hídrica total.

O percentual de coleta de esgotos é o segundo maior da bacia, de 67,39%, com tratamento de 60,30% do esgoto coletado. Entretanto, devido à elevada densidade populacional, a carga diária lançada de DBO é a maior das UHPs, de 2.223,7 kg DBO/dia, sendo 1.701,4 kg DBO/dia de carga urbana. A qualidade da água é relativamente boa, com 46,07% dos trechos com valores de DBO em condições equivalentes à Classe 1, 21,43% à Classe 2, 17,10% à Classe 3 e 15,40% à Classe 4.

No município de Teófilo Otoni, que possui 52% da área inserida na UHP-4, há presença de atividades de mineração, as quais causam degradação de áreas e comprometimento da qualidade da água. Ainda, neste mesmo município, destacam-se as indústrias de laticínios e curtume.

Portanto, as intervenções necessárias na UHP-4 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para abastecimento humano e para agropecuária. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-4:



- Construção de barramento para reservação de água.
- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Aumento na reservação individual de água para o abastecimento humano;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Reativação de ETEs;
- Aumento da eficiência de remoção de carga orgânica da ETE de Teófilo Otoni;
- Ampliação da capacidade de tratamento da ETE de Teófilo Otoni;
- Implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental das mineradoras localizadas no município de Teófilo Otoni;
- Reuso da água nas indústrias.

9.1.5. UHP-5 – Médio-Baixo Mucuri

A UHP-5 possui 90,41% do uso do solo destinado à agropecuária, sendo que as demandas somadas para irrigação e dessedentação animal representam 90,3% de uma demanda total de 120,43 l/s. O ICH é 19,57%, considerado médio e 28,6% da demanda total não é atendida.

A estimativa de carga lançada é 276,0 kg DBO/dia, sendo a menor da bacia. A análise da qualidade da água em relação ao parâmetro DBO é bastante otimista, com 96,84% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e nenhum trecho em Classe 3 ou 4.

Destaca-se a presença de indústrias de abate de animais no município de Carlos Chagas, que possui 55% da área inserida na UHP-5. A geração de efluentes e resíduos relacionados a este tipo de indústria apresenta potencial de deterioração dos recursos hídricos.

As intervenções necessárias na UHP-5 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quantitativa para irrigação e dessedentação animal. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, abaixo são listadas algumas alternativas específicas para a UHP-5:

- Ampliação da capacidade de tratamento da ETE de Carlos Chagas;
- Manejo adequado dos resíduos agropecuários;
- Implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental das indústrias de abatimento animal em Carlos Chagas;
- Reuso da água nas indústrias.



9.1.6. UHP-6 – Rio Pampã

A UHP-6 possui a maior área agrícola da bacia, de 2.195,30 km². Destaca-se a elevada demanda hídrica para dessedentação animal (101,53 l/s) e para irrigação (118,19 l/s), que juntas representam mais de 70% da demanda hídrica total da UHP-6. A análise do balanço hídrico indica o não atendimento de 5,2% da demanda hídrica total.

O índice de perdas de distribuição é o menor da bacia (20,89%) e o atendimento urbano de abastecimento é um dos maiores (96,00%). Por outro lado, o esgotamento sanitário é precário, com coleta de esgoto urbano de apenas 18,23% da população e 32,78% de tratamento do esgoto coletado. Em relação à qualidade da água, o balanço qualitativo indica 75,85% dos trechos com condições de DBO equivalente à Classe 1, 15,69% à Classe 2 e o restante às classes 3 e 4.

As intervenções necessárias na UHP-6 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para dessedentação animal, irrigação e abastecimento urbano. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-6:

- Aumento na reservação individual de água para o abastecimento humano;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Construção de novas ETEs;
- Manejo adequado dos resíduos agropecuários;

9.1.7. UHP-7 – Baixo Rio Mucuri

A UHP-7 possui 90,79% da área ocupada por uso agrícola, que corresponde a 1.434,96 km² e a maior demanda estimada para irrigação, de 568,50 l/s, decorrente do cultivo de cana fertirrigada. A demanda para dessedentação animal também é significativa, de 60,51 l/s, enquanto para o abastecimento urbano é de 174,43 l/s. O ICH é considerado médio, de 22,60 % e o resultado do balanço hídrico quantitativo indica o não atendimento de 6,0% da demanda hídrica total.

