



PDRH Furnas

Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas



Relatório Parcial 2:

Prognóstico das Demandas Hídricas



Alfenas, Abril de 2013

MINAS GERAIS

Governo do Estado de Minas Gerais

Antônio Augusto Anastasia

Governador

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos do Estado de Minas Gerais –

Sisema

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD

Adriano Magalhães Chaves

Secretário

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM

Marília Carvalho de Melo - *Diretora Geral*

Hélcio D'Alessandro – *Vice Diretor Geral*

Diretoria de Gestão de Recursos Hídricos e Apoio aos Comitês

Renata Maria de Araújo- *Diretora*

Gerência de Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água

Robson Rodrigues dos Santos – *Gerente*

Gestão do Convênio SEMAD/IGAM N.º 1371010401408

Rodrigo Antônio Di Lorenzo Mundim – *Analista Ambiental*

EQUIPE TÉCNICA – IGAM

Coordenação e Acompanhamento

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim

GPRHE / IGAM - Geógrafo/Esp. Geoprocessamento/Msc Engenharia Ambiental

Colaboradores Técnicos

Robson Rodrigues dos Santos – GPARH/IGAM – Geógrafo e Msc. Eng. Ambiental

José Eduardo Nunes de Queiroz – GPARH/IGAM – Geógrafo e Esp. Geoprocessamento

Maria Regina Cintra Ramos – GPARH/IGAM – Eng. Agrônomo e Msc. Eng. Agrônoma

Paola Polita Farias – GPARH/IGAM - Ecóloga

Gustavo Soares Chavier – GPARH / IGAM (Estagiário Engenharia Ambiental)

Wanderlene Ferreira Nacif – GEMOG/IGAM – Química e Dra. Química

Thiago Figueiredo Santana – GEARA/IGAM - Agrônomo

Sérgio Gustavo Rezende Leal – GECOB/IGAM – Economista e Msc. Eng. Ambiental

Túlio Bahia Alves – GECOB/IGAM – Sociólogo e Esp. Em Sociologia

Débora de Viterbo dos Anjos Oliveira – GECOB/IGAM - Bióloga

Rodolfo Carvalho Salgado Penido – GESAN/FEAM – Eng. Civil e Msc Recursos Hídricos

GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO – GAT

Comitê de Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas – CBH Furnas

Carlos Renato Viana. *Advogado (Fiemg - Usuários).*

Eduardo Engel. *Engenheiro Civil (Associação de Usuários do Lago de Furnas).*

Fausto Costa. *Advogado (Presidente do CBH Furnas).*

Francisco de Paula Vitor Alves. *Engenheiro Agrônomo (Emater).*

Rosângela de Souza Freitas. *Advogada (Major da Polícia Militar Ambiental).*

Wárnio Antônio de Souza. (Servidor Público Municipal - Prefeitura de Campo Belo /DEMAE)

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim – Analista Ambiental (IGAM)

Proponente:

Associação dos Municípios do Lago de Furnas – ALAGO (CONVÊNIO SEMAD Nº 1371010401408)

Empresa Contratada:

Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria de Itajubá - Fupai

Responsável Técnico

Afonso Henriques Moreira Santos – Coordenador Geral.

Coordenação Técnica

Alexandre Augusto Moreira Santos – Coordenador Executivo.

Benedito Cláudio da Silva – Coordenador Técnico.

Equipe Técnica

Cezar de Freitas Moura Júnior. Especialista em Gestão Financeira (FUMESC).

Clibson Alves dos Santos. Geógrafo e Doutor em Ordenamento Territorial (UNIFAL).

Jussara Antunes Silva. Mestre em Engenharia da Energia (UNIFEI).

Osmar Vicente Chevez Pozo. Doutor em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade.

Rafael Silva Capaz. Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia da Energia (UNIFEI).

Reinis Ósis. Geógrafo.

Roberto de Mattos. Contador e Doutor em Engenharia de Água e Solo (UFLA).

Rogério Ramos Prado. Administrador e Mestre em Administração (UNIFENAS).

Sandy Lia dos Santos. Bióloga e Doutora em Biologia Vegetal (UNICAMP).

Tereza Fernanda da Silva. Engenheira Ambiental.

Vanessa Cristina dos Santos. Geógrafa.

Bárbara Karoline. Flauzino. *Engenheira Ambiental (UNIFEI).*

Danielle Hoffert Cruz Souza. *Engenheira Hídrica (UNIFEI).*

Guilherme Gomes da Silva. *Engenheiro Ambiental (UNIFEI)*.

Jonas Fernandes Maciel. *Engenheiro Ambiental (UNIFEI)*.

Juliana Aparecida Oliveira. *Engenheira Hídrica (UNIFEI)*.

Thiago Balisa Santana. *Engenheiro Hídrico (UNIFEI)*.

Thiago Roberto Batista. *Engenheiro Hídrico (UNIFEI)*.

Rodrigo Augusto de Siqueira Souza. *Engenheiro Ambiental (UNIFEI)*.

Estagiários:

Aline Garcia Duarte. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Bruna Gonçalves da Silva. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Bruna Marigheto. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Carla Cristina de Oliveira. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Daíla Aparecida Ferreira. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Maitê Martins Nobre. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Renata Sauri Muranaka. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Rodrigo Braz Carneiro. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

Vítor Pereira Pinto. *Engenharia Hídrica (UNIFEI)*.

Aluízio de França Pereira Neto. Engenharia Hídrica.

Camila Porto Mendes. Engenharia Ambiental.

Celso Luiz Ribeiro Júnior. Engenharia Hídrica.

Cristiano Neves Simão. Engenharia Hídrica.

Danilo F. Trovó Garófalo. Geografia.

Gabriel Gomes Muller. Engenharia Ambiental.

Gustavo de Lorenzo Framil. Engenharia Ambiental.

Leilane Abreu. Engenharia Hídrica.

Luciano Augusto Vianna. Sociologia.

Maria Isabel Figueiredo Pereira de Oliveira Martins. Geografia.

Rafaella Paz. Engenharia Hídrica.

Renan Bittencourt de Araújo Passos. Engenharia Hídrica.

Rodrigo Augusto de Siqueira Souza. Engenharia Ambiental.

Suellen Carneiro. Engenharia Ambiental.

Thiago Scarpa. Geografia.

Vitor Rossi Viana. Engenharia Hídrica.

Colaboradores Externos:

Ana Lúcia Fonseca. Bióloga e Pós-doutora em Ecotoxicologia (UFRJ).

Marcelo Ribeiro Barison. Geólogo e Doutor em Geociências e Meio Ambiente (UNESP).

Rafael Silva Capaz. Engenheiro Ambiental.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO	14
2. PROGNÓSTICO DA DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS	16
2.1. METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DA DEMANDA HÍDRICA	17
2.1.1. Demanda hídrica nos últimos 15 anos na Unidade de Gestão GD3	17
2.1.2. Demanda hídrica nos próximos 20 anos na Unidade de Gestão GD3	32
2.2. RESULTADOS GERAIS	39
2.2.1. Demanda hídrica nos próximos 20 anos por classe de uso	39
2.2.2. Demanda hídrica nos próximos 20 anos para a Unidade de Gestão GD3	51
2.3. RESULTADOS POR SUB-BACIA	54
2.3.1. Córrego São Boaventura	57
2.3.2. Ribeirão Araras	59
2.3.3. Ribeirão Bom Jesus	61
2.3.4. Ribeirão da Congonha	63
2.3.5. Ribeirão dos Dias	65
2.3.6. Ribeirão Itaci	67
2.3.7. Ribeirão Santana	69
2.3.8. Ribeirão São João	71
2.3.9. Rio Claro	73
2.3.10. Rio do Peixe	75
2.3.11. Rio Formiga	77
2.3.12. Rio Guaxupé	79
2.3.13. Rio Machado	81
2.3.14. Rio Muzambo	83
2.3.15. Rio Muzambo (Divisa Nova)	85
2.3.16. Rio Santana	87
2.3.17. Reservatório 1	89
2.3.18. Reservatório 2	91
2.3.19. Reservatório 3	93
2.3.20. Reservatório 4	95
2.3.21. Reservatório 5	97
2.3.22. Rio Pouso Alegre	99
2.3.23. Rio São Tomé	101
3. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIOS	104
4. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS	116
5. ESTIMATIVA DA COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS	119
5.1. LEGISLAÇÃO QUE TRATAM DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA	119
5.2. METODOLOGIAS DE COBRANÇA	120
5.3. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO NA UNIDADE DE GESTÃO GD3	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Estações climatológicas e Postos pluviométricos localizados próximos a Unidade de Gestão GD3.....	28
Figura 2.2: Evolução da vazão de captação para o abastecimento urbano	40
Figura 2.3: Evolução da vazão de captação para o abastecimento rural	41
Figura 2.4: Captação de água projetada para a criação e animais	42
Figura 2.5: Área plantada média das culturas temporárias e permanentes nos municípios da Unidade de Gestão GD3.....	43
Figura 2.6: Área plantada média das culturas temporárias entre 1990 e 2008	44
Figura 2.7: Área plantada média das culturas permanentes entre 1990 e 2008	45
Figura 2.8: Captação de água projetada para a irrigação.....	47
Figura 2.9: Área plantada das culturas mais expressivas nos municípios que compõem a Unidade de Gestão GD3.....	47
Figura 2.10: Vazão outorgada para irrigação segundo dados do CNARH no Reservatório de Furnas	49
Figura 2.11: Captação de água projetada para o abastecimento industrial.....	50
Figura 2.12: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3	51
Figura 2.13: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3 por classe de uso.....	52
Figura 2.14: Sub-bacias da Unidade de Gestão GD3	55
Figura 2.15: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Córrego São Boaventura.....	57
Figura 2.16: Captação de água projetada para a sub-bacia do Córrego São Boaventura	58
Figura 2.17: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Araras	60
Figura 2.18: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Araras.....	60
Figura 2.19: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Bom Jesus	62
Figura 2.20: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Bom Jesus	62
Figura 2.21: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão da Congonha.....	64
Figura 2.22: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão da Congonha.....	64
Figura 2.23: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão dos Dias	66
Figura 2.24: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão dos Dias.....	66
Figura 2.25: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Itaci.....	68
Figura 2.26: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Itaci	68
Figura 2.27: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Santana.....	70
Figura 2.28: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Santana	70

Figura 2.29: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão São João.....	72
Figura 2.30: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão São João	72
Figura 2.31: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Claro.....	74
Figura 2.32: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Claro	74
Figura 2.33: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio do Peixe	76
Figura 2.34: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio do Peixe.....	76
Figura 2.35: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Formiga	78
Figura 2.36: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Formiga	78
Figura 2.37: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Guaxupé.....	80
Figura 2.38: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Guaxupé	80
Figura 2.39: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Machado	82
Figura 2.40: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Machado	82
Figura 2.41: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Muzambo.....	84
Figura 2.42: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Muzambo	84
Figura 2.43: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Muzambo (Divisa Nova).....	86
Figura 2.44: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Muzambo (Divisa Nova)	86
Figura 2.45: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Santana	88
Figura 2.46: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Santana	88
Figura 2.47: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 1.....	90
Figura 2.48: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 1	90
Figura 2.49: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 2.....	92
Figura 2.50: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 2	92
Figura 2.51: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 3.....	94
Figura 2.52: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 3	94
Figura 2.53: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 4.....	96
Figura 2.54: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 4	96
Figura 2.55: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 5.....	98
Figura 2.56: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 5	98
Figura 2.57: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Pouso Alegre.....	100
Figura 2.58: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Pouso Alegre	100
Figura 2.59: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio São Tomé	102
Figura 2.60: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio São Tomé	102
Figura 3.1: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3.....	106
Figura 3.2: Estimativa carga potencial de fósforo total dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3	106

Figura 3.3: Estimativa carga potencial de sólidos totais dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3	107
Figura 3.4: Estimativa carga potencial de coliformes termotolerantes dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3	107
Figura 3.5: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário Tendencial	108
Figura 3.6: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	108
Figura 3.7: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário Tendencial	109
Figura 3.8: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda..	109
Figura 3.9: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário Tendencial	110
Figura 3.10: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda	110
Figura 3.11: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia – Cenário Tendencial	111
Figura 3.12: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda.....	111
Figura 3.13: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) proveniente da pecuária na bacia da Unidade de Gestão GD3	112
Figura 3.14: Estimativa da carga potencial de DBO proveniente da pecuária por sub-bacia.....	112
Figura 3.15: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3	113
Figura 3.16: : Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Alta Demanda.....	114
Figura 3.17: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário Tendencial	114
Figura 3.18: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Baixa Demanda	115
Figura 5.1: Distribuição do potencial de arrecadação, segundo os tipos de uso	127
Figura 5.2: Estimativa do potencial arrecadação para diferentes relações Qmed/Qout	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Consumo per capita em função da faixa populacional do município	19
Tabela 2.2: Coeficientes de retirada per capita por espécie	22
Tabela 2.3 Distâncias médias (km) entre as estações climatológicas e os municípios que compõem a Unidade de Gestão GD3	27
Tabela 2.4 Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de captação e retorno para o abastecimento industrial.....	31
Tabela 2.5: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Baleia enclalhada” (Fonte: MACROPLAN, 2008)	35
Tabela 2.6: Vazões de captação para irrigação no município de Alfenas e na Unidade de Gestão GD3 ...	37
Tabela 2.7: Contribuição do município de Alfenas	37
Tabela 2.8: Resumo das metodologias de cenarização	39
Tabela 2.9: Resumo das metodologias de cenarização	45
Tabela 2.10: Demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3	53
Tabela 2.11: Vazão de captação alocado para cada sub-bacia da Unidade de Gestão GD3	56
Tabela 2.12: Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego São Boaventura	58
Tabela 2.13: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Araras	61
Tabela 2.14: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Bom Jesus	63
Tabela 2.15: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão da Congonha.....	65
Tabela 2.16: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão dos Dias	67
Tabela 2.17: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Itaci	69
Tabela 2.18: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Santana.....	71
Tabela 2.19: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão São João.....	73
Tabela 2.20: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Claro.....	75
Tabela 2.21: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio do Peixe	77
Tabela 2.22: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Formiga	79
Tabela 2.23: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Guaxupé.....	81
Tabela 2.24: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Machado	83
Tabela 2.25: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Muzambo.....	85
Tabela 2.26: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Muzambo (Divisa Nova).....	87
Tabela 2.27: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Santana	89
Tabela 2.28: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 1.....	91
Tabela 2.29: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 2.....	93

Tabela 2.30: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 3.....	95
Tabela 2.31: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 4.....	97
Tabela 2.32: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 5.....	99
Tabela 2.33: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Pouso Alegre.....	101
Tabela 2.34: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio São Tomé.....	103
Tabela 4.1: Comparação dos índices de perdas.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 5.1: K_{cap} por classe do corpo d'água.....	122
Tabela 5.2: Estimativa dos coeficientes da Eq. 4.2.....	123
Tabela 5.3: Valores adotados para K_{cons}	124
Tabela 5.4: Vazões de captação outorgadas na Unidade de Gestão GD3.....	126
Tabela 5.5: Vazões de captação outorgadas nos 3 setores considerados.....	126
Tabela 5.6: Estimativa do potencial de arrecadação nos diferentes setores.....	127
Tabela 6.1: Informações das regiões hidrográficas.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 6.2: Possíveis pontos de parceria e/ou conflito entre das regiões hidrográficas vizinhas a GD3.....	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A partir da Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, o Plano Diretor de Bacias consiste num importante instrumento de gestão que tem como objetivo definir a agenda dos recursos hídricos constituintes de uma bacia hidrográfica, identificando ações, programas, projetos, obras e investimentos prioritários, com a participação do poder público, da sociedade civil e dos usuários. Neste sentido, a Lei Estadual 13.199/99 criou a Política Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, aplicável às 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Minas Gerais, distribuídas nas 10 grandes bacias presentes na região. Estas unidades foram identificadas a partir de semelhanças físicas, sócio-culturais, econômicas e políticas, cuja delimitação pretende orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos de maneira descentralizada, contando com a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs).

Consonante ao convênio firmado entre a Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria - FUPAI e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o presente trabalho consiste no relatório preliminar da Fase II do PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ENTORNO DO LAGO DE FURNAS (GD3). Esta fase, de acordo com o termo de referência assinado entre as respectivas instituições, contempla o prognóstico do uso dos recursos hídricos na região para os próximos 20 anos.

O prognóstico não é um instrumento de previsão, mas uma ferramenta de planejamento que oferece condições de avaliar, no presente, situações hipotéticas futuras. Esta fase, que sucede o diagnóstico, se baseia no mesmo para entender a complexidade da bacia e desenhar a tendência de seus aspectos. Com a elaboração de cenários pretende-se determinar a relação do presente com futuro, o que não consiste em simples extrapolações futurísticas, mas resulta de estudos complexos, que identificam sinais relevantes de potencial influência na demanda do recurso, e na alteração de sua qualidade. A partir destas projeções,

pode-se definir diretrizes que garantam a maior eficiência no uso dos recursos hídricos, garantindo quantidade e qualidade para seus usuários, além de minimizar os riscos e facilitar a tomada de decisão.

Este trabalho foi dividido em 8 capítulos que abrangem os aspectos de demanda hídrica, qualidade da água e cobrança pelo seu uso. Além destas notas introdutórias (capítulo 1), os capítulos 2, 3 e 4 descrevem, respectivamente, o prognóstico da demanda dos recursos hídricos, estimativas de cargas poluidoras por cenários e compatibilização das disponibilidades com as demandas hídricas. Já os capítulos 5, 6, 7 abordam, respectivamente, os temas: estimativa da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, articulação e compatibilização dos interesses internos e externos à bacia e síntese e seleção de alternativas de intervenção.

2. PROGNÓSTICO DA DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Entende-se por demanda hídrica o volume de água solicitada na execução de uma determinada atividade; representando, assim, a vazão de água retirada do manancial. Por sua vez, o consumo hídrico refere-se à parcela da demanda que é efetivamente utilizada, isto é, descontando as perdas na captação e distribuição. A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de retorno, e corresponde à parcela do volume captado que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários.

Sabe-se, por sua vez, que os usos dos recursos hídricos são classificados em usos consuntivos e não-consuntivos. Porém, neste trabalho, atentou-se apenas para a quantificação e projeção dos usos consuntivos, os quais são passíveis de outorga. Tais usos foram identificados em cada município que compõe a bacia estudada, e divididos entre abastecimento urbano e rural, criação de animais, industrial e irrigação. Para tal, o estudo deu-se em duas fases: primeiramente calculou-se a vazão captada nos últimos 15 anos (1995-2009) destinada a cada classe de uso, e posteriormente estimou-se a demanda nos próximos 20 anos (2010-2030) em três cenários, sendo um tendencial, e dois alternativos, em função dos quais será traçado o plano diretor. A seguir são apresentados os aspectos metodológicos adotados e os resultados encontrados.

2.1. Metodologia para Estimativa da Demanda Hídrica

2.1.1. Demanda hídrica nos últimos 15 anos na Unidade de Gestão GD3

Pela carência de metodologias consolidadas, o presente trabalho baseou-se em alguns planos diretores já finalizados, como o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2004), Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu (2006) e o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (2007). No entanto, de maneira geral, a metodologia usada consiste na adequação do estudo realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (2003) nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste último, foram estimadas as vazões de captação e retorno entre 1931 a 2001, sendo projetadas até 2010 a partir da elaboração de cenários alternativos. As estimativas contemplaram cinco classes de usos consuntivos, as quais também foram usadas neste trabalho: Abastecimento Urbano, Abastecimento Rural, Criação animal, Irrigação e Abastecimento Industrial.

A adequação da metodologia apresentada pela ONS (2003) à realidade da unidade de gestão se deve à ausência de dados a nível municipal que abrangessem um período de tempo maior. Entre as adequações adotadas listam-se a seguir as premissas, a partir das quais foi desenvolvida toda a análise.

- Para os municípios, cujas áreas estão integralmente dentro dos limites da Unidade de Gestão GD3, foi estimado o consumo referente às cinco classes de usos listadas acima;
- Para os municípios, cujas áreas estão parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal dentro dos limites, foi contabilizado o consumo associado ao abastecimento urbano e industrial. As vazões destinadas ao abastecimento rural, à criação animal e à irrigação foram contabilizadas em função da proporção da área inserida;
- Para os municípios inseridos parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal fora dos limites, foi contabilizada apenas a parcela das vazões destinadas ao abastecimento rural, criação animal e irrigação, correspondente à proporção da área inserida.