O abastecimento de água abrange 89,10% da população urbana e o índice de perdas na distribuição é um dos menores da bacia (28,74%). O índice de coleta de esgoto é 59,38%, com tratamento de 59,65% do total coletado, resultando em carga urbana lançada de 1.765,6 kg DBO/dia. Apesar da elevada carga orgânica, a análise da qualidade da água para o parâmetro DBO indica 91,98% de trechos em condições equivalentes à Classe 1 e o restante distribuído em classes 2, 3 e 4.

Destaca-se a presença de indústrias alimentícias e do setor sucroalcooleiro no baixo curso do Rio Mucuri, representando potenciais fontes de degradação da qualidade da água.



As intervenções necessárias na UHP-7 estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para irrigação, dessedentação animal e abastecimento urbano. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, são listadas alternativas específicas para a UHP-7:

- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Aumento da eficiência de remoção de carga orgânica da ETE Serra dos Aimorés;
- Ampliação da capacidade de tratamento das ETES;
- Construção de novas ETES;
- Manejo adequado dos resíduos agropecuários;
- Implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental nas indústrias alimentícias e no setor sucroalcooleiro;
- Reuso da água nas indústrias.

9.2. SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS

A Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri possui forte presença do setor agropecuário, com grande parte do uso do solo destinado à irrigação e criação animal, sendo que estas demandas representam aproximadamente 60% da demanda total. Destaca-se que a dessedentação animal pode ser atendida em corpos hídricos com enquadramento até Classe 3, enquanto para a irrigação há restrições relacionadas aos tipos de culturas, de acordo com as Classes da Resolução CONAMA 357/2005.

Também há elevada demanda para o abastecimento urbano, devido à concentração populacional na bacia, em especial na UHP-4. Em relação ao consumo humano, são exigidos tratamentos mais eficientes de acordo com as Classes de Enquadramento, o que acaba encarecendo os custos relacionados ao tratamento da água em mananciais de pior qualidade.

As alternativas selecionadas para a compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas devem garantir a água no presente e para as gerações futuras, através de ações que previnam a deterioração da qualidade da água e a redução da quantidade disponível. Desta forma, espera-se reduzir possíveis prejuízos econômicos e sociais relacionados à falta de água e à qualidade inadequada para os usos múltiplos da bacia.

A gestão integrada é extremamente importante para garantir a segurança hídrica, sendo necessárias intervenções em todos os setores. As principais intervenções selecionadas abrangem o aumento do percentual de coleta e tratamento de esgotos domésticos urbanos, soluções para o saneamento rural, manejo e conservação do solo, perfuração de poços, utilização de métodos mais



eficientes na irrigação, redução de perdas na distribuição de água e implementação e aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão. Em períodos críticos de escassez, devem ser aplicadas alternativas mais restritivas, como o racionamento da água e a priorização de usos, com possível restrição para novas outorgas.

O Quadro 9.1 apresenta, de forma compilada, as alternativas de intervenção selecionadas para cada UHP, oferecendo uma visão geral das especificidades da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Quadro 9.1 - Alternativas de intervenção selecionadas por UHP.

Alternativa de intervenção	UHP-1 – Alto Rio Mucuri	UHP-2 – Rio Marambaia	UHP-3 – Médio Rio Mucuri	UHP-4 – Rio Todos-os-Santos	UHP-5 – Médio-Baixo Mucuri	UHP-6 – Rio Pampã	UHP-7 – Baixo Rio Mucuri
Ampliação da capacidade de tratamento das ETES							
Aumento da eficiência de remoção de carga orgânica das ETES							
Construção de novas ETES							
Reativação de ETES							
Expansão da rede de coleta de esgoto urbano							
Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural							
Aumento na reserva individual de água para o abastecimento humano							
Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público							
Perfuração de poços para captação subterrânea							
Implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental nas indústrias e mineradoras							
Manejo adequado dos resíduos agropecuários;							
Reuso da água nas indústrias							

Fonte: elaboração própria.



10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de cenários e a consequente projeção de balanços hídricos futuros para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri possibilita a análise dos desafios que se apresentam para o desenvolvimento futuro da região e como o sistema de gestão de recursos pode atuar a partir de seus instrumentos de planejamento e regulação.

As alternativas de intervenção apresentadas na parte final deste Prognóstico ensejam os principais objetos de realização do Plano de Ação do PDRH e parte importante do que será o Programa de Efetivação do Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

O maior desafio identificado no Prognóstico é ampliar a garantia de água na região e adotar mecanismos que permitam a mitigação impactos negativos e redução no consumo em períodos anteriores aos períodos de estiagem. Também são relevantes as atividades ligadas à conservação do solo e ao saneamento básico, especialmente no que se refere ao tratamento de esgotos.

No que tange ao cenário de aperfeiçoamento da gestão, seus aspectos centrais são identificados pelo Prognóstico através da indicação de lacunas e limitações para o atendimento pleno das demandas hídricas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, subsidiando a tarefa das próximas etapas de elaboração do PDRH e ECA, que irão definir metas e objetivos para as ações de gestão que serão propostas.

Os subsídios do Prognóstico irão atender à continuidade do processo de elaboração do Enquadramento do Corpos de Água, próxima etapa do trabalho, que inicia pela definição das Alternativas de Enquadramento. Com a sequência dos trabalhos, o Programa Preliminar de Efetivação do Enquadramento será realizado, definindo um conjunto de ações a serem realizadas para que “a bacia que queremos” se torne realidade.

Encerrada a etapa do Programa Preliminar de Efetivação do Enquadramento, os trabalhos passam a ter como foco a elaboração do Plano de Ação do PDRH, que considerará as atividades previstas para a realização do enquadramento e desenhará o conjunto das ações necessárias, incluindo as intervenções para o aumento da garantia e melhoria da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Assim, as alternativas de intervenção propostas pelo Programa de Efetivação do Enquadramento e pelo Plano de Ações, suas metas e objetivos específicos, irão se pautar e buscarão materializar o cenário de aperfeiçoamento da gestão, atendendo às questões mais sensíveis identificadas no diagnóstico e na evolução dos cenários da bacia projetada no prognóstico.



11. REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, Volume 5. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoDeRecursosHidricosEnquadramento.pdf>. Acesso em: 09/03/2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2017. 86 p

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Histórico da Cobrança. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/cobranca/historico-da-cobranca>. Acesso em: fev. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Esgotos: Estações de Tratamento de Esgoto 2019 - Planilha. 2020. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>. Acesso em: mar. 2021

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portal Hidroweb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em mai. 2021.

BRASIL. Decreto Nº 1.276, de 13 de outubro de 1994. Cria a Zona de Processamento de Exportação-ZPE de Teófilo Otoni, no Estado de Minas Gerais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1276.htm. Acesso em mai. 2021.

BRASIL. Lei Nº 10.881, de 9 de junho de 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm. Brasília, 2004. Acesso em: fev. 2021.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: fev. 2021.

BRASIL. Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de



coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm. Acesso em: fev. 2021

BUARQUE, Sérgio C. Metodologia e Técnicas de Construção de Cenários Globais e Regionais. Brasília: IPEA, 2003 (Texto para Discussão Nº. 939) 75 p. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0939.pdf. Acesso em 13/06/2019.

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI 2014. 38p. ilus. 23cm (Manual Técnico, 81).

CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 49, de 25 de março de 2015. Estabelece diretriz e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37775>. Acesso em mai. 2021.

CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 16 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52900>. Acesso em: fev. 2021.

CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 68, de 22 de março de 2021. Estabelece critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (CRH) em bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53592>. Acesso em: mar. 2021.

COPAM. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. 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, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: mar. 2021.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Barraginhas: Água da chuva para todos. Brasília, DF. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-agua-de-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>. Acesso em: fev. 2021.



IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTRATÍSTICA. Censo Agropecuário. Base de dados. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: ago. 2019

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneos. Belo Horizonte, MG, 2018. Recebido em mídia física de Setor de Cadastro do IGAM.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria IGAM n° 48, de 04 de outubro de 2019. Estabelece normas suplementarem para regularização dos recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>. Acesso em: mar. 2021.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Normativos legais sobre a Cobrança pelo uso da água. 2020. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos/1456-normativos-legais-sobre-a-cobranca-pelo-uso-da-agua>. Acesso em: fev. 2021.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório de Diagnóstico. Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri – MU1. Elaborado por Profill Engenharia e Ambiente. 2021a.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Estimativas - Bacias do Leste. Mensagem recebida por <eng.cart.montenegro@gmail.com> em 29 mar. 2021. 2021b.