Sabe-se das variações que a adoção destas premissas pode conferir aos resultados finais, no entanto, todas estas considerações foram julgadas razoáveis e garantem à análise condições conservadoras. A seguir são detalhados os pressupostos metodológicos usados na estimativa da demanda por cada classe de uso.

- **Abastecimento Urbano**

O abastecimento urbano refere-se ao atendimento da população urbana municipal pela rede geral. Adotou-se que toda a população urbana é atendida integralmente pela rede, a fim de simplificar os cálculos, uma vez que foram verificados índices médios de atendimento superiores a 70% nos municípios que compõem a bacia, segundo os dados fornecidos pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano 2000 (IBGE, 2010). Os dados básicos para a estimativa da vazão captada e destinada para o abastecimento urbana foram:

- População urbana municipal, obtida por meio dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da Contagem da População de 2007;
- Faixas de consumo *per capita* apresentadas no estudo da ONS (2003).

Inicialmente, foi determinada a captação *per capita* média da Unidade de Gestão GD3, tomando como base o volume distribuído para a população urbana segundo os dados fornecidos pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000, disponível no banco de dados do SIDRA (IBGE, 2010) (Eq. 2.1). Por carência de dados, os valores do município de Ibitiúra de Minas foram considerados equivalentes aos valores observados no município de Albertina; já os valores referentes aos municípios de Senador Amaral e Tocos do Moji foram obtidos do ano de 2006.

$$CP_{GD6} = \frac{VD_{GD6}}{POP_{GD6}} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Onde: CP_{GD3} = Captação *per capita* médio da Unidade de Gestão GD3 [$L \cdot hab^{-1} \cdot d^{-1}$];

VD_{GD3} = Volume distribuído na Unidade de Gestão GD3 no ano 2000 [$L \cdot d^{-1}$];

POP_{GD3} = População urbana da Unidade de Gestão GD3 atendida pelo sistema público de abastecimento de água [habitantes].

Partindo da população urbana municipal contabilizada nos anos censitários, os municípios foram enquadrados em uma das quatro faixas de consumo apresentadas no estudo ONS (2003) (Tabela 2.1). Estas faixas foram ajustadas para cada ano censitário de acordo com os dados apresentados na pesquisa de saneamento supracitada, a partir dos quais foi calculado um coeficiente de proporcionalidade X, usado em tal ajuste, conforme a Eq. 2.2.

Tabela 2.1: Consumo per capita em função da faixa populacional do município

FAIXA POPULACIONAL	CONSUMO PER CAPITA [L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹]
< 10.000	300
10.000 a 100.000	350
100.000 a 500.000	400

Fonte: ANA (2002) apud ONS (2003). Base de referência no Plano Nacional de Recursos Hídricos

$$X = \left[\frac{VD_{GD6}}{Pop_{Fx1} + \left(\frac{CP_{Fx2}}{CP_{Fx1}} \right) \cdot (Pop_{Fx2}) + \left(\frac{CP_{Fx3}}{CP_{Fx1}} \right) \cdot (Pop_{Fx3})} \right]^2 \quad (\text{Eq. 2.2})$$

Onde: X = Coeficiente de proporcionalidade [L².hab⁻².d⁻²];

Pop_{Fx1} = População da Unidade de Gestão GD3 pertencente à faixa 1 [habitantes];

Pop_{Fx2} = População da Unidade de Gestão GD3 pertencente à faixa 2 [habitantes];

Pop_{Fx3} = População da Unidade de Gestão GD3 pertencente à faixa 3 [habitantes];

CP_{Fx1} = Consumo *per capita* da faixa 1 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1);

CP_{Fx2} = Consumo *per capita* da faixa 2 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1);

CP_{Fx3} = Consumo *per capita* da faixa 1 [L.hab⁻¹.d⁻¹] (Tabela 2.1).

De posse do coeficiente de proporcionalidade, obteve-se o consumo *per capita* municipal para cada faixa populacional em cada ano censitário, dado pela Eq. 2.3.

$$CP_{(Fxn)GD6} = \frac{X \left(\frac{CP_{Fxn}}{CP_{Fx1}} \right)}{CP_{GD6}} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Onde: $CP_{(Fxn)(GD3)}$ = Consumo *per capita* na Unidade de Gestão GD3, na faixa n [L.hab⁻¹.d⁻¹].

Por fim, a estimativa da vazão captada e destinada ao abastecimento urbano municipal, nos últimos anos, se deu a partir da Eq. 2. 4 e Eq. 2.5.

$$Q_{urb,M} = Pop_{urb} \cdot CP_{(Fxn)GD6} \cdot 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

Onde: Q_{urb} = Vazão de captação para abastecimento urbano no município M [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

Pop_{urb} = População urbana municipal [habitantes];

$CP_{(Fxn)GD3}$ = Consumo per capita da faixa na qual se enquadra o município [$\text{L} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$].

$$Q_{urb} = \sum_{M=1}^{24} Q_{urb,M} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Onde: Q_{urb} = Vazão captada para o abastecimento urbano na Unidade de Gestão GD3 [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

As vazões efetivamente consumidas no abastecimento urbano foram estimadas considerando um retorno de 85%, de acordo com a recomendação da NBR 9649 da ABNT, na falta de valores obtidos em campo. As vazões de retorno e consumo foram então obtidas, por meio das Eq. 2.6 e Eq. 2.7, respectivamente.

$$Q_{urb,r} = Q_{urb} \cdot kr_{urb} \quad (\text{Eq. 2.6})$$

$$Q_{urb,c} = Q_{urb} - Q_{urb,r} \quad (\text{Eq. 2.7})$$

Onde: $Q_{urb,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento urbano [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$];

kr_{urb} = Coeficiente de retorno do abastecimento urbano [adimensional];

$Q_{urb,c}$ = Vazão de consumo do abastecimento urbano [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$].

• Abastecimento Rural

Para o cálculo das vazões retiradas para abastecimento rural foi utilizada a metodologia proposta no estudo da ONS (2003), sendo considerado que a população rural não recebe atendimento da rede pública de abastecimento. Os dados utilizados para estimar a vazão de abastecimento rural foram: a população rural, obtidas por meio dos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da contagem da população de 2007; e o volume de água distribuído em cada município, obtidos por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000. Todas as consultas foram realizadas no banco de dados SIDRA (IBGE, 2010). Os coeficientes de retirada rural *per capita* utilizados foram propostos pela ANA (2002)

apud ONS (2003), sendo que para o estado de Minas Gerais, o valor adotado foi de 125 L.hab¹.d⁻¹. Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento rural foi feita por meio da Eq. 2.8 e Eq. 2.9.

$$Q_{rur,M} = Pop_{rur} \cdot CP_{rur} \cdot 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.8})$$

Onde: $Q_{rur,M}$ = Vazão de captação para abastecimento rural no município M [1000 m³.d⁻¹];

Pop_{rur} = População rural do município, não atendida pela rede geral [habitantes];

CP_{rur} = Vazão rural per capita para o Estado de Minas Gerais [L.hab⁻¹.dia⁻¹].

$$Q_{rur} = \sum_{M=1}^{24} Q_{rur,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.9})$$

Onde: Q_{rur} = Vazão captada para o abastecimento rural na Unidade de Gestão GD3 [1000 m³.d⁻¹];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

Considerando-se a inexistência de rede coletora de esgoto doméstico na zona rural, as vazões de retorno passam a ocorrer por meio do reabastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, escoamento subterrâneo. Assim, foi adotado um valor para o coeficiente de retorno de 0,5, que foi o mesmo utilizado na metodologia proposta pela ONS (2003). Deste modo, as vazões de retorno e de consumo foram obtidas por meio da Eq. 2.10 e Eq. 2.11.

$$Q_{rur,r} = Q_{rur} \cdot kr_{rur} \quad (\text{Eq. 2.10})$$

$$Q_{rur,c} = Q_{rur} - Q_{rur,r} \quad (\text{Eq. 2.11})$$

Onde: $Q_{rur,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento rural [1000 m³.d⁻¹];

kr_{rur} = Coeficiente de retorno do abastecimento rural [adimensional];

$Q_{rur,c}$ = Vazão de consumo do abastecimento rural [1000 m³.d⁻¹].

- **Criação Animal**

A estimativa das vazões captadas para a criação animal baseou-se em duas fontes de dados: o efetivo de rebanhos em cada município, obtido da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) disponível em IBGE (2010), e o consumo per capita por espécie animal, proposta na Tabela 2.2 seguinte e obtida dos estudos da ONS (2003).

Tabela 2.2: Coeficientes de retirada per capita por espécie

ESPÉCIE	VAZÃO RETIRADA [L.animal ⁻¹ .d ⁻¹]
Bovino	50
Suíno	12,5
Bubalino	50
Eqüino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10
Aves	0,36

A estimativa da vazão retirada municipal destinada para criação animal, por município, foi feita pela Eq. 2.12 e Eq. 2.13. Considerando-se a inexistência de informações que permitam embasar uma metodologia consistente para estimar o coeficiente de retorno para o abastecimento animal, foi adotado um valor de 0,2, proposto na metodologia da ONS (2003). Assim, as vazões de retorno e consumo foram obtidas pelas Eq. 2.14 e Eq. 2.15. Considerando que os rebanhos encontram-se homogeneamente espalhados na área dos municípios, com a proporção da área municipal dentro dos limites da unidade de gestão, pode-se calcular as respectivas vazões de captação, retorno e consumo para a Unidade de Gestão GD3.

$$Q_{a,M} = \sum [Rb_{(esp.anim)} \cdot q_{(esp.anim)}] 10^{-6} \quad (\text{Eq. 2.12})$$

Onde: $Q_{a,M}$ = Vazão de captação para criação de animais no município M [1000 m³.d⁻¹];

$Rb_{(esp.anim)}$ = Rebanho do município para cada espécie animal [animal];

$q_{(esp.anim)}$ = Vazão per capita por espécie animal [L.animal⁻¹.d⁻¹].

$$Q_a = \sum_{M=1}^{24} Q_{a,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.13})$$

Onde: Q_{rur} = Vazão captada para a criação de animais na unidade de gestão GD3 [1000 m³.d⁻¹];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

$$Q_{a,r} = Q_a \cdot kr_{animal} \quad (\text{Eq. 2.14})$$

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{a,r} \quad (\text{Eq. 2.15})$$

Onde: $Q_{a,r}$ = Vazão de retorno da criação animal [1000 m³.d⁻¹];

kr_a = Coeficiente de retorno da criação animal [adimensional];

$Q_{a,c}$ = Vazão de consumo da criação animal [1000 m³.d⁻¹].

• Irrigação

De maneira geral, a demanda hídrica da irrigação foi obtida do balanço hídrico simplificado, em função da área plantada anual de cada cultura em cada município (Eq. 2.16). Assim, considerando que as culturas se distribuem homoganeamente na área municipal, pode-se estimar a demanda na unidade de gestão, a partir da proporção do município que se encontra dentro dos limites da unidade (Eq. 2.17).

Esta estimativa resultou na vazão que deveria ser captada para atender aquela determinada situação, o que leva a crer que os valores calculados sejam subestimados. Tal fato justifica-se pelos relatos das unidades de apoio agrícola existentes na região, como a EMATER, referentes ao desperdício característico observado nesta classe de consumo por conta do desconhecimento dos agricultores ou desinteresse em aplicar técnicas mais eficientes.

$$Q_{irrig,M} = \sum_{c=1}^{10} Ap_c \cdot \left(\sum_{m=1}^{12} (Pef_m - ETrc_m) \cdot \frac{\alpha}{\varepsilon} \cdot \frac{0,01}{d} \right) \quad (\text{Eq. 2.16})$$

Onde: $Q_{irrig,M}$ = Vazão de captação para irrigação no município M [1000 m³.d⁻¹];

Ap_c = Área plantada da cultura c [hectares];

Pef_m = Precipitação efetiva no mês m [mm/mês];

$ETrc_m$ = Evapotranspiração real da cultura no mês m [mm/mês];

α = Fator de práticas agrícolas [adimensional];

ϵ = Eficiência no método de irrigação utilizado [adimensional];

d = número de dias no mês m [dias];

O fator α busca incorporar o fato de existirem variações anuais das práticas agrícolas decorrentes da alternância entre épocas de plantio e colheita e da quantidade de safras, o que reduziria a quantidade real de água em decorrência de paralisações na irrigação. Geralmente utiliza-se um fator equivalente a 0,75. Por sua vez, o fator ϵ representa o quanto realmente foi irrigado o sistema, uma vez que a distribuição desuniforme da água normalmente produz perdas por drenagem num ponto, e armazenamento insuficiente em outros. Na literatura encontram-se tabelas com recomendações que podem ser consideradas satisfatórias para bons projetos de irrigação. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado pelo IBGE, a irrigação por aspersão convencional é típica na região, o que justificou a utilização de um fator de eficiência de 0,75.

$$Q_{irrig} = \sum_{M=1}^{24} Q_{irrig,M} \cdot P_{municipal} \quad (\text{Eq. 2.17})$$

Onde: Q_{irrig} = Vazão captada para a irrigação na Unidade de Gestão GD3 [1000 m³.d⁻¹];

$P_{municipal}$ = Proporção espacial do município dentro dos limites da unidade de gestão;

- *Determinação da área plantada (A_p) na região:*

A área plantada municipal foi obtida através da Produção Agrícola Municipal (PAM), disponibilizado pelo IBGE (2010). A partir da qual levantou-se as 10 culturas, entre permanentes e temporárias, responsáveis por mais de 95% da área plantada na unidade de gestão nos últimos 15 anos.

- *Determinação da Evapotranspiração Real da cultura (ET_{rc}):*

A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada em uma superfície coberta por vegetal, durante um determinado período. A quantidade de água evapotranspirada depende do tipo de cultura, das características do solo e do clima, sendo este último fator predominante sobre os demais. Para a sua quantificação é

necessária a determinação de alguns parâmetros como a evapotranspiração potencial (ET_o), o coeficiente da cultura (k_c) e o coeficiente de molhamento (k_s).

A evapotranspiração potencial (ET_o) corresponde a um valor referência de evapotranspiração, obtido em condições padronizadas de cultivo. Diversos métodos são disponíveis para a determinação da evapotranspiração de referência, no entanto, neste trabalho foram consultadas as três estações climatológicas localizadas dentro ou próximo aos limites da unidade de gestão, segundo os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), apresentado na Figura 2.1. A partir dos dados médios mensais de evapotranspiração potencial, obtidos destas estações contabilizadas, pode-se aferir a ET_o nos municípios que compõem a bacia a partir da Eq. 2.18, conforme apresenta a Tabela 2.3. Por conta da pequena variação anual dos valores, optou-se por utilizar os mesmos valores mensais para todos os anos.

$$ET_{o_{município}} = \frac{\left(\frac{ET_{o_{m1,e1}}}{d_{e1-município}^2} + \frac{ET_{o_{m1,e2}}}{d_{e2-município}^2} + \frac{ET_{o_{m1,e3}}}{d_{e3-município}^2} \right)}{\left(\frac{1}{d_{e1-município}^2} + \frac{1}{d_{e2-município}^2} + \frac{1}{d_{e3-município}^2} \right)} \quad (\text{Eq. 2.18})$$

Onde: $ET_{o_{município1}}$ = Evapotranspiração potencial no município 1 [mm/mês];

$ET_{o_{m1,e1}}$ = Evapotranspiração potencial do mês 1 na estação climatológica 1 [mm/mês];

$d_{e1,município1}$ = Distância média entre a estação climatológica 1 e o município 1 [km];

Assim, a *Evapotranspiração Real da cultura (ET_{rc})* refere-se a condições ótimas de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial desta cultura nas condições de campo, e pode ser estimada pela Eq. 2.19.

$$ET_{rc} = ET_{o} \cdot K_{c} \cdot K_{s} \quad (\text{Eq. 2.19})$$

Onde: ET_{rc} = Evapotranspiração real da cultura [mm/mês];

ET_{o} = Evapotranspiração potencial [mm/mês];

K_{c} = Coeficiente da cultura;

K_{s} = Coeficiente de molhamento;

Os valores de K_c variam de 0,2 a 1,25 de acordo com o tipo de cultura, estágio de desenvolvimento, comprimento do ciclo vegetativo e condições climáticas. Estes coeficientes foram disponibilizados no estudo do ONS (2003). A fim de simplificar os cálculos e optou-se por usar um coeficiente médio, obtido pelos coeficientes típicos em cada fase do ciclo da respectiva cultura. O coeficiente de molhamento (K_s) expressa a relação entre a área molhada pela irrigação e a área do solo ocupada pela cultura. Embora não se tenha uma regra fixa para os valores de K_s , que dependerão de características da irrigação, são considerados igual a 1 para os sistemas que apresentarem 100 % de área molhada (aspersão convencional, pivot-central, etc) e menor que 1 para os sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), desta forma, adotou-se um fator de 0,90.

- *Determinação da Precipitação efetiva mensal (P_{ef}) para cada município:*

A parcela do volume de água precipitado que é utilizado pelas culturas no atendimento à sua demanda evapotranspirométrica, ou seja, a parcela da precipitação total que não esco superficialmente e nem percola abaixo da zona radicular da cultura, denomina-se *Precipitação Efetiva (P_{ef})*. Neste trabalho, tal parâmetro foi estimado pelo método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture (USDA), descrito pela Eq. 2.20 seguinte, e apresentado os estudo de FAO (1998).

$$P_{ef} = \frac{P_t \cdot (125 - 0,2 \cdot P_t)}{125} \quad P_t < 250 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 2.20})$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1 \cdot P_t \quad P_t > 250 \text{ mm}$$

Onde: P_{ef} = Precipitação efetiva [mm/mês];

P_t = Precipitação total [mm/mês];

A precipitação total mensal para cada município foi estimada baseando-se nos dados fornecidos pelos postos pluviométricos localizados mais próximos das respectivas sedes municipais (Figura 2.1). No caso das sedes municipais se localizarem entre dois ou mais postos pluviométricos, o valor aferido ao município consistiu na média dos valores mensais registrados pelos postos.

Tabela 2.3 Distâncias médias (km) entre as estações climatológicas e os municípios que compõem a Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIO	BAMBUÍ	MACHADO	LAVRAS
Aguanil	121192,54	51854,23	97168,75
Alfenas	158037,12	100807,50	26724,16
Alpinópolis	104642,17	149916,32	101839,94
Alterosa	139403,28	118742,58	52065,39
Areado	151786,73	119956,72	41711,47
Boa Esperança	128064,73	60515,88	73798,34
Botelhos	185889,57	151531,99	49512,13
Cabo Verde	168852,39	147489,05	53958,49
Camacho	110277,53	68907,65	140133,17
Campestre	191368,26	140182,31	34235,72
Campo Belo	123696,88	46804,98	108345,96
Campo do Meio	124026,57	87610,87	62882,00
Campos Gerais	138500,04	79079,88	50609,85
Cana Verde	140903,19	29753,34	105024,23
Candeias	112702,36	58653,25	119937,71
Capitólio	68842,38	128899,36	117665,21
Carmo do Rio Claro	108457,94	119736,44	80355,96
Conceição da Aparecida	123216,29	126244,46	70182,61
Congonhal	238438,00	148910,12	55005,72
Coqueiral	142629,72	46140,25	73007,86
Córrego Fundo	66863,56	104276,22	140416,82
Cristais	108660,75	66802,40	97144,84
Divisa Nova	168854,06	128219,51	33580,45
Espírito Santo do Dourado	226451,17	133990,42	42011,25
Fama	156428,46	88192,31	30565,95
Formiga	77040,23	95848,20	143093,06
Guapé	84581,48	108690,89	100772,80
Guaxupé	163933,57	178583,51	91602,00
Illicínea	105192,36	92740,63	81862,76
Ipuiúna	233401,20	156406,00	55141,49
Itapecerica	103444,37	85004,69	156287,57
Juruaia	151788,51	163986,49	82622,11
Machado	186196,25	107624,86	627,47
Monte Belo	152375,62	142763,71	60098,45
Muzambinho	162323,91	159240,69	70882,36
Nepomuceno	157554,64	24756,23	85543,87
Nova Resende	132985,88	147833,09	79488,19
Paraguaçu	172267,96	84189,96	23137,23
Perdões	152323,14	18239,43	107134,71
Pimenta	56572,90	117050,53	131673,12
Poço Fundo	197259,15	117342,75	13262,67
Santa Rita de Caldas	228213,39	164339,65	58772,23
Santana da Vargem	146535,33	52487,15	63172,10
São João da Mata	212910,18	123467,04	28961,29
São José da Barra	86802,15	147552,21	112737,61
São Pedro da União	141623,96	168040,11	94057,74
Serrania	171341,60	113533,76	18317,60
Três Pontas	159457,86	55329,74	53821,83

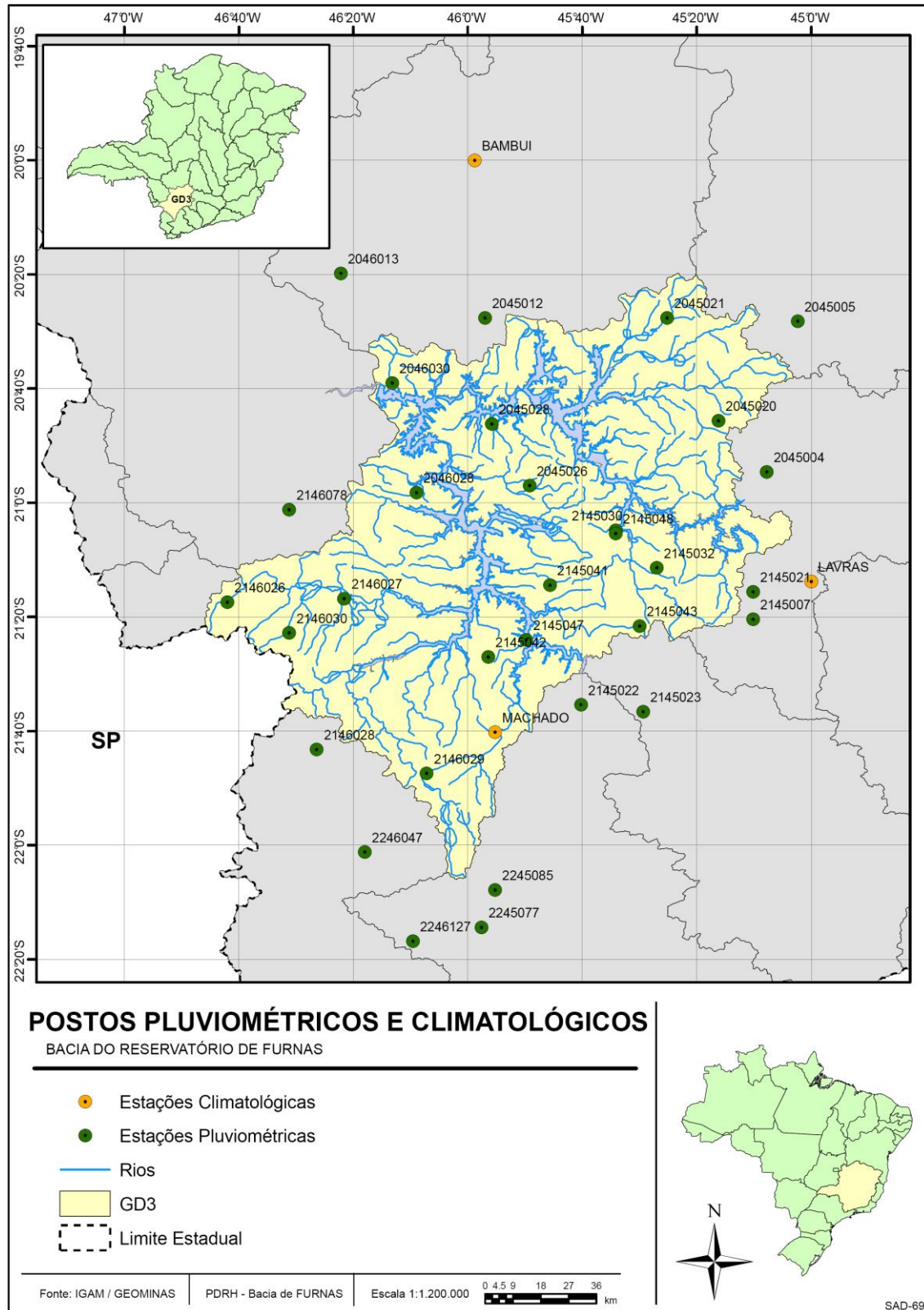


Figura 2.1: Estações climatológicas e Postos pluviométricos localizados próximos a Unidade de Gestão GD3

A vazão de retorno associada a esta classe de uso foi calculada a partir da Eq. 2.21.

$$Q_{irrig,r} = Q_{irrig} \cdot (P_p + P_{esc}) \quad (\text{Eq. 2.21})$$

Onde: $Q_{irrig,r}$ = Vazão de retorno da irrigação [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$];

P_p = Perdas de água por percolação [adimensional];

P_{esc} = Perdas por escoamento [adimensional].

Sabe-se que:

$$(P_p + P_{esc}) = 1 + P_{ev} - \varepsilon \quad (\text{Eq. 2.22})$$

Onde: P_{ev} = Perdas por evaporação e arraste [adimensional];

ε = Eficiência no método de irrigação utilizado [adimensional].

A eficiência de aplicação adotada neste trabalho foi obtido dos resultados disponíveis em ONS (2003): Irrigação por aspersão: $E_a = 0,71$. Da mesma forma, utilizou-se para este sistema de irrigação uma perda por evaporação de 10,9%. A vazão consumida foi, então, obtida por:

$$Q_{irrig,c} = Q_{irrig} - Q_{irrig,r} \quad (\text{Eq. 2.23})$$

Onde: $Q_{irrig,c}$ = Vazão consumida pela irrigação [$1000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$].

- **Abastecimento Industrial**

Os dados utilizados na estimativa das vazões destinadas ao abastecimento industrial foram obtidos da Fundação João Pinheiro (2009), e pela Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE (2009). A partir do *Valor de Produção Industrial* de Minas Gerais – isto é, o quanto cada classe de indústria produziu naquele respectivo ano – e o *Valor Adicionado pela Indústria de Minas Gerais* – isto é, o quanto o setor industrial contribuiu para o PIB estadual naquele respectivo ano – foi possível estabelecer a seguinte proporção (Eq. 2.24). Embora o período de análise

seja entre os anos de 1995 a 2009, encontram-se nestes bancos de dados apenas valores entre 1996 e 2007, sendo todos expressos no ano base de 2002. Os anos não contemplados, ou seja, 1995, 2008 e 2009, tiveram seus valores estimados a partir de tendências e taxas de crescimento estaduais obtidas da literatura.

$$VP_{(ind,munic)} = \frac{VP_{(ind,MG)}}{VA_{MG}} \cdot VA_{munic} \quad (\text{Eq. 2.24})$$

Onde: $VP_{(ind,munic)}$ = Valor da produção de cada classe de indústria, por município [R\$];

$VP_{(ind,MG)}$ = Valor da produção de cada classe de indústria, para Minas Gerais [R\$];

VA_{munic} = Valor Adicionado pela Indústria para cada município [R\$];

VA_{MG} = Valor Adicionado pela Indústria para o estado de Minas Gerais [R\$].

Uma vez calculados os valores de produção industrial para cada município da Unidade de Gestão GD3, foi possível utilizar a tabela de conversão (Tabela 2.4) apresentada pelo estudo da ONS (2003).

A estimativa da vazão de captação para o setor industrial em cada município é dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria (Eq. 2.25). Vale lembrar que a vazão de captação para o setor foi contabilizada apenas para os municípios cuja sede municipal está inserida na unidade de gestão. Ainda nesta formulação, efetuou-se a conversão dos valores expressos em Reais [R\$] para Dólares [US\$], a partir da média de todas as taxas cambiais verificadas no período analisado, isto é, de 1995 a 2009. Para cada ano, foi realizada a conversão com base na média anual do câmbio.

$$Q_{ind,M} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_C) \cdot V_{retirada}}{365000} \quad (\text{Eq. 2.25})$$

Onde: Q_{ind} = Vazão de captação para abastecimento industrial no município M [1000 m³.d⁻¹];

VP_{ind} = Valor da produção de cada tipo de indústria [R\$];

$V_{retirada}$ = Volume captado por unidade monetária produzida [m³.US\$⁻¹];

FC = Fator de conversão monetária [R\$.US\$⁻¹].

Tabela 2.4 Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de captação e retorno para o abastecimento industrial

Classes das indústrias	Captção/Produção	Retorno/Produção
	[m ³ .US\$ ⁻¹]	[m ³ .US\$ ⁻¹]
Extrativa animal	0,13233	0,10586
Produtos alimentares	0,02708	0,02166
Bebidas	0,00998	0,0087
Fumo	0,00564	0,00451
Têxtil	0,03064	0,02451
Vestuários, Calçados e Artefatos de Tecidos	0,03052	0,02442
Couros e Peles, Artefatos para Viagens	0,01474	0,01179
Madeira	0,05039	0,04031
Papel e Papelão	0,08545	0,06836
Editorial e Gráfica	0,00001	0,00001
Química	0,02304	0,01843
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	0,00560	0,00448
Perfumaria, Sabões e Velas	0,00753	0,00602
Borracha	0,00134	0,00107
Produtos de Matérias Plásticas	0,00023	0,00018
Transformação de não metálicos	0,00492	0,00394
Metalurgia	0,01013	0,00811
Mecânica	0,01132	0,00905
Material Elétrico de Comunicações	0,00001	0,00001
Material de Transporte	0,00551	0,0044
Mobiliário	0,12274	0,09838
Genérica	0,02713	0,02176

Devido à ausência de dados quando este trabalho estava sendo formulado, para a estimativa as vazões de demanda industrial para os anos de 2008 e 2009, foram utilizadas as taxas de crescimento do valor adicionado do setor industrial, encontradas no banco de dados da Fundação João Pinheiro (2009), e que se referem ao 4º trimestre dos respectivos anos. Tais taxas foram de (+3,4%) e (-10,7%), respectivamente. A vazão do ano de 1995 foi estimada através de uma taxa obtida pela relação entre a diferença das vazões de cada município no período de 1996 a 1999. Para a estimativa na unidade de gestão foi utilizada a Eq. 2.25.

$$Q_{ind} = \sum_{M=1}^{24} Q_{ind,M} \quad (\text{Eq. 2.26})$$

Onde: Q_{ind} = Vazão captada para o abastecimento industrial na Unidade de Gestão GD3 [1000 m³.d⁻¹];

A vazão de retorno do abastecimento industrial foi estimada através da Eq. 2.27 seguinte e a partir dos dados apresentados na Tabela 2.4 acima.

$$Q_{ind,r} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_c) \cdot V_r}{365000} \quad (\text{Eq. 2.27})$$

Onde: $Q_{ind,r}$ = Vazão de retorno do abastecimento industrial [1000 m³.d⁻¹];

VP_{ind} = Valor da produção do produto [R\$];

V_r = Volume de efluente por unidade monetária produzida [m³.US\$⁻¹] – Tabela 2.4;

FC = Fator de conversão monetária [R\$.US\$⁻¹].

Por fim, as vazões de consumo foram obtidas pela Eq. 2.28.

$$Q_{ind,c} = Q_{ind} - Q_{ind,r} \quad (\text{Eq. 2.28})$$

Onde: $Q_{irrig,c}$ = Vazão consumida no abastecimento industrial [1000 m³.d⁻¹].

2.1.2. Demanda hídrica nos próximos 20 anos na Unidade de Gestão GD3

Esta seção dedica-se a apresentar a metodologia utilizada na construção dos cenários que ilustram a futura demanda de água na região. Não se pretendeu por meio desta cenarização fornecer probabilidades ou garantia da ocorrência de determinados eventos. Apenas buscou-se desenhar o possível comportamento da demanda hídrica superficial na bacia para próximos anos, tendo como base algumas variáveis, que interferem direta ou indiretamente no consumo de água nas cinco classes de uso analisadas até então, e os limites de outorga determinados pela vazão de referência $Q_{7,10}$. Para tal foram desenhados três cenários: *Tendencial*, *Alta Demanda* e *Baixa Demanda*. O ano de 2009 foi considerado como base para todos os cálculos e a projeção foi feita até o ano de 2030, considerando os quinquênios, 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030.

O cenário tendencial consiste num horizonte de demanda provável, isto é, considerando que a região não sofra grandes mudanças nos próximos anos. Este cenário foi elaborado a partir de variáveis demográficas, econômicas, ou simplesmente a partir do ajuste

de linhas tendenciais sobre a vazão captada nos últimos quinze anos para cada classe de uso. Para os valores de consumo e retorno, foram mantidos os percentuais usados até aqui.

Por sua vez, a construção de cenários alternativos para a bacia deu-se através da determinação de hipóteses sobre as variáveis que influenciam a futura demanda hídrica. Como exemplo de variáveis, tem-se o crescimento demográfico, as características econômicas e o comportamento geral da economia, o investimento em tecnologias gerando a melhoria da gestão dos recursos hídricos, o aumento na eficiência dos processos produtivos, as mudanças nos hábitos de consumo da população, entre outros.

O cenário de alta demanda é caracterizado pelo aumento na demanda de água para os anos de 2010 a 2030, com relação ao cenário tendencial. Considerou-se que o aumento da demanda de água relaciona-se ao maior desenvolvimento econômico da região em questão. Isso pode ser observado nos diferentes tipos de classes de uso, como por exemplo, no abastecimento urbano, que passa a consumir maiores quantidades de água, devido à melhoria nas condições econômicas da população ou no setor industrial, que necessita de uma demanda maior de água conforme aumenta sua produtividade. Já o cenário de baixa demanda, foi definido como um cenário de menor demanda em relação ao cenário tendencial e, portanto, de menor desenvolvimento econômico. Abaixo estão descritas as características e os detalhes de elaboração de cada um dos cenários criados para a projeção da demanda hídrica na bacia por classe de uso.

- **Abastecimento Urbano**

Na projeção da demanda de água que será destinada ao abastecimento urbano, mantiveram-se as seguintes premissas: toda população urbana municipal é atendida pela rede geral (no seu uso domiciliar, comercial e público); e apenas os municípios com sede dentro dos limites da bacia foram considerados neste prognóstico.

O cálculo da vazão de captação seguiu a metodologia do ONS (2003), aplicada para os anos anteriores, sendo que o crescimento da população urbana e do PIB de cada município foram as variáveis usadas nas projeções.

As linhas de tendência do crescimento populacional foram obtidas a partir dos dados demográficos referentes aos anos de 1991, 2000 e 2007. Optou-se por excluir dados de décadas anteriores devido ao comportamento diferenciado em períodos distintos, isto é: em alguns municípios se também forem considerados os dados de 1970 e 1980, o ajuste de uma

tendência ficava comprometido devido ao crescimento exponencial verificado nos primeiros anos e o crescimento logarítmico verificados nos últimos anos. Tal fato superestimaria a população futura contando com índices de aderência da curva tendencial (R^2) pequenos. Por outro lado, se forem considerados apenas a população dos últimos anos verifica-se uma aderência maior da curva de ajuste, expressando o que tem sido verificado de maneira geral em outros municípios.

Desta forma, para cada um dos municípios, cujas sedes encontram-se dentro dos limites da unidade de gestão, foi determinada a equação que rege a tendência de crescimento populacional, a partir da qual foi possível determinar a população para os anos de 2008, 2009 e para os quinquênios 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030. A população urbana total na unidade de gestão foi obtida através da soma das tendências de cada município.

A partir da população obtida para os anos futuros, aplicou-se a metodologia utilizada no estudo do ONS (2003), já descrita anteriormente, e determinou-se a demanda de água futura para o cenário tendencial. Nesta classe de uso, considerou-se que o aumento ou a diminuição da demanda de água estão ligados direta e exclusivamente ao aumento populacional de cada município. Ressalta-se ainda que, neste cenário, não foi alterado os valores do retirada *per capita* de água por habitante, mantendo-se em 300L/hab.dia para cidades com menos de 10.000 habitantes, 350L/hab.dia para cidades entre 10.000 e 100.000 habitantes e 400L/hab.dia para cidades entre 100.000 e 500.000 habitantes.

Por sua vez, na construção dos cenários alternativos, a variável utilizada foi o PIB *per capita* da unidade de gestão, calculado a partir da média dos PIB`s municipais. A escolha desta variável se deu pela relação direta com a vazão de captação estimada nos últimos anos.

Nesta caso, as taxas de crescimento estimadas para o PIB nacional foram consideradas equivalentes ao PIB municipal. Estas taxas referem-se a determinados cenários de desenvolvimento, e que estão disponíveis no estudo do MACROPLAN (2008). Tal estudo consiste no prognóstico econômico do Brasil entre os anos de 2008 e 2014, no qual são projetados quatro cenários distintos, determinados por fatores que variam de acordo com algumas características econômicas, como a taxa de crescimento do PIB no Brasil, taxa de câmbio, relação dívida/PIB, fator risco-Brasil, taxas de investimento, entre outros.

Para o cenário de baixa demanda, caracterizado por um modesto desenvolvimento, utilizaram-se as taxas de crescimento do PIB correspondentes ao cenário denominado no estudo como “Baleia Encalhada”, que estão apresentadas na Tabela 2.5 seguinte.

Tabela 2.5: Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Baleia encalhada” (Fonte: MACROPLAN, 2008)

Ano	2008	2010	2012	2014
% a.a.	4,0	4,0	2,5	2,5

Como a projeção de demanda estende-se, neste trabalho, até o ano de 2030, foi utilizada uma taxa média de crescimento do PIB de 3,0% ao ano, permitindo o cálculo do PIB *per capita* da unidade de gestão para os próximos anos. Por sua vez, com as equações determinadas pela relação entre o PIB e a vazão de captação estimada entre 1999 e 2007, pode-se estimar as vazões de captação para os anos futuros.

A partir dos valores de demanda obtidos, calcularam-se as taxas de crescimento da demanda entre 2009 e 2030 para a unidade de gestão, que foram aplicadas aos municípios. A demanda hídrica total foi determinada pela soma da demanda de cada município.

O cenário de alta demanda foi calculado semelhantemente, utilizando as taxas associadas ao cenário “Salto para o futuro”, disponíveis no estudo do MACROPLAN (2008). No entanto, preferiu-se não apresentá-lo nos resultados finais pelo fato dos valores encontrados serem inferiores ou próximos aos valores do cenário tendencial.

- **Abastecimento Rural**

A projeção da demanda hídrica para esta classe de uso utilizou para a elaboração do cenário tendencial, o mesmo raciocínio apresentado no item acima, mantendo-se a premissa de que a população rural se distribui homogeneamente no território do município, e ainda que a taxa de retirada é de 125,0 L.d⁻¹.hab⁻¹. Em alguns casos não foi observado uma uniformidade na tendência populacional nos últimos anos, o que incentivou a escolha de apenas dois anos para traçar a tendência.

Para o abastecimento rural não foram projetados os cenários de alta e baixa demanda, pois sendo sua contribuição muito pequena em toda a unidade de gestão, estima-se que sua variação futura não contribuirá significativamente na demanda futura da unidade de gestão.

- **Criação de Animais**

Por conta da baixa contribuição que esta classe de uso corresponde à demanda na unidade de gestão, optou-se por ajustar apenas uma curva de tendência para cada município,

e com as equações resultantes foram determinadas as vazões de retirada para os anos futuros. Por este mesmo motivo não foram desenhados cenários alternativos para esta classe de uso.