IPEA INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ASSECOR ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIDORES DA CARREIRA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. Brasil 2023: cenários para o desenvolvimento. Brasília: Ipea, Assecor, 2017. 320 p. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=30156. Acesso em jul/2019. ANA – Agência Nacional de Águas. Monitor de Secas. Disponível em <http://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=5&ano=2020>. Acesso em 19 jun. 2020.

KAYSER, R. H. B.; COLLISCHONN, W. Integrando Sistema de Suporte à Decisão para Gerenciamento de Recursos Hídricos a um SIG de Código Aberto. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013, Bento Gonçalves. Anais do XX SBSR. Porto Alegre: ABRH, 2013.

MINAS GERAIS. Decreto N° 44.046, de 13 de junho de 2005. Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=4771>. Acesso em: fev. 2021.



MINAS GERAIS. Decreto N° 47.860, de 7 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre a implantação da Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos no Estado e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=50661>. Acesso em: fev. 2021.

SEMAD. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Resolução Conjunta SEMAD-IGAM n° 1.548, de 29 de março de 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Disponível em: <http://igam.mg.gov.br/images/stories/CTIG/4-r-c-semad-igam-no-1548-versao-publicada.pdf>. Acesso em: mar. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). PLIRHINE, Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil. Recife, 1980.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2016. Brasília, 2017b. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: out. 2018.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. UFMG. 2007.



ANEXOS



ANEXO I – ATUALIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS



1. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Esta Nota Técnica tem como objetivo apresentar a atualização de dados referentes a Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), ao tratamento de esgotos coletados e à projeção de cargas poluidoras na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, para a etapa de Prognóstico. Também será apresentada a adoção de coeficientes de abatimento de nutrientes e coliformes termotolerantes, de acordo com os sistemas de tratamento de esgotos.

Os dados utilizados no Diagnóstico foram obtidos a partir do Atlas Esgotos, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com ano base 2013 e o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), com ano base 2018. Em 2020, a ANA publicou uma nova base de dados com atualização de ETEs, referente ao ano de 2019. Desta forma, com o intuito de dotar o Prognóstico com informações atualizadas, foram considerados os novos dados de ETEs para a projeção de cargas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Além destas atualizações, foram adotados coeficientes de abatimento de nutrientes e coliformes termotolerantes para esgotos urbano e foram consolidadas as faixas de remoção de cargas poluentes relativas a fossas sépticas, com base em Von Sperling (2005). Desta forma, foi possível projetar as cargas poluidoras para a cena atual (2021) e para a cena futura (2041), representando o mais próximo possível da realidade da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Esse processo de atualização também visa aprimorar os subsídios dos estudos de prognóstico à elaboração do Enquadramento dos Corpos de Água, onde o tema do esgotamento sanitário é chave, não só para conhecimento da situação atual e definição de metas, mas também para a definição do que é possível, uma vez que as soluções para o esgotamento devem representar uma parcela relevante dos custos associados às ações do PDRH e ECA.



2. INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS

O Quadro 0.1 apresenta os as informações das ETEs consideradas na etapa de Diagnóstico, com base nos dados do Atlas Esgotos (ANA, 2013), do Plano Municipal de Saneamento Básico de Malacacheta (PMM, 2016) e da Agência Reguladora de Serviços e Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Minas Gerais (ARSAE, 2018). Nesta base de informações, apenas 5 dos 16 municípios inseridos parcial ou totalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, constavam com ETEs em 2013.

Quadro 0.1 – Dados técnicos das ETEs inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri - Diagnóstico.

Município	Nome da ETE	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção de DBO (%)	Corpo receptor
Águas Formosas	Não há	-	-	Rio Pampã
Carai	Não há	-	-	Ribeirão Piauí
Carlos Chagas	ETE Carlos Chagas	Reator Anaeróbio / UASB	93	ETE: Rio Mucuri; Sem tratamento: Rio Mucuri e Rio Uruçu
Catuji	Não há	-	-	Ribeirão Santa Cruz
Crisólita	Não há	-	-	Rios Negro e Pampã
Fronteira dos Vales	Não há	-	-	Rio Pampã
Itaipé	Não há	-	-	Rio Preto
Ladainha	ETE Ladainha	Reator Anaeróbio / UASB, filtro biológico e leito de secagem	70	Rio Mucuri do Norte e Ribeirão Bom Sucesso
Malacacheta	ETE de Malacacheta	Reator Anaeróbio / UASB	73,19	ETE: Córrego do Índio; Sem tratamento: Córrego do Índio e Córrego Malacacheta
Nanuque	Não há	-	-	Rio Mucuri, Córrego Guaribas e Córrego São Mateus
Novo Oriente de Minas	Não há	-	-	Córrego Ouro
Pavão	Não há	-	-	Rio do Pavão
Poté	Não há	-	-	Ribeirão Poté
Serra dos Aimorés	ETE Serra dos Aimorés	Reator Anaeróbio / UASB	65	ETE: Córrego da Estiva; Sem tratamento: Córrego da Estiva e Córrego do Barroso
Teófilo Otoni	ETE de Teófilo Otoni	UASB + Filtro Anaeróbio	79	ETE: Rio Todos dos Santos; Sem tratamento: Rio Todos-os-Santos e Ribeirão Santo Antônio
Umburatiba	Não há	-	-	Rio Alcobaça ou Itanhém

Fonte: elaborado com base em ANA (2013), PMM (2016), ARSAE (2018).

O Quadro 0.2 apresenta os dados de ETEs de acordo com a atualização do Atlas Esgotos (ANA, 2020), com o ano base de 2019. Foram adicionadas ETEs nos municípios de Fronteira dos Vales, Itaipé, Nanuque, Novo Oriente de Minas e Poté, contribuindo para a redução das cargas poluidoras nestes locais. Desta forma, 10 municípios do total de 16 inseridos parcial ou totalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, contam com ETE em 2019. Também foram atualizadas as eficiência de remoção de DBO em Ladainha, Malacacheta e Serra dos Aimorés.



Quadro 0.2 – Dados técnicos atualizados das ETEs inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri - Prognóstico.

Município	Nome da ETE	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção de DBO (%)	Corpo receptor
Águas Formosas	Não há	-	-	-
Caraií	Não há	-	-	-
Carlos Chagas	ETE Carlos Chagas Sede	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	93	-
Catuji	Não há	-	-	-
Crisólita	Não há	-	-	-
Fronteira dos Vales	ETE Fronteira dos Vales	Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico	73	Rio Pampã
Itaipé	ETE Itaipé	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	68	Rio Preto
Ladainha	ETE Ladainha	Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico	73	Ribeirão Bom Sucesso
Malacacheta	ETE Malacacheta	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	69	-
Nanuque	ETE Nanuque	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	68	Rio Mucuri
Novo Oriente de Minas	ETE Novo Oriente de Minas	Reator Anaeróbio + Filtro Aeróbio + Decantador	89	Córrego do Ouro
Pavão	Não há	-	-	-
Poté	ETE Poté	Reator Anaeróbio + Filtro Aeróbio + Decantador	85	Rio Mucuri do Sul
Serra dos Aimorés	ETE Serra dos Aimorés	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	85	-
Teófilo Otoni	ETE Teófilo Otoni	Reator Anaeróbio + Filtro Aeróbio + Decantador	79	-
Umburatiba	Não há	-	-	-

Fonte: adaptado de ANA (2020).

A base de dados da ANA (2020) também serviu para confrontar dados do SNIS (2018), relativos à coleta e tratamento de esgotos, utilizados no Diagnóstico. Em municípios que possuíam índice de tratamento de esgotos (SNIS, 2018) superior a 0%, mas não foram identificadas ETEs (ANA, 2020), adotou-se 0% como índice de tratamento, adotando por princípio a precaução. O Quadro 0.3 apresenta a relação dos municípios que tiveram seu índice de tratamento de esgotos zerado para o cálculo de cargas no prognóstico.

Quadro 0.3 – Dados do índice de tratamento de esgoto coletado na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Município	Índice de tratamento do esgoto coletado ¹ (%)	Índice de tratamento do esgoto coletado – consolidado ² (%)
Caraií	100%	0%
Crisólita	100%	0%
Pavão	8%	0%
Umburatiba	100%	0%

Fonte: elaborado com base em 1- SNIS (2018); 2- ANA (2020).