- **Irrigação**

O prognóstico da demanda hídrica associada a esta classe de uso é difícil por conta da grande variação dos resultados observada nos últimos anos, tanto em nível do município como da unidade de gestão, tornando inviável o ajuste simples de curvas tendenciais. Desta forma, julgou-se conservador traçar a tendência e os cenários alternativos a partir do ano de 2009 e baseando-se na contribuição de cada município na variação da vazão captada na unidade de gestão que é destinada à irrigação (Eq. 2.29).

$$Contrib._M = \left(\frac{Q_{irrig,M,n} - Q_{irrig,M,n-1}}{Q_{irrig,n} - Q_{irrig,n-1}} \right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2.29})$$

Onde: $Contrib._M$ = Contribuição do município M na variação da vazão captada para irrigação na unidade de gestão GD3, entre os anos n e n-1;

$Q_{irrig,M,n}$ = Vazão captada para irrigação no município M no ano n [1000 m³.d⁻¹];

$Q_{irrig,M,n-1}$ = Vazão captada para irrigação no município M no ano n-1 [1000 m³.d⁻¹];

$Q_{irrig,n}$ = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n [1000 m³.d⁻¹];

$Q_{irrig,n-1}$ = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n-1 [1000 m³.d⁻¹];

Para exemplificar, considere os valores referentes ao município de Alfenas e à Unidade de Gestão GD3, apresentados na Tabela 2.6 seguinte. Através da Eq. 2.29 pode-se calcular a contribuição de Alfenas na variação de demanda hídrica na unidade de gestão entre o ano 1995 e 1996 (Tabela 2.7). O resultado sugere que o município foi responsável pela variação de (10,05%) da demanda hídrica na bacia.

$$Contrib._Alfenas = \left(\frac{16,71 - 27,00}{305,12 - 407,50} \right) \cdot 100$$

$$Contrib._Alfenas = 10,05\%$$

Tabela 2.6: Vazões de captação para irrigação no município de Alfenas e na Unidade de Gestão GD3

Ano	Alfenas [1000 m ³ /dia]	Unidade de Gestão GD3 [1000 m ³ /dia]
1995	27,00	451,98
1996	16,71	345,60
1997	26,44	515,46
1998	25,26	351,97
1999	39,30	548,70
2000	4,92	296,42
2001	34,01	423,30
2002	34,05	480,95
2003	20,48	427,07
2004	21,22	389,23
2005	24,84	442,20
2006	29,68	538,81
2007	32,56	489,37
2008	35,65	545,12

Tabela 2.7: Contribuição do município de Alfenas

Ano	Taxa de Contribuição
1995 – 1996	9,67%
1996 – 1997	5,73%
1997 – 1998	0,72%
1998 – 1999	7,13%
1999 – 2000	13,63%
2000 – 2001	22,93%
2001 – 2002	0,07%
2002 – 2003	25,19%
2003 – 2004	-1,97%
2004 – 2005	6,83%
2005 – 2006	5,01%
2006 – 2007	-5,82%
2007 – 2008	5,54%
Média	7,28%

Logo os cenários foram construídos adotando o seguinte:

- A média das variações (no caso de Alfenas, este valor seria 9,49%) para o cenário tendencial, isto é, considerando que a partir de 2009 a demanda hídrica de Alfenas a destinada à irrigação seria incrementada a uma taxa de 9,49% ao ano.

- A média apenas das taxas positivas de cada município, ou seja, aquelas que indicaram que houve um aumento na demanda hídrica para este tipo de classe de uso, para o cenário de alta demanda. Neste caso, foi adotado um limite de 5%, isto é, as médias que ultrapassaram este valor, foram equivalidas a ele. Achou-se conveniente em realizar este procedimento, por conta dos exagerados valores que poderiam chegar a demanda hídrica associada à irrigação, uma vez que, os resultados desta classe de uso dependem de parâmetros de difícil controle e previsão, como a precipitação pluviométrica e as áreas destinadas ao plantio de determinadas culturas.
- A média das taxas negativas, representando que houve uma queda da quantidade de água demandada, para o cenário de baixa demanda. Da mesma forma, foi considerado um limite de -2%, isto é, as médias que eram menores que este valor, foram equivalidas a ele.

Este procedimento foi aplicado a cada um dos municípios pertencentes ao GD3 e a demanda total da bacia foi determinada pela soma das demandas de cada município.

- **Abastecimento Industrial**

O cenário tendencial para este tipo de classe de uso foi desenhado a partir da tendência verificada entre 1995 e 2009, escolhendo, para cada município, o melhor intervalo de anos que correspondesse a equação de melhor ajuste, evitando grandes variações e proporcionando resultados mais sensatos nos anos futuros. A demanda total da Unidade de Gestão GD3 foi determinada pela soma das tendências de cada município.

O cenário de alta e baixa demanda foi determinado de maneira similar ao abastecimento urbano, porém aqui, foi utilizado como variável, o valor adicionado dos anos de 1999 a 2007 ao invés do PIB *per capita*, a partir da constatação de que todos os municípios apresentam uma relação entre o valor adicionado e a demanda hídrica. Assim, elaboraram-se gráficos por município indicando essa relação e, por fim, traçou-se uma linha de tendência. Esta tendência, definida por uma equação, foi o que determinou os valores das demandas para os anos futuros da projeção. As taxas utilizadas na projeção dos valores adicionados até o ano de 2030 foram provenientes das taxas fornecidas pelo plano elaborado pela MACROPLAN (2008), para os cenários “Baleia Encalhada” e “Salto para o Futuro”.

Por fim, a Tabela 2.8 seguinte resume os pressupostos metodológicos utilizados na crenarização da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3.

Tabela 2.8: Resumo das metodologias de cenarização

CLASSE DE USO	CENÁRIO DE ALTA DEMANDA	CENÁRIO TENDENCIAL	CENÁRIO DE BAIXA DEMANDA
Abastecimento Urbano	Não foi desenhado	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.	- Relação entre o PIB <i>per capita</i> e a demanda hídrica. - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Balheia Encalhada”.
Abastecimento Rural	Não foi desenhado	- Projeção da população. - Aplicação da metodologia utilizada pelo ONS.	Não foi desenhado
Criação de Animais	Não foi desenhado	- Tendência da vazão de captação.	Não foi desenhado
Irrigação	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas positivas de contribuição.	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas de contribuição.	- Contribuição relativa por município. - Média das taxas negativas de contribuição.
Abastecimento Industrial	- Relação entre o Valor Adicionado e a demanda hídrica . - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Um Salto para o Futuro”.	- Tendência da vazão de captação.	- Relação entre o Valor Adicionado e a demanda hídrica - Taxas da MACROPLAN (2008) do cenário “Balheia Encalhada”.

2.2. Resultados Gerais

Ao estimar a evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3 entre 1995 e 2030, foram elaborados gráficos que ilustram a tendência deste parâmetro e o possível desvio para cenários alternativos, em função do comportamento de outras variáveis. Nesta seção apresentam-se os resultados gerais do prognóstico, isto é, para cada classe de uso e para a unidade de gestão como um todo.

2.2.1. Demanda hídrica nos próximos 20 anos por classe de uso

- **Abastecimento Urbano**

A demanda hídrica destinada ao abastecimento urbano acusou um crescimento brando desde 1995, ou seja, sem grandes oscilações (Figura 2.2). Em 2009, a unidade de gestão registrou a captação de 6,36 m³/s para abastecer as sedes municipais, com um retorno de 85%, isto é, 5,41 m³/s.

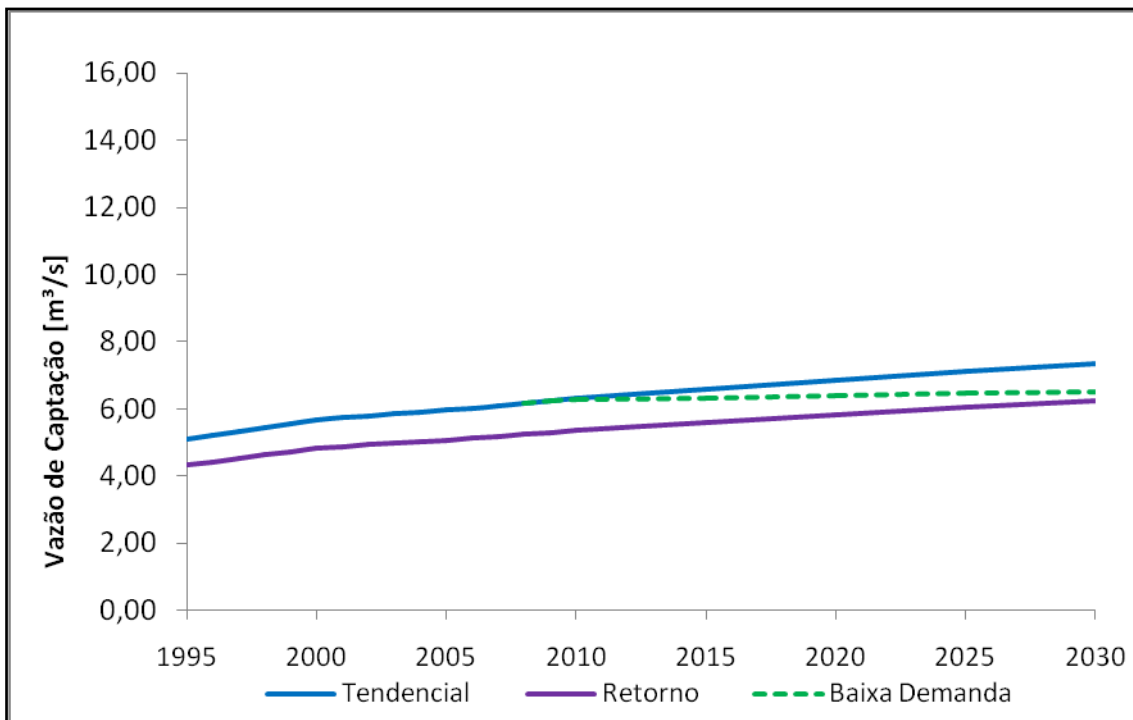


Figura 2.2: Evolução da vazão de captação para o abastecimento urbano

Num cenário tendencial, uma vez que a demanda estava em função do crescimento logarítmico da população, observou-se uma tendência a estabilizar, acusando, porém, uma variação de 40% ao longo de todo o período analisado, ou 1,15% ao ano. No cenário de baixa demanda, ao chegar a valores de 6,29 m³/s, observou-se um incremento de 0,61% ao ano.

Por sua vez, como apresentado na metodologia, optou-se por não desenhar o cenário de alta demanda para esta classe de uso. Os resultados preliminares deste cenário ficaram abaixo ou muito próximos dos resultados referentes ao cenário tendencial. Tal fato sugere que o crescimento tendencial da população na bacia já se responsabilizará pelo incremento da demanda hídrica em níveis acima que o desenvolvimento econômico – de acordo com as taxas de crescimento propostas pelos cenários otimistas do estudo do MACROPLAN (2008) – poderia implicar.

- **Abastecimento Rural**

A demanda hídrica destinada a esta classe de uso, não ultrapassa 2% em todo o período analisado, sinalizando uma leve tendência de diminuição, como pode ser visto na Figura 2.3 seguinte. O único cenário desenhado foi o tendencial, baseando-se apenas na tendência da população rural observada nas últimas décadas.

O constante fluxo migratório do campo para a cidade justifica a redução observada: entre 1995 e 2010, a redução da demanda hídrica foi de 27,3%, resultando num incremento de cerca de -0,78% ao ano.

Como explicitado acima, a metodologia utilizada neste trabalho considera que a população rural não é abastecida pela rede geral, o que é expresso pela adoção de um coeficiente de captação *per capita* modesto de $125 \text{ L.d}^{-1}.\text{hab}^{-1}$, enquanto que o abastecimento da rede geral baseia-se em coeficientes duas a três vezes maiores. Tal fato pode gerar questionamentos, quando se supõem a possibilidade do aumento das taxas de consumo da população rural se abastecida pela rede geral. O próprio estudo da ONS (2003) separa a população rural que é abastecida pela rede, associando a ela, taxas de consumo próximas às utilizadas no abastecimento urbano. Mesmo assim, na ausência de dados, julgaram-se conservadoras as premissas adotadas, sobretudo por conta da pequena contribuição que esta classe de uso confere aos resultados globais, podendo apenas apresentar alterações mais significativas em sub-bacias locais.

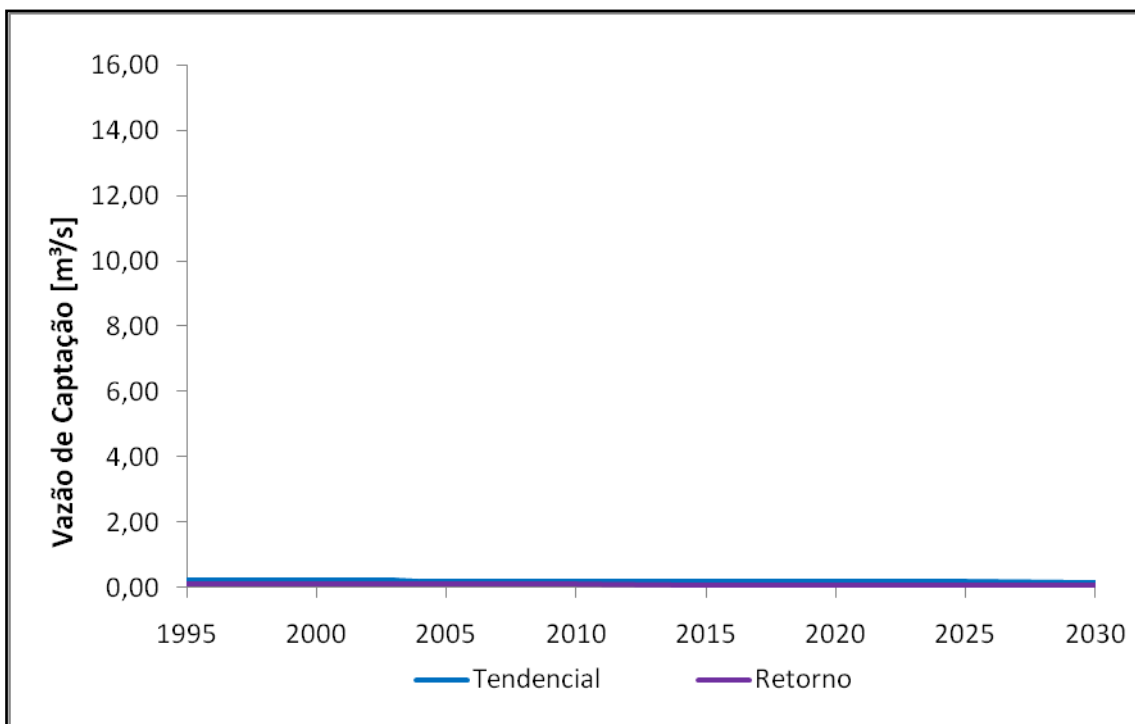


Figura 2.3: Evolução da vazão de captação para o abastecimento rural

- Criação de Animais

A criação de animais também se associa a pequenas contribuições à demanda hídrica da unidade de gestão – em média de 3,6% – o que justificou a adoção de apenas um cenário tendencial. Observou-se que um crescimento modesto no período de 0,58% ao ano, como apresenta a Figura 2.4 seguinte. Incentivos à pecuária implicaria em alterações deste perfil, mas, estima-se que ainda se apresente em ordens menores aos valores associados à outras classes de uso.

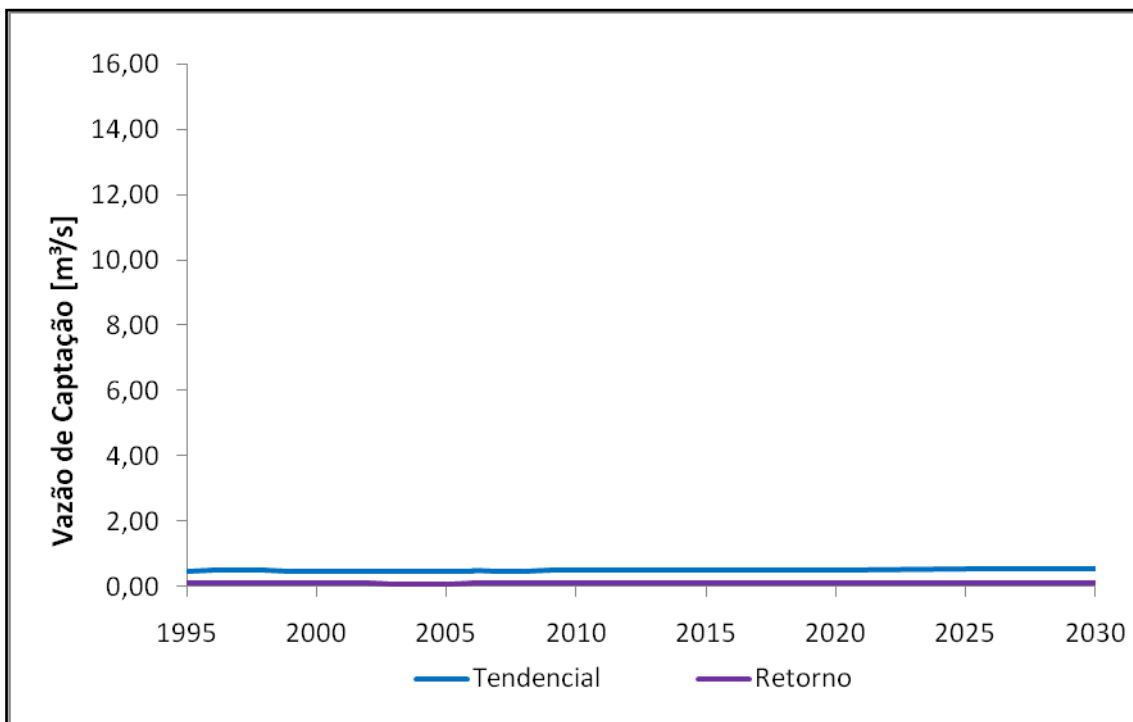


Figura 2.4: Captação de água projetada para a criação e animais

- **Irrigação**

De acordo com os dados obtidos das Pesquisas de Produção Agrícola nos municípios que compõem a unidade de gestão, calcula-se que no ano de 2008, cerca de 365,2 mil hectares era destinado à algum cultivo, sendo 207,3 mil destinados a lavouras permanentes e 157,9 mil destinados a lavouras temporárias (Figura 2.5). A partir das Figuras 2.6 e 2.7 seguintes pode-se visualmente observar que certas culturas se destacam, como: Banana, Café, Laranja, Arroz, Batata, Cana-de-açúcar, Feijão, Mandioca, Milho e Soja. Destas, selecionou-se então apenas àquelas que são comumente irrigadas e o período usual de irrigação (Tabela 2.13), contando para isso, com consultas realizadas nas unidades da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) sediadas na região.

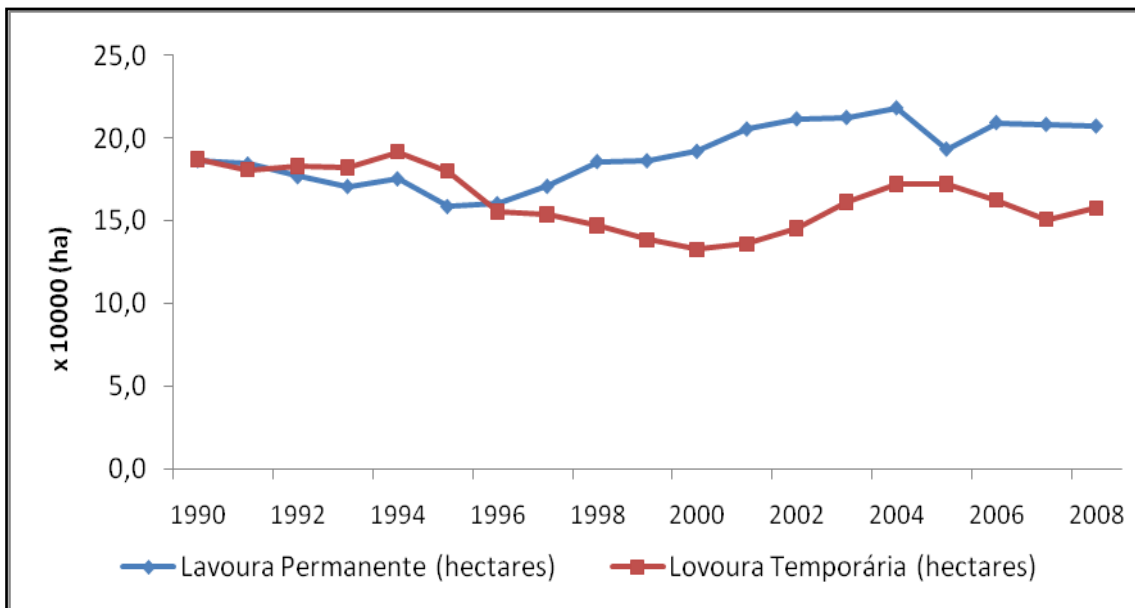


Figura 2.5: Área plantada média das culturas temporárias e permanentes nos municípios da Unidade de Gestão GD3

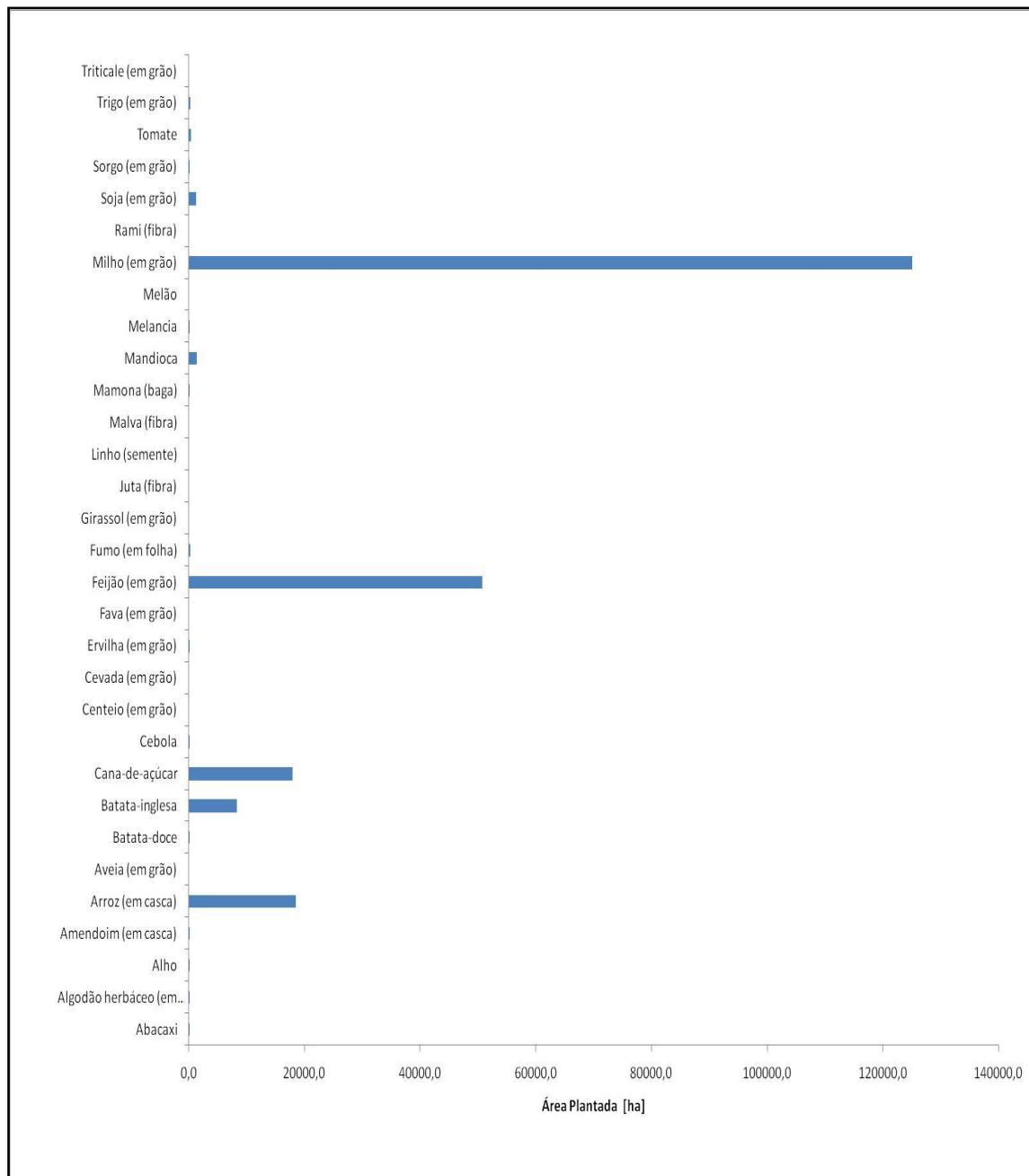


Figura 2.6: Área plantada média das culturas temporárias entre 1990 e 2008

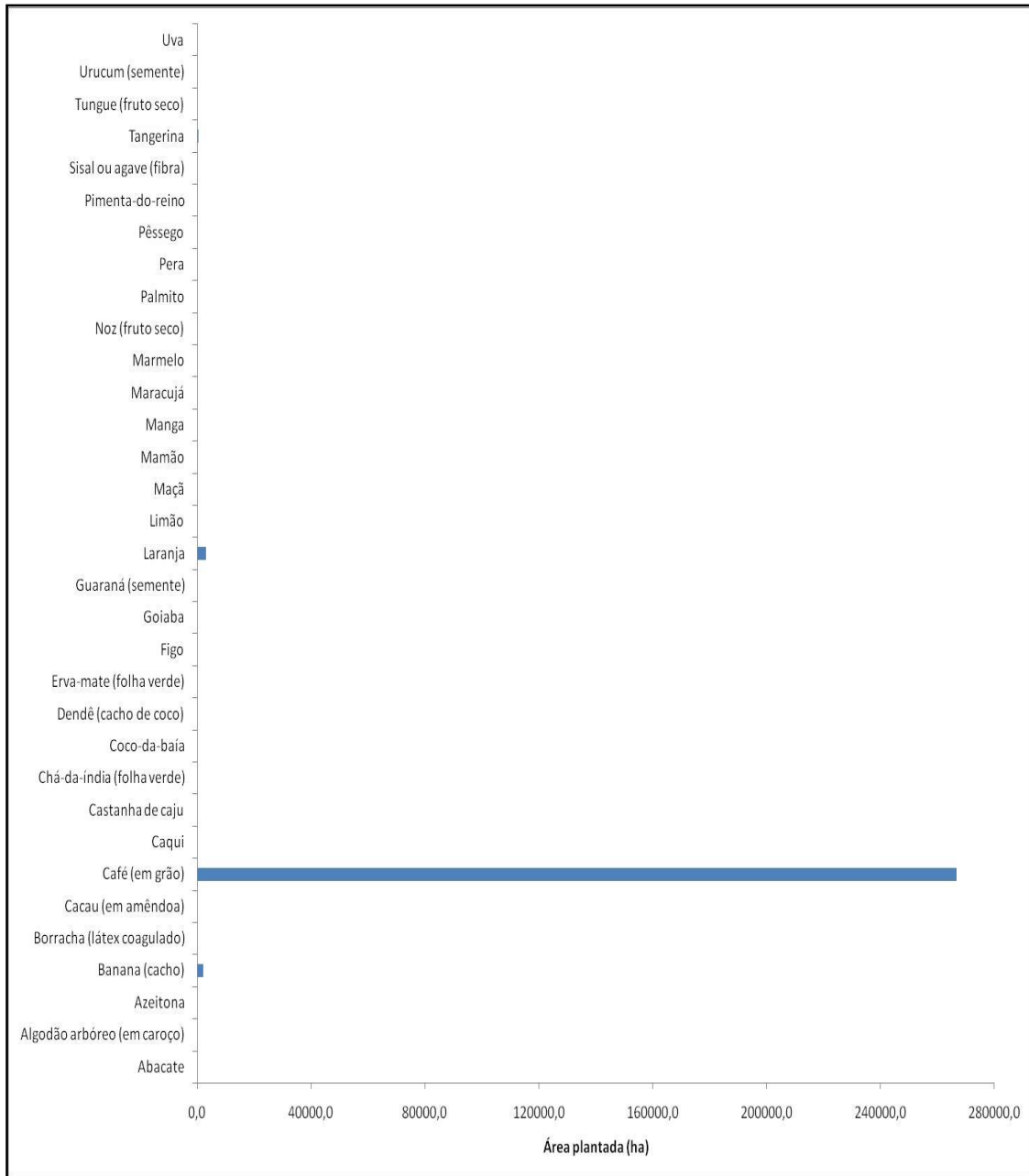


Figura 2.7: Área plantada média das culturas permanentes entre 1990 e 2008

Tabela 2.9: Resumo das metodologias de cearização

Ano	Período de Irrigação
Café	Julho a Agosto
Batata 2ª safra	Março a Abril
Batata 3ª safra	Junho a Agosto
Feijão 3ª safra	Junho a Setembro
Milho	Mai a Setembro

Em média, o café correspondeu, nos últimos anos, a cerca de 85% da área total destinada ao plantio das culturas supracitadas, sendo encontrado especialmente na região de Alfenas, Boa Esperança, Campos Gerais, Carmo do Rio Claro, Machado, Nepomuceno e Serrania. Para a estimativa da vazão destinada à irrigação, a área destinada à cultura da batata foi contabilizada apenas considerando a 2ª e 3ª safras. A batata de 2ª safra é encontrada, sobretudo na região de Ipuiúna, com percentuais próximos a 1% da área destinada às culturas mais preponderantes nos últimos anos. Por sua vez, a batata de 3ª safra, dita de inverno, com valores próximos à área destinadas à batata de 2ª safra, é tipicamente encontrada nos municípios de Alfenas e Carmo do Rio Claro. Para o feijão também foi considerada a irrigação apenas na cultura de 3ª safra. Mesmo ocupando pequenas porções de área, concentrou-se nos últimos anos na região de Campos Gerais, Campo do Meio, Alterosa e Formiga. Por fim, observou-se que a cultura do milho safrinha, dito de 2ª safra, foi mais expressiva na região de Campos Gerais e Carmo do Rio Claro, mas resultando em área bem menores que as outras culturas contabilizadas.

A partir destas observações, foi construído o gráfico apresentado na Figura 2.8 seguinte. Chama atenção a considerável variação observada nos primeiros anos, sinalizando, porém, a tendência de aumento na vazão irrigada, estimando-se em 2009 a captação de 5,80 m³/s, podendo chegar, num cenário tendencial a praticamente o dobro deste valor (10,50 m³/s). O aumento da área plantada com café e a estabilização da área plantada com as outras culturas nos últimos anos justificam esta tendência (Figura 2.9). Estes eventos resultam na elevada contribuição que a irrigação possui na vazão captada na bacia, sendo a classe de uso associada aos maiores valores. Nos cenário de alta demanda a captação pode chegar a 14,08 m³/s. No caso da baixa demanda, por conta de terem sido consideradas as taxas negativas da vazão demandada nos últimos anos, observa-se o decaimento expressivo até 3,70 m³/s em 2030.

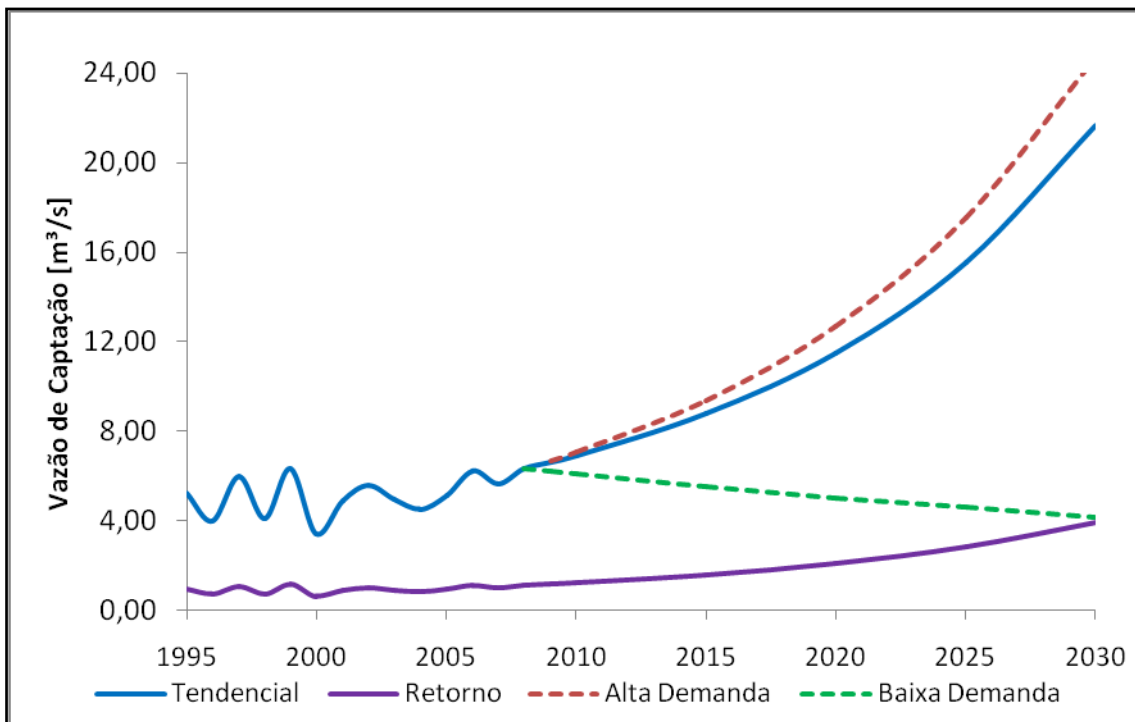


Figura 2.8: Captação de água projetada para a irrigação

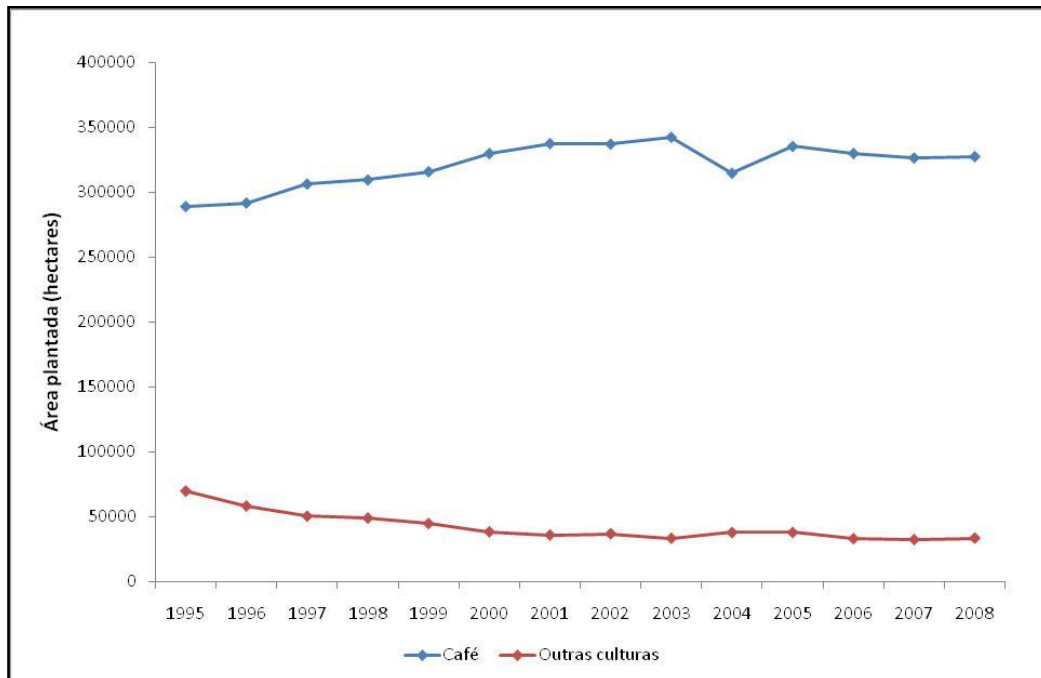


Figura 2.9: Área plantada das culturas mais expressivas nos municípios que compõem a Unidade de Gestão GD3

Quando se comparam os valores estimados neste trabalho referentes à vazão captada e destinada a irrigação, observa-se que eles diferem dos valores outorgados na bacia para o

mesmo uso (Figura 2.10), segundo os dados do CNARH. Estes dados resultam em uma captação média anual de 6,5 m³/s em 2009, distanciando-se da estimativa de 5,8 m³/s para o mesmo ano, a partir da metodologia aplicada neste trabalho. Como a vazão informada pelo CNARH refere-se apenas à captação do Lago de Furnas, verifica-se a subestimação dos valores encontrados neste trabalho, uma vez que estes se referem à irrigação na bacia toda, isto é, sugerindo a captação de outros mananciais que não apenas o lago. Por outro lado, na tentativa de justificar esta diferença, salientam-se dois pontos:

- Na solicitação de outorgas, o usuário geralmente registra uma demanda maior que a necessária, informando uma captação ao longo de todos os dias do ano, o que efetivamente não ocorre. Isso é feito a fim de assegurar a disponibilidade e possibilidade de consumo de uma determinada vazão, quando a ocorrência de eventos extremos, ou que não foram previstos.
- A metodologia aplicada neste trabalho baseia-se na vazão que deveria ser captada para satisfazer as necessidades hídricas das culturas, sendo que o desperdício associa-se apenas na ineficiência do método, e não em práticas irracionais de consumo.

Salienta-se, deste modo, a complexidade em diagnosticar e, muito mais, em projetar demandas de irrigação, sugerindo, desde já, a constante atualização e revisão dos respectivos dados. A dependência de variados parâmetros de difícil controle de previsão, como precipitação, área plantada e eficiência do método provoca variabilidade nos resultados. Bem como os consumidores difusos, isto é, pequenos agricultores, e as lavouras de hortaliças, associadas à práticas de irrigação intensa não foram contabilizados nos cálculos, pela ausência de dados e pela dificuldade em fazê-lo. Da mesma forma, o tamanho da amostra (apenas referente aos últimos quinze anos) não possibilitou a visualização mais clara de tendências gerais. Por sua vez, taxas usadas na projeção, sugeridas pela equipe que confeccionou o relatório, também devem ser revistas e atualizadas. Em suma, acredita-se que o cadastro de usuários é um primeiro passo a fim de conferir valores mais próximos à realidade desta classe de uso.

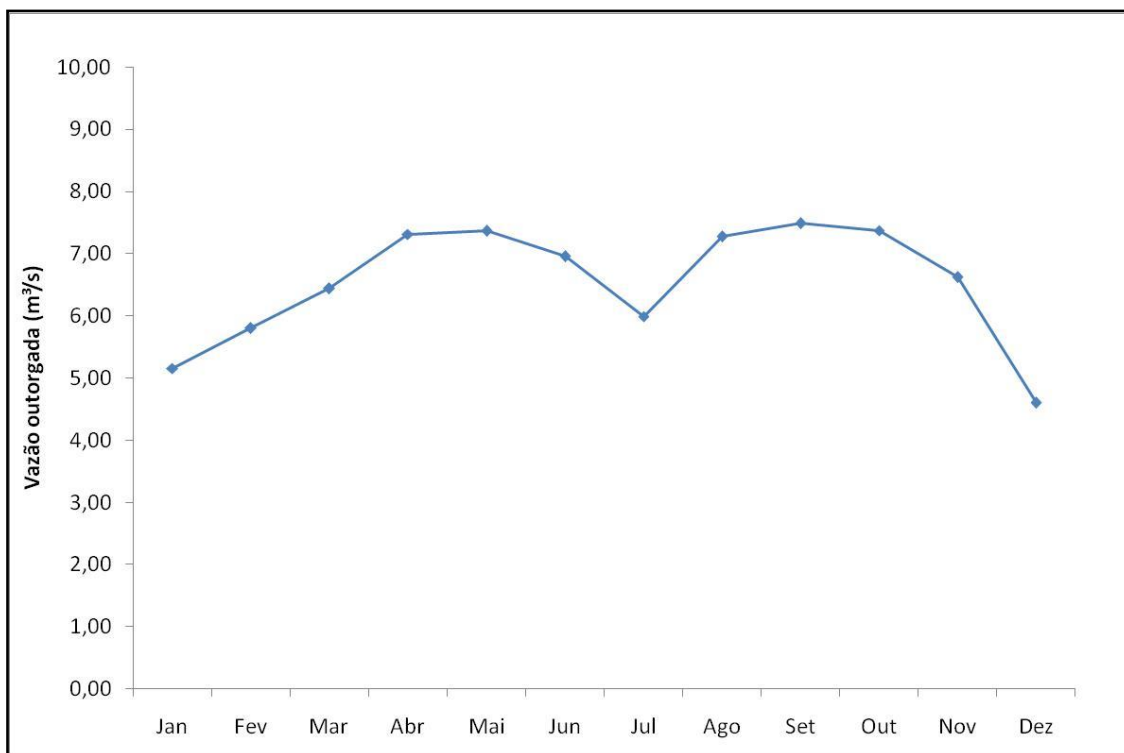


Figura 2.10: Vazão outorgada para irrigação segundo dados do CNARH no Reservatório de Furnas

- **Abastecimento Industrial**

O abastecimento industrial correspondeu, de maneira geral, às maiores taxas de crescimento em comparação com as outras classes de uso. No período analisado, tendencialmente estimou-se um incremento 25,7% ao ano. Entre os anos de 2008 e 2009 observou-se uma queda devido aos efeitos da crise financeira mundial, que derrubou a produtividade industrial. O crescimento na demanda hídrica pode ser explicado pelo desenvolvimento industrial na região, com destaque aos municípios de Alfenas e Guaxupé, responsáveis por aproximadamente 40% da demanda desta classe de uso, em todo o período analisado. Em 2009 foram estimadas vazões próximas a 1,09 m³/s, superando apenas a demanda associada ao abastecimento rural e a criação animal. Nos cenários de alta e baixa demanda, em 2030 foram encontrados valores entre 2,31 e 1,50 m³/s respectivamente, porém ainda correspondendo a menos de 10% da vazão total estimada na unidade de gestão.