3. COEFICIENTE DE ABATIMENTO

Para calcular as cargas poluidoras urbanas na cena atual (2021) e na cena de longo prazo (2041), foram adotadas eficiências de remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes de acordo com os tipos de tratamento das ETEs. O Quadro 0.4 apresenta os coeficientes de abatimento adotados com base em Von Sperling (2005).

Quadro 0.4 – Eficiências de remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Sistema de tratamento	Eficiências de Tratamento			
	N. amon.	N. Total	P total	Colif.
Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	25%	30%	20,00%	90%
Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico	25%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico + Decantador	25%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Filtro Aeróbio + Decantador	70,0%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Lagoa Decantação/Facultativa/Matuação/Polimento	60,00%	60,00%	70%	99,99%

Fonte: elaborado com base em Von Sperling (2005).

Na etapa de Diagnóstico, havia sido adotado 40% de remoção de fósforo, 40% de nitrogênio e 99% de coliformes termotolerantes para municípios com coleta e tratamento de esgotos, com base no Atlas Esgotos (ANA, 2017).

Em relação ao saneamento rural, considerou-se que 100% da população utiliza solução individual de tratamento de esgotos, que corresponde à fossa séptica. As eficiências de remoção adotadas são apresentadas no Quadro 0.5.

Quadro 0.5 – Eficiência de remoção de fossas sépticas adotadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri.

Parâmetros	Eficiência de tratamento	
	Etapa Diagnóstico ¹	Etapa Prognóstico ²
DBO	50%	35%
N total	20%	20%
P total	20%	20%
Coliformes	80%	40%

Fonte: elaborado com base em 1- ANA (2017); 2- Von Sperling (2005).

Em relação ao Diagnóstico, havia sido adotado 50% de remoção de DBO e 80% de coliformes, sem alteração para os demais parâmetros (ANA, 2017).



4. RESULTADOS

O Quadro 0.6 apresenta as cargas poluidoras calculadas para a cena atual (2021), assim como os abatimentos médios adotados para cada UHP. Para a cena de 2041, considerou-se o crescimento das cargas poluidoras de acordo com o crescimento populacional por UHP, admitindo que eventuais aumentos seriam acompanhados por incrementos proporcionais nas taxas de tratamento.

Quadro 0.6 – Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena atual (2021)

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli.*	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Alto Rio Mucuri	1639,8	36,7	2,82E+13	290,1	33,1%	19,2%	37,9%	20,1%
Rio Marambaia	1464,5	35,0	2,48E+13	274,5	35,2%	16,5%	40,8%	18,1%
Médio Rio Mucuri	467,6	9,5	8,39E+12	75,8	18,1%	10,3%	20,7%	10,3%
Rio Todos-os-Santos	4002,3	116,8	6,23E+13	880,8	44,0%	11,8%	52,9%	16,9%
Médio-Baixo Mucuri	399,9	13,1	7,45E+12	98,8	49,8%	11,6%	49,5%	16,4%
Rio Pampã	1436,9	29,3	2,56E+13	232,3	16,0%	7,7%	19,1%	8,4%
Baixo Rio Mucuri	1803,8	36,5	3,21E+13	287,9	12,9%	4,8%	16,4%	6,2%
Total	11214,8	276,7	1,89E+14	2140,2	34,1%	12,2%	40,1%	15,1%

Fonte: elaboração própria

* valor em NMP/dia



5. REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos da ANA, 2013. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/> Acesso em: out. 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília-DF, 2017. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: out. 2018.

ARSAE. AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MINAS GERAIS. Relatório Operacional nº 45/2018. Serviço de esgotamento sanitário da sede municipal de Ladainha. 2018. Disponível em: http://arsae.mg.gov.br/images/documentos/rf_tec_op_Ladainha_SES.pdf. Acesso em: jun. 2020.

PMM - PREFEITURA MUNICIPAL DE MALACACHETA. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de Malacacheta - MG. 2016.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.





Instituto Mineiro de Gestão das Águas



PROFILL

A. Iguaçu, 451, 6o andar, Petrópolis.
Porto Alegre - RS. CEP: 90470-430

Fone | Fax: (51) 3211-3944
www.profill.com.br