As estimativas apresentadas na Figura 2.11 seguinte basearam-se na consideração de que o setor industrial da unidade de gestão não utiliza a rede geral para seu abastecimento. Tal consideração pode ser questionada, porém, julgou-se razoável, na ausência de dados, adotar esta premissa. Ainda, embora este trabalho tenha como escopo apenas o prognóstico da demanda hídrica superficial, é conveniente registrar a sugestão em se estimar a

disponibilidade hídrica subterrânea, seu uso atual e futuro, o que não foi feito, devido a carência de dados.

No cálculo das demandas globais, supõem-se que tais considerações não acarretarão em grandes desvios, porém em demandas locais, tais desvios podem ser mais significativos. No entanto, nada que comprometa a sinalização dos locais na bacia que solicitam gestão ou cuidados especiais. Pelo fato do Plano Diretor passar por constante revisão e fiscalização, tais estimativas podem ser refinadas na medida em que dados consolidados sejam gerados e disponibilizado acerca do consumo e da captação de água nestas respectivas classes de uso.

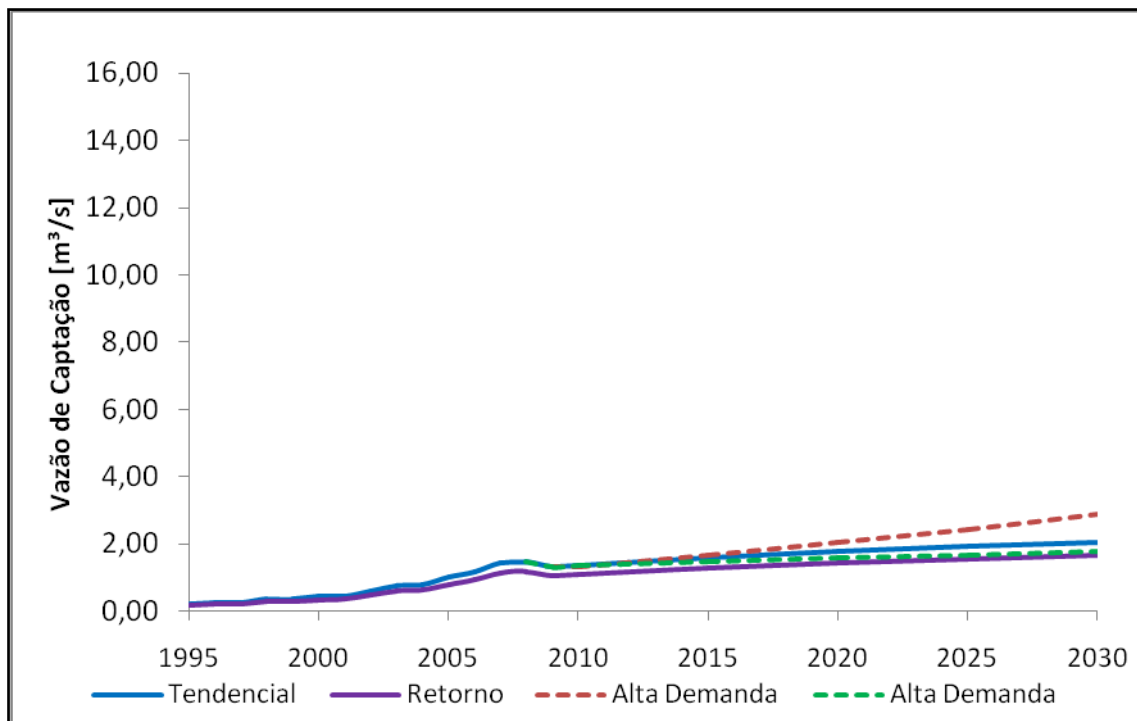


Figura 2.11: Captação de água projetada para o abastecimento industrial

A vazão de retorno foi contabilizada em 80% da vazão de captação, por conta da composição do setor industrial dos municípios inseridos na unidade de gestão. Salienta-se que a vazão de retorno foi estimada apenas em termos quantitativos, faltando, no entanto, informações sobre a qualidade do efluente que retorna ao recurso hídrico, o que embasaria projetos de gestão de natureza integrada.

2.2.2. Demanda hídrica nos próximos 20 anos para a Unidade de Gestão GD3

A demanda hídrica da Unidade de Gestão GD3 apresentou nestes últimos 15 anos um crescimento médio de 0,8% ao ano, chegando à captação de 13,9 m³/s em 2009. Tendencialmente a vazão captada chegaria em 20,2 m³/s, totalizando ao longo de todos os 35 anos de análise um crescimento de 2,5% ao ano.

Os cenários de alta e baixa demanda registraram taxas correspondentes a 3,6% e 0,7% ao ano, respectivamente, podendo chegar à captação de aproximadamente 24,4 m³/s à 12,2 m³/s (Figura 2.12). A vazão de retorno total considerada na unidade de gestão foi determinada pela soma das vazões de retorno de cada tipo de classe de uso, chegando a valores próximos a 70% do que é captado. Salienta-se que embora não tenha sido desenhado um cenário de alta demanda para o abastecimento urbano, pelo fato da vazão estimada no cenário tendencial ser muito próxima da que seria estimada no cenário de alta demanda, somou-se os valores tendenciais referentes ao abastecimento urbano aos valores referentes a alta demanda na irrigação e abastecimento industrial a fim de resultar na vazão total do cenário de alta demanda para a Unidade de Gestão GD3.

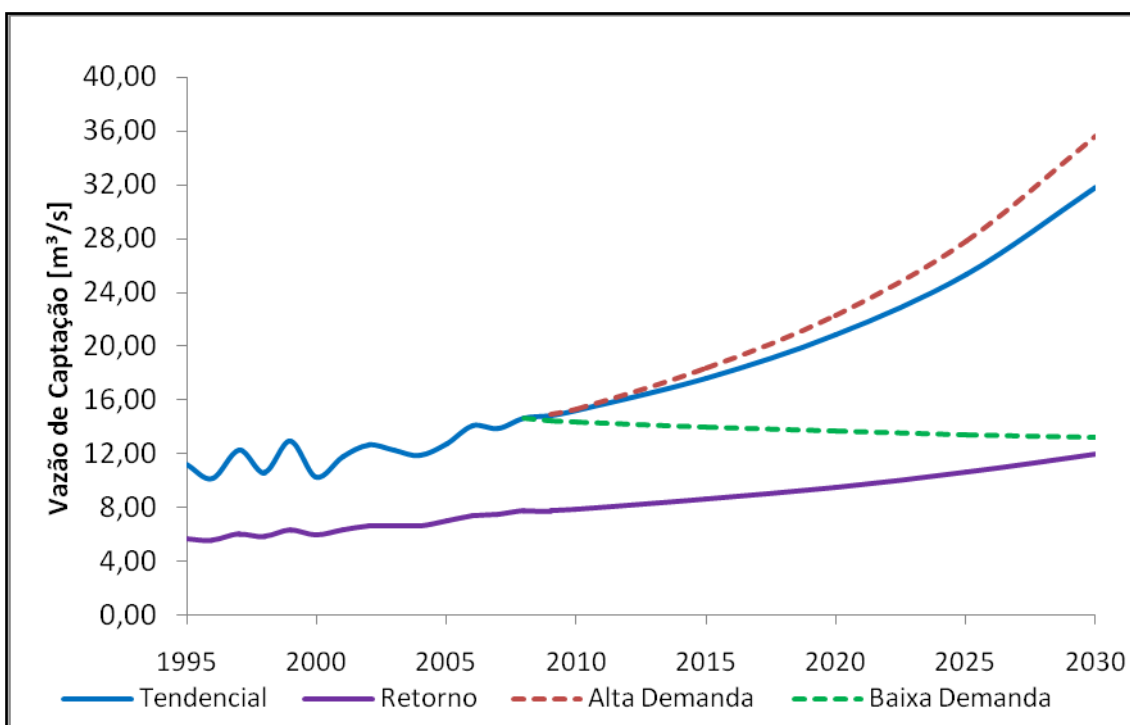


Figura 2.12: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3

Observa-se claramente, através da Figura 2.13, que, de acordo com a metodologia aplicada, a demanda hídrica na região é guiada pela irrigação. Junto com o abastecimento urbano, estas duas classes de uso correspondem a mais de 80% do que é captado na bacia. No entanto o crescimento modesto do abastecimento urbano nos anos futuros permite que a irrigação guie o incremento estimado.

Nos primeiros anos, verificam-se oscilações de até 20%, por conta das variações referentes à irrigação. No entanto, nos cenários de projeção, tais oscilações são amainadas quando são utilizadas taxas médias de crescimento para a demanda desta classe de uso. Ressalta-se novamente a dificuldade em prever esta demanda, o que pode ser refinada a partir da constante fiscalização dos agricultores residentes na região. O abastecimento industrial, que associa-se a modestos incrementos nos anos futuros, junta-se ao abastecimento rural e criação de animais para compor o restante da vazão demandada. A Tabela 2.14 seguinte apresenta todos os resultados gerados até então.

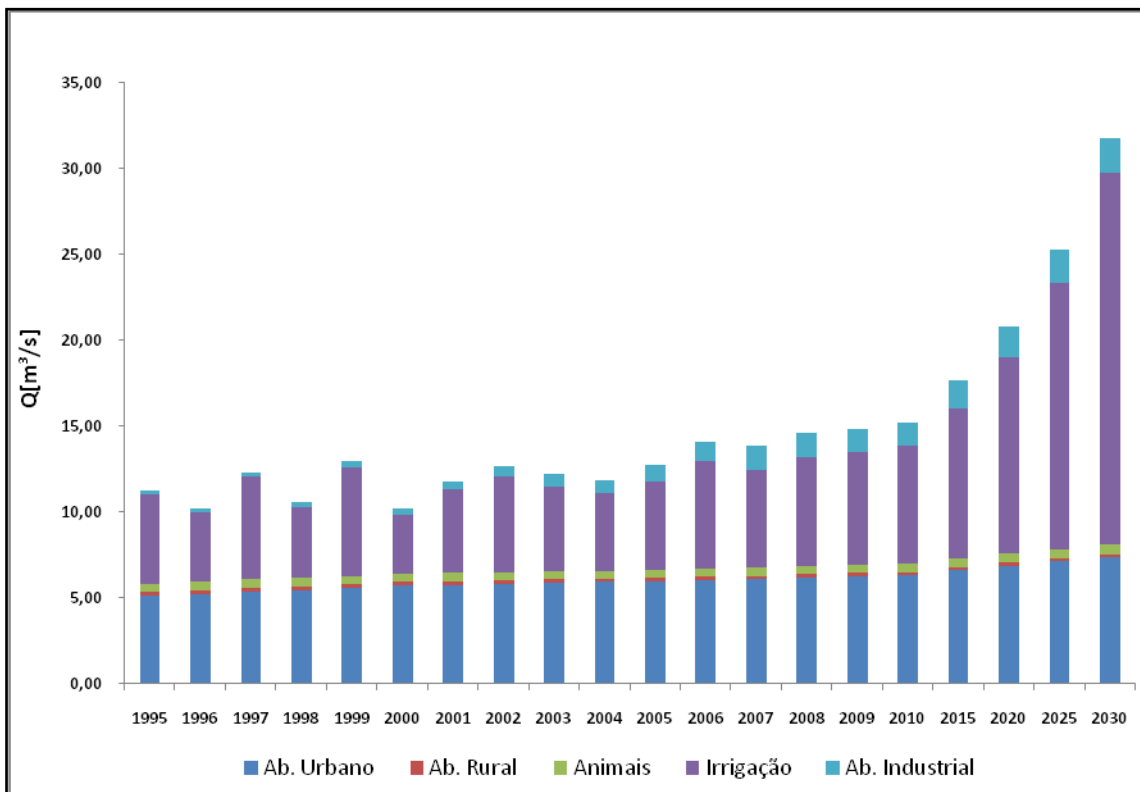


Figura 2.13: Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3 por classe de uso

Tabela 2.10: Demanda hídrica na Unidade de Gestão GD3

Ano	AB. URBANO		AB. RURAL	CRIAÇÃO DE ANIMAL	IRRIGAÇÃO			AB. INDUSTRIAL			TOTAL		
	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]
1995	5,08	5,08	0,24	0,48	5,23	5,23	5,23	0,22	0,22	0,22	11,25	11,25	11,25
1996	5,20	5,20	0,24	0,50	4,00	4,00	4,00	0,25	0,25	0,25	10,19	10,19	10,19
1997	5,32	5,32	0,23	0,51	5,97	5,97	5,97	0,26	0,26	0,26	12,28	12,28	12,28
1998	5,44	5,44	0,23	0,50	4,07	4,07	4,07	0,35	0,35	0,35	10,59	10,59	10,59
1999	5,56	5,56	0,23	0,47	6,35	6,35	6,35	0,35	0,35	0,35	12,96	12,96	12,96
2000	5,68	5,68	0,22	0,47	3,43	3,43	3,43	0,42	0,42	0,42	10,22	10,22	10,22
2001	5,74	5,74	0,22	0,47	4,90	4,90	4,90	0,45	0,45	0,45	11,78	11,78	11,78
2002	5,79	5,79	0,22	0,47	5,57	5,57	5,57	0,60	0,60	0,60	12,65	12,65	12,65
2003	5,85	5,85	0,21	0,46	4,94	4,94	4,94	0,75	0,75	0,75	12,22	12,22	12,22
2004	5,90	5,90	0,21	0,45	4,50	4,50	4,50	0,78	0,78	0,78	11,85	11,85	11,85
2005	5,96	5,96	0,20	0,46	5,12	5,12	5,12	1,00	1,00	1,00	12,74	12,74	12,74
2006	6,02	6,02	0,20	0,48	6,24	6,24	6,24	1,15	1,15	1,15	14,09	14,09	14,09
2007	6,07	6,07	0,20	0,48	5,66	5,66	5,66	1,42	1,42	1,42	13,83	13,83	13,83
2008	6,16	6,16	0,19	0,49	6,31	6,31	6,31	1,46	1,46	1,46	14,62	14,62	14,62
2009	6,23	6,23	0,19	0,49	6,66	6,59	6,19	1,31	1,31	1,31	14,88	14,81	14,41
2010	6,30	6,26	0,19	0,49	7,04	6,89	6,08	1,33	1,36	1,34	15,35	15,22	14,36
2015	6,60	6,32	0,19	0,50	9,37	8,76	5,53	1,66	1,59	1,45	18,31	17,63	13,99
2020	6,87	6,39	0,18	0,52	12,69	11,48	5,03	2,02	1,78	1,57	22,27	20,82	13,68
2025	7,12	6,45	0,18	0,53	17,52	15,53	4,58	2,43	1,93	1,68	27,77	25,28	13,42
2030	7,34	6,52	0,17	0,55	24,67	21,66	4,18	2,88	2,06	1,79	35,62	31,79	13,21

2.3. Resultados por Sub-Bacia

A fim de pontuar as localidades onde eventualmente poderia surgir algum conflito em termos da demanda hídrica, projetou-se a vazão total captada nas sub-bacias (Figura 2.14) que compõem a unidade de gestão. Na Tabela 2.11 são apresentados os valores de vazão de captação estimados em um cenário tendencial para as respectivas sub-bacias.

Tendencialmente, observa-se que a vazão captada em quatro sub-bacias relata ultrapassagem dos limites de outorga (30% da $Q_{7,10}$) em todo o período de análise, isto é, entre 1995 e 2030. As sub-bacias Araras, São João, Formiga e Guaxupé distanciam-se do limite de outorga apresentando valores entre 20% e 2000% a mais. As sub-bacias São Boa Ventura, Bom Jesus, Congonha e Reservatório 1 relatam ultrapassagens na maior parte do tempo. As sub-bacias Santana, Claro, Peixe, Machado, e São Tomé acusam ultrapassagens a partir de 2015 para um cenário tendencial. A seguir faz-se uma sucinta análise detalhada das 23 sub-bacias que compõem a unidade de gestão.

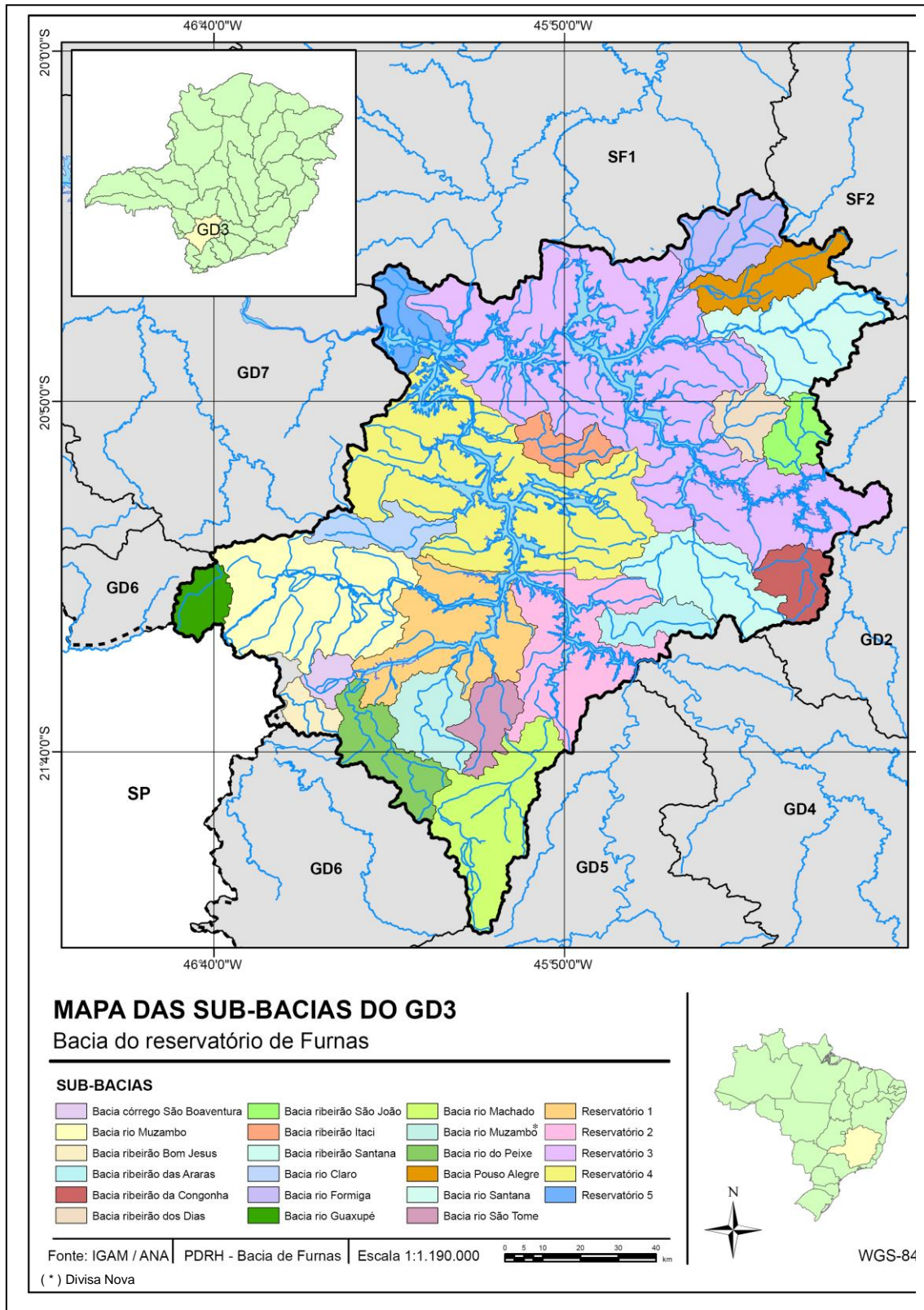


Figura 2.14: Sub-bacias da Unidade de Gestão GD3

Tabela 2.11: Vazão de captação alocado para cada sub-bacia da Unidade de Gestão GD3

SUB-BACIA	Q7,10 (m³/s)	LIMITE (m³/s)	Vazão de captação para o Cenário Tendencial (m³/s)																			
			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
São Boaventura	0,450	0,135	0,144	0,127	0,166	0,137	0,169	0,097	0,141	0,186	0,154	0,148	0,166	0,182	0,158	0,211	0,221	0,234	0,315	0,436	0,618	0,896
Araras	0,870	0,261	0,634	0,602	0,643	0,595	0,649	0,633	0,710	0,673	0,639	0,696	0,667	0,750	0,724	0,743	0,745	0,754	0,812	0,889	1,003	1,185
Bom Jesus	0,510	0,153	0,179	0,169	0,235	0,184	0,202	0,139	0,202	0,212	0,199	0,200	0,219	0,263	0,218	0,226	0,231	0,239	0,284	0,350	0,445	0,589
Congonha	1,000	0,300	0,370	0,347	0,405	0,296	0,407	0,386	0,410	0,387	0,343	0,370	0,396	0,419	0,435	0,468	0,475	0,486	0,538	0,596	0,660	0,733
Dias	0,880	0,264	0,079	0,058	0,079	0,060	0,082	0,067	0,082	0,077	0,072	0,071	0,081	0,083	0,077	0,077	0,078	0,079	0,086	0,093	0,100	0,108
Itaci	0,830	0,249	0,163	0,140	0,174	0,140	0,183	0,192	0,192	0,163	0,187	0,169	0,200	0,176	0,190	0,179	0,180	0,183	0,194	0,207	0,223	0,242
Santana	2,290	0,687	0,594	0,490	0,566	0,446	0,579	0,599	0,687	0,548	0,572	0,498	0,538	0,666	0,624	0,635	0,650	0,664	0,756	0,891	1,110	1,448
São João	0,850	0,255	0,536	0,519	0,552	0,539	0,577	0,574	0,572	0,595	0,597	0,608	0,622	0,652	0,658	0,664	0,658	0,662	0,695	0,723	0,748	0,771
Claro	1,040	0,312	0,206	0,158	0,236	0,179	0,234	0,175	0,135	0,172	0,281	0,231	0,232	0,303	0,263	0,285	0,290	0,295	0,327	0,362	0,402	0,447
Peixe	1,690	0,507	0,284	0,261	0,361	0,298	0,400	0,181	0,320	0,422	0,318	0,329	0,379	0,446	0,396	0,404	0,419	0,437	0,548	0,701	0,914	1,215
Formiga	1,730	0,519	0,618	0,621	0,637	0,640	0,667	0,679	0,666	0,708	0,719	0,722	0,745	0,760	0,762	0,786	0,781	0,790	0,830	0,865	0,897	0,928
Guaxupé	0,740	0,222	0,563	0,541	0,636	0,680	0,665	0,567	0,611	0,707	0,706	0,614	0,840	0,875	0,994	1,023	0,985	1,010	1,138	1,247	1,346	1,440
Machado	3,260	0,978	0,559	0,564	0,682	0,639	0,756	0,501	0,637	0,794	0,731	0,789	0,841	0,895	0,904	0,924	0,923	0,950	1,099	1,276	1,501	1,801
Muzambo	5,140	1,542	0,753	0,653	0,867	0,753	0,882	0,472	0,696	0,801	0,729	0,740	0,764	0,963	0,845	0,987	1,006	1,032	1,188	1,390	1,657	2,020
Muzambo (D. Nova)	1,440	0,432	0,177	0,151	0,204	0,190	0,270	0,086	0,206	0,251	0,180	0,175	0,198	0,228	0,223	0,239	0,248	0,257	0,313	0,390	0,496	0,644
Santana	2,860	0,858	0,240	0,207	0,221	0,186	0,244	0,220	0,183	0,237	0,235	0,256	0,239	0,267	0,264	0,257	0,258	0,261	0,274	0,286	0,298	0,310
Reservatório 1	3,800	1,140	1,134	1,072	1,181	1,202	1,367	1,062	1,345	1,403	1,304	1,364	1,373	1,486	1,546	1,617	1,623	1,667	1,887	2,149	2,482	2,923
Reservatório 2	4,000	1,200	0,514	0,403	0,533	0,452	0,634	0,295	0,595	0,591	0,431	0,437	0,470	0,579	0,523	0,589	0,628	0,671	0,959	1,432	2,217	3,530
Reservatório 3	16,670	5,001	1,859	1,708	2,098	1,542	2,002	1,803	1,954	1,949	1,964	1,794	1,972	2,037	2,157	2,191	2,213	2,256	2,479	2,719	2,985	3,283
Reservatório 4	9,850	2,955	1,414	1,169	1,494	1,220	1,659	1,317	1,201	1,452	1,589	1,368	1,508	1,759	1,577	1,803	1,877	1,963	2,502	3,296	4,496	6,352
Reservatório 5	1,230	0,369	0,038	0,047	0,073	0,030	0,058	0,058	0,044	0,048	0,060	0,066	0,051	0,032	0,048	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,046	0,046
Pouso Alegre	1,480	0,444	0,036	0,036	0,034	0,027	0,041	0,037	0,024	0,039	0,037	0,030	0,038	0,038	0,031	0,038	0,038	0,039	0,044	0,049	0,055	0,062
São Tomé	0,940	0,282	0,155	0,146	0,207	0,160	0,228	0,085	0,163	0,231	0,170	0,174	0,199	0,230	0,212	0,224	0,234	0,246	0,320	0,427	0,583	0,811

2.3.1. Córrego São Boaventura

Pela Figura 2.15 nota-se que o abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por 93% na demanda hídrica da sub-bacia, que é composta apenas pelo município de Cabo Verde, abrangendo sua respectiva sede municipal. A irrigação, destinada majoritariamente às culturas de café, desenham oscilações da demanda ao longo do tempo, por conta das variações da precipitação efetiva.

Devido à pequena área de drenagem, em todos os três cenários, a demanda hídrica estimada resulta em ultrapassagens do limite de outorgas em praticamente todo o período (Figura 2.16). Embora corresponda a apenas 1,3% da demanda verificada na unidade de gestão, de 0,14 m³/s em 1995, verifica-se incrementos anuais que variam entre 0,66 e 15,04%, podendo chegar a 0,90 m³/s (Tabela 2.12).

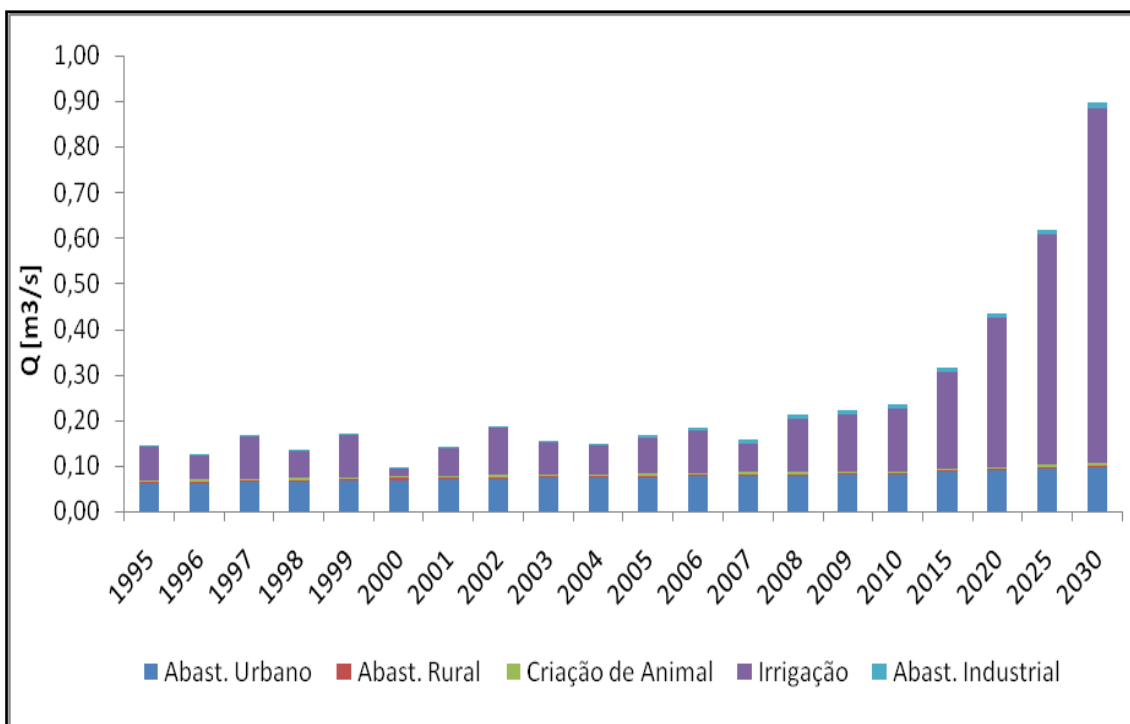


Figura 2.15: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Córrego São Boaventura

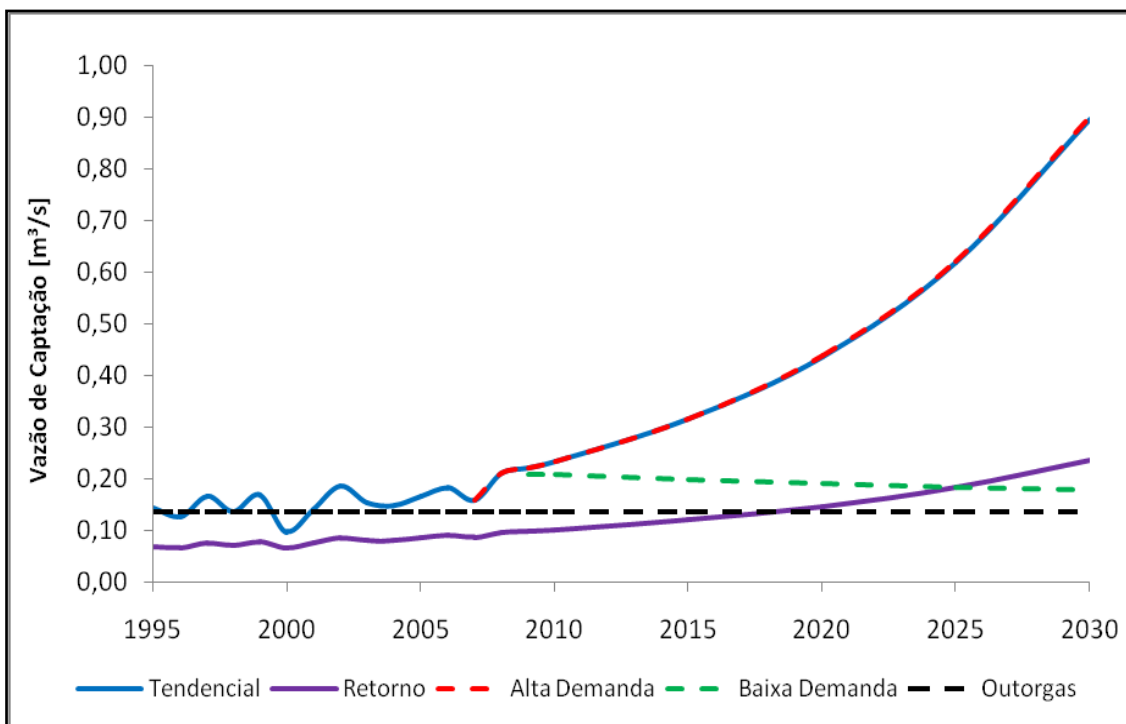


Figura 2.16: Captação de água projetada para a sub-bacia do Córrego São Boaventura

Tabela 2.12: Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego São Boaventura

Ano	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]
1995	0,14	0,14	0,14
1996	0,13	0,13	0,13
1997	0,17	0,17	0,17
1998	0,14	0,14	0,14
1999	0,17	0,17	0,17
2000	0,10	0,10	0,10
2001	0,14	0,14	0,14
2002	0,19	0,19	0,19
2003	0,15	0,15	0,15
2004	0,15	0,15	0,15
2005	0,17	0,17	0,17
2006	0,18	0,18	0,18
2007	0,16	0,16	0,16
2008	0,21	0,21	0,21
2009	0,22	0,22	0,21
2010	0,23	0,23	0,21
2015	0,32	0,32	0,20
2020	0,44	0,44	0,19
2025	0,62	0,62	0,18
2030	0,90	0,90	0,18

2.3.2. Ribeirão Araras

Nesta sub-bacia, composta pelos municípios de Campos Gerais e Três Pontas, o abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por mais de 93% na demanda hídrica, destacando-se neste contexto a demanda urbana, pelo fato da sede municipal do município de Três Pontas estar dentro dos limites da sub-bacia. A irrigação, embora com valores inferiores ao abastecimento urbano, guia o aumento da demanda hídrica na região nas próximas décadas.

No ano de 2001, estima-se a maior demanda destinada a irrigação nos últimos quinze anos, por conta do aumento da área plantada de café, principal cultura na região, e a diminuição da precipitação efetiva nos meses de julho e agosto. O setor industrial aparece com pequena contribuição, sendo incrementada ao longo dos anos. A partir do ano de 2003, ocorre um aumento da demanda para o abastecimento industrial por conta do crescimento da produção industrial do município de Três Pontas (Figura 2.17).

A contribuição da demanda hídrica da sub-bacia Ribeirão Araras na unidade de gestão corresponde em média a 5,5% do total registrado na unidade de gestão. Para uma vazão de retirada inicial de 0,63 m³/s, entre os anos de 1995 e 2030 verificaram-se incrementos médios, respectivamente para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda de 4,15%, 2,48% e 0,38% (Tabela 2.13). Pela Figura 2.18 observa-se que os valores da vazão de captação para os três cenários projetados ultrapassam o limite de outorga desde o ano de 1995.

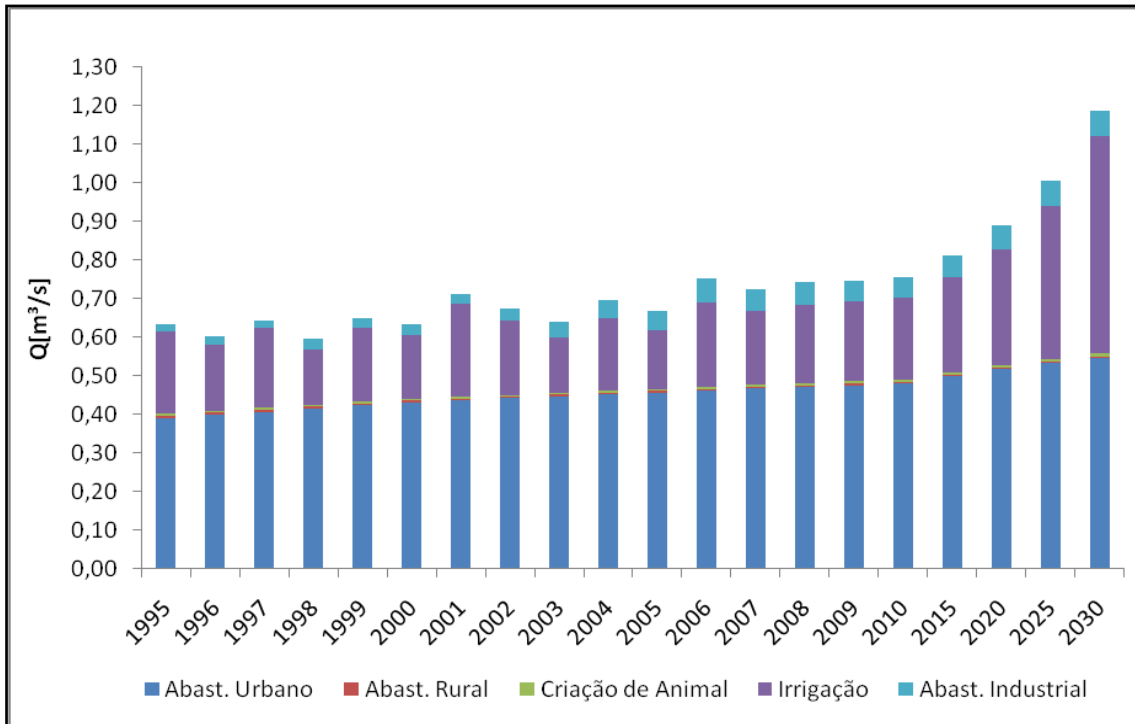


Figura 2.17: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Araras

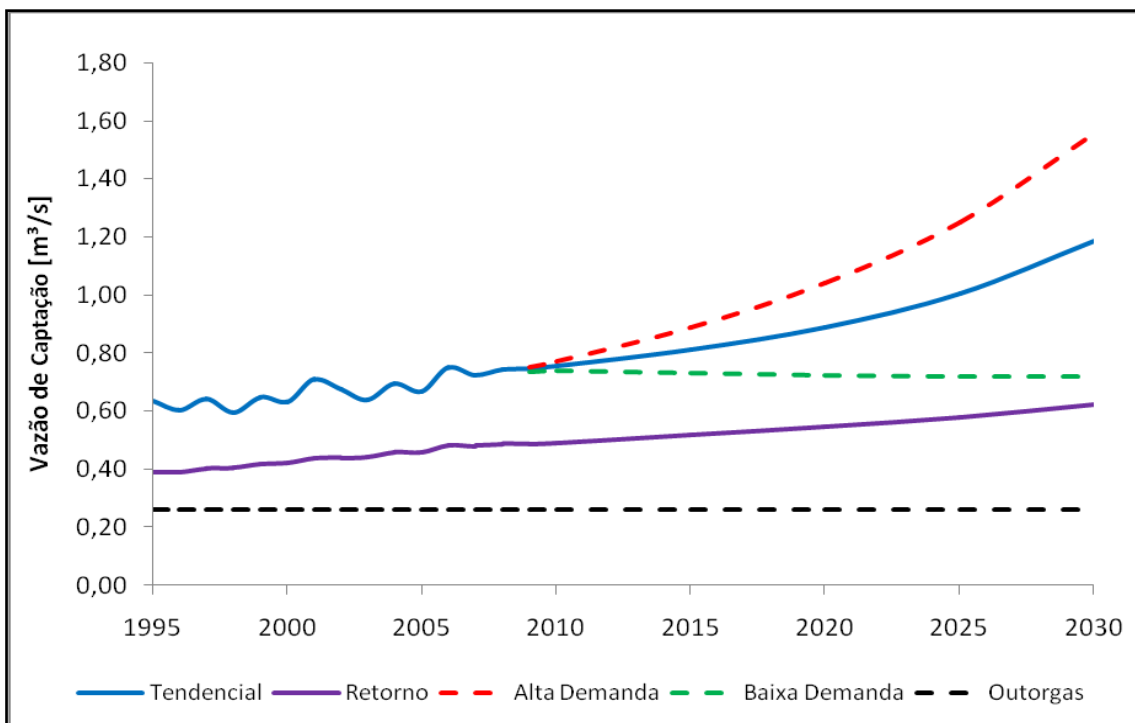


Figura 2.18: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Araras

Tabela 2.13: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Araras

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,63	0,63	0,63
1996	0,60	0,60	0,60
1997	0,64	0,64	0,64
1998	0,60	0,60	0,60
1999	0,65	0,65	0,65
2000	0,63	0,63	0,63
2001	0,71	0,71	0,71
2002	0,67	0,67	0,67
2003	0,64	0,64	0,64
2004	0,70	0,70	0,70
2005	0,67	0,67	0,67
2006	0,75	0,75	0,75
2007	0,72	0,72	0,72
2008	0,74	0,74	0,74
2009	0,75	0,75	0,74
2010	0,77	0,75	0,74
2015	0,89	0,81	0,73
2020	1,04	0,89	0,72
2025	1,25	1,00	0,72
2030	1,56	1,18	0,72

2.3.3. Ribeirão Bom Jesus

Da mesma forma, o abastecimento urbano e a irrigação, também são os setores majoritários em termos de demanda hídrica, sendo que a irrigação, especialmente por conta das culturas de bata de 2ª e 3ª safras, guiará o aumento verificado nos próximos anos. Os municípios de Botelhos e Cabo Verde fazem parte da sub-bacia, sendo que apenas Botelhos possui sua sede municipal inserida nos limites da região. O setor industrial, como criação de animal e abastecimento rural são inexpressivos (Figura 2.19).

A vazão de captação estimada nos três cenários não supera o limite de outorga apenas no ano de 2000, por conta do aumento da precipitação efetiva e da diminuição da área plantada de batata (Figura 2.20).

A sub-bacia Ribeirão Bom Jesus apresenta, em média, uma contribuição de 1,7% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.14, para uma vazão de retirada inicial de 0,18 m³/s, os incrementos anuais para cada um dos cenários, considerando todo o intervalo de estudo foi de 7,17%, 6,54% e 0,37% para os cenários de alta demanda,

tendencial e baixa demanda respectivamente, sendo que o último apresenta um decréscimo a partir do ano 2008.

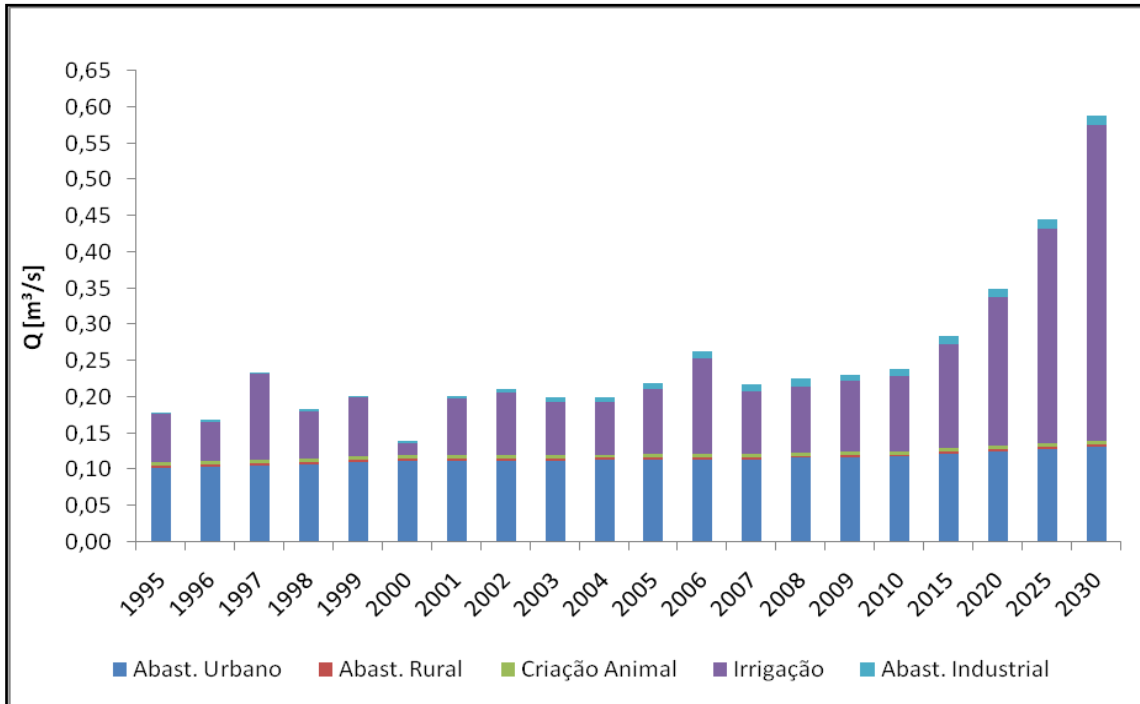


Figura 2.19: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Bom Jesus

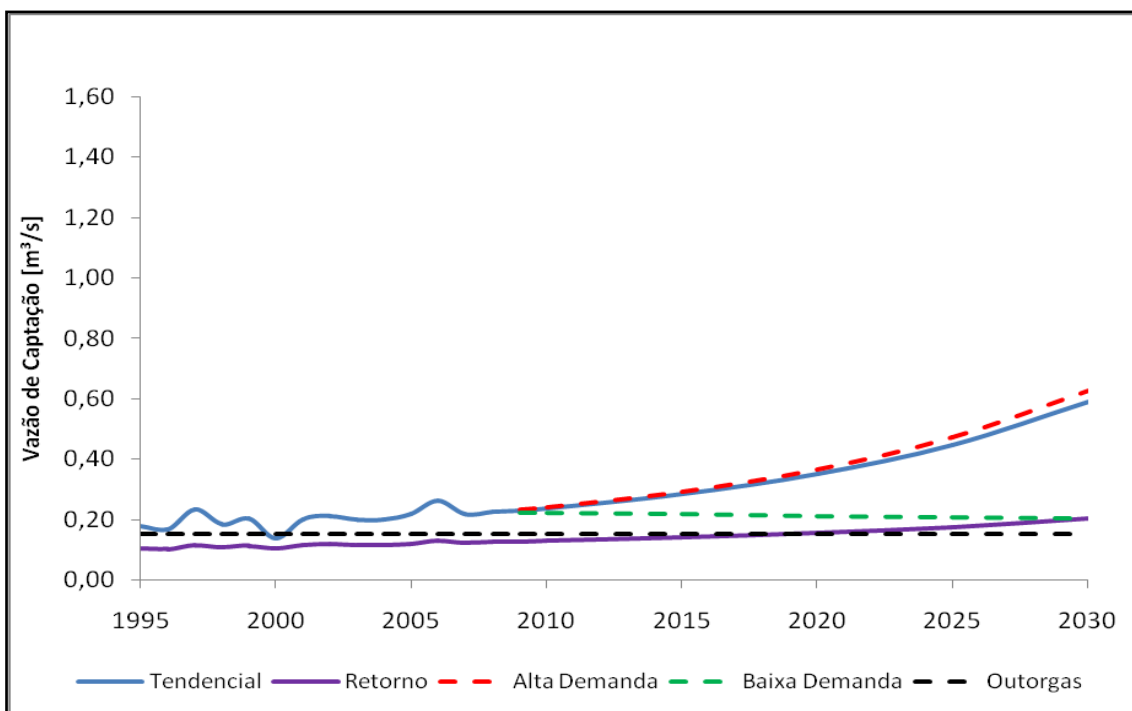


Figura 2.20: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Bom Jesus

Tabela 2.14: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Bom Jesus

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,18	0,18	0,18
1996	0,17	0,17	0,17
1997	0,23	0,23	0,23
1998	0,18	0,18	0,18
1999	0,20	0,20	0,20
2000	0,14	0,14	0,14
2001	0,20	0,20	0,20
2002	0,21	0,21	0,21
2003	0,20	0,20	0,20
2004	0,20	0,20	0,20
2005	0,22	0,22	0,22
2006	0,26	0,26	0,26
2007	0,22	0,22	0,22
2008	0,23	0,23	0,23
2009	0,23	0,23	0,22
2010	0,24	0,24	0,22
2015	0,29	0,28	0,22
2020	0,36	0,35	0,21
2025	0,47	0,45	0,21
2030	0,63	0,59	0,20

2.3.4. Ribeirão da Congonha

Nepomuceno é o único município que faz parte da sub-bacia, tendo sua sede municipal inserida na mesma. Estima-se que o abastecimento industrial apresente um singelo aumento na sua demanda, mas torna-se inexpressivo diante dos setores urbano e irrigação, que possui o café como principal cultura (Figura 2.21).

A sub-bacia Ribeirão da Congonha contribui, em média, com 3,2% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.15, para uma vazão de retirada inicial de 0,37 m³/s, os incrementos anuais para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda foram de 4,69%, 2,81% e 0,22%, respectivamente. Para os três cenários projetados a vazão de captação supera o limite de outorga em todo o período (Figura 2.22).

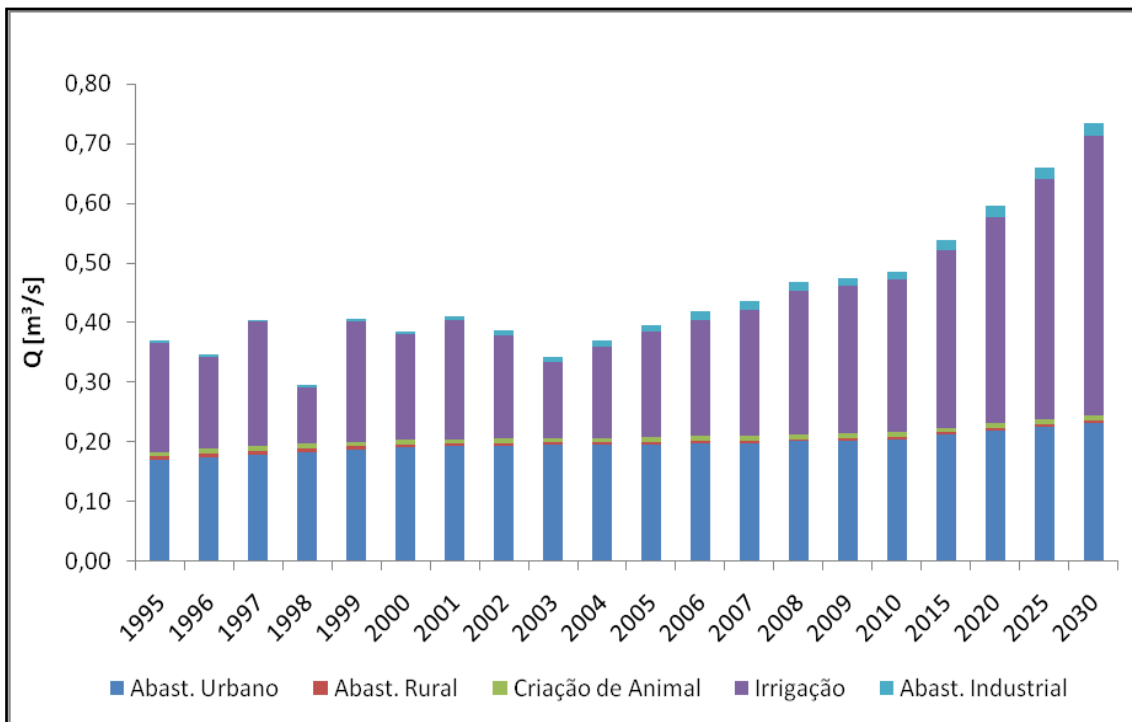


Figura 2.21: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão da Congonha

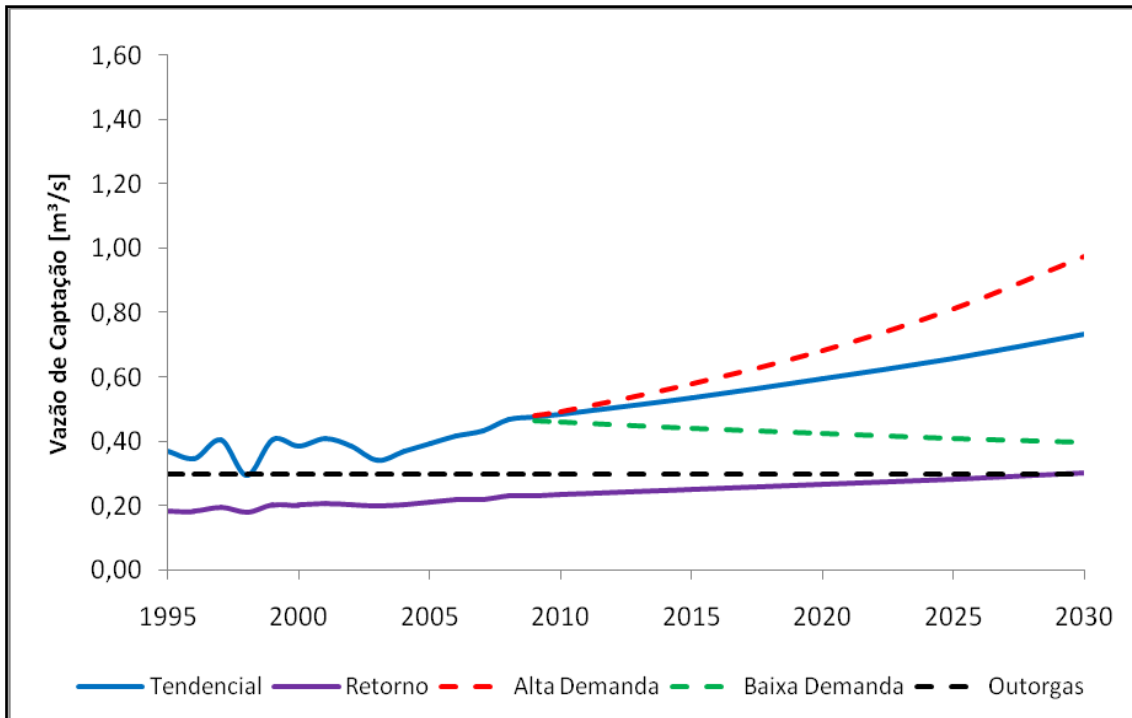


Figura 2.22: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão da Congonha

Tabela 2.15: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão da Congonha

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,37	0,37	0,37
1996	0,35	0,35	0,35
1997	0,40	0,40	0,40
1998	0,30	0,30	0,30
1999	0,41	0,41	0,41
2000	0,39	0,39	0,39
2001	0,41	0,41	0,41
2002	0,39	0,39	0,39
2003	0,34	0,34	0,34
2004	0,37	0,37	0,37
2005	0,40	0,40	0,40
2006	0,42	0,42	0,42
2007	0,44	0,44	0,44
2008	0,47	0,47	0,47
2009	0,48	0,48	0,46
2010	0,49	0,49	0,46
2015	0,58	0,54	0,44
2020	0,68	0,60	0,43
2025	0,81	0,66	0,41
2030	0,98	0,73	0,40

2.3.5. Ribeirão dos Dias

A irrigação destinada ao café destaca-se como o setor de maior contribuição, responsabilizando-se, em média, por 60% da demanda hídrica referentes à sub-bacia (Figura 2.23). A região é composta pelos municípios de Aguanil, Campo Belo, Candeias e Cristais, dos quais apenas o primeiro possui sua sede municipal inserida na área da sub-bacia. A vazão captada para os três cenários projetados não supera o limite de outorga em nenhum momento ao longo do período analisado (Figura 2.24), contribuindo em média por 0,6% na demanda hídrica total da unidade de gestão.

De acordo, com a Tabela 2.16 para uma vazão de retirada inicial de 0,08 m³/s, os incrementos anuais para cada um dos cenários, considerando todo o intervalo de estudo, foi de 1,73%, 1,06% e -0,24% para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda, respectivamente.

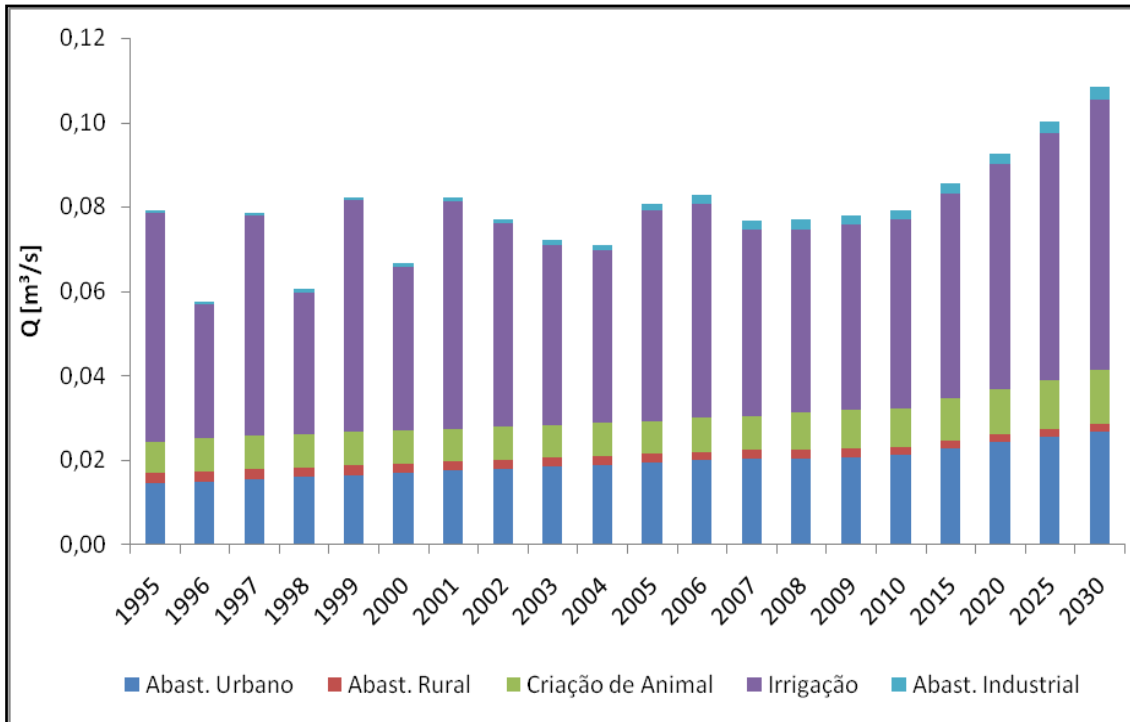


Figura 2.23: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão dos Dias

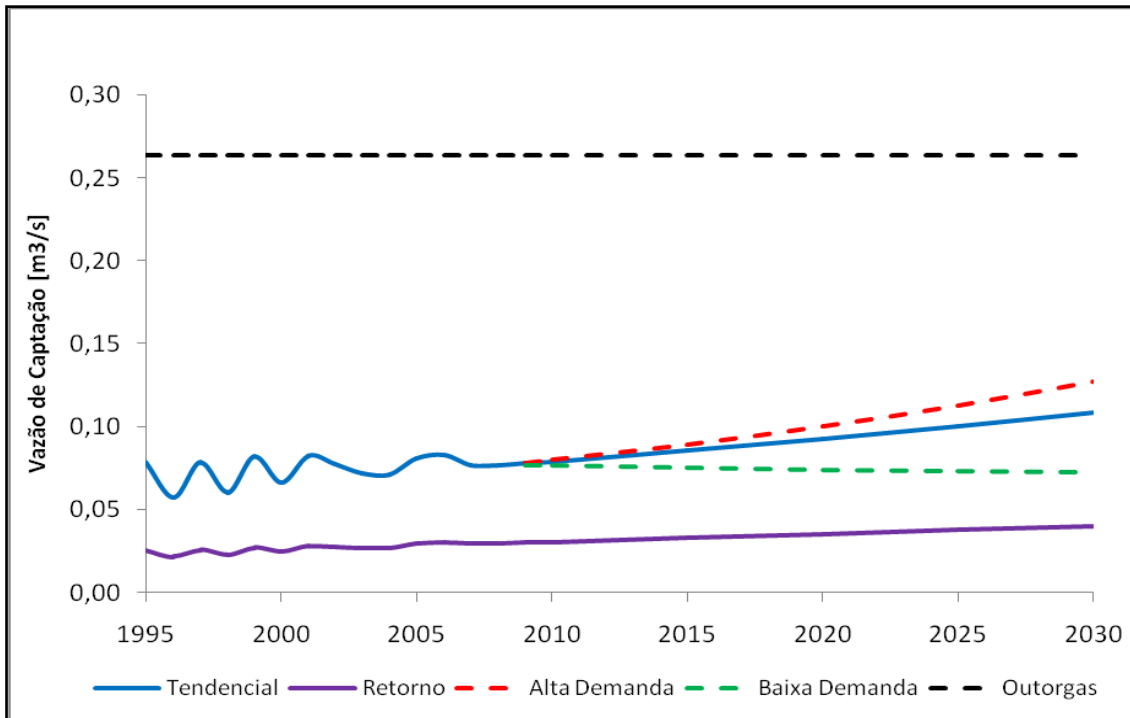


Figura 2.24: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão dos Dias

Tabela 2.16: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão dos Dias

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,08	0,08	0,08
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,08	0,08	0,08
1998	0,06	0,06	0,06
1999	0,08	0,08	0,08
2000	0,07	0,07	0,07
2001	0,08	0,08	0,08
2002	0,08	0,08	0,08
2003	0,07	0,07	0,07
2004	0,07	0,07	0,07
2005	0,08	0,08	0,08
2006	0,08	0,08	0,08
2007	0,08	0,08	0,08
2008	0,08	0,08	0,08
2009	0,08	0,08	0,08
2010	0,08	0,08	0,08
2015	0,09	0,09	0,08
2020	0,10	0,09	0,07
2025	0,11	0,10	0,07
2030	0,13	0,11	0,07

2.3.6. Ribeirão Itaci

Os municípios Carmo do Rio Claro e Illicínea fazem parte da sub-bacia, sendo que apenas o último possui sede municipal inserida nos limites da área. Semelhantemente às sub-bacias supracitadas, o abastecimento urbano e a irrigação são os majoritários na demanda hídrica da região (Figura 2.25). A vazão de captação para os três cenários projetados não supera o limite de outorga, exceto para o ano de 2020 num cenário de alta demanda (Figura 2.26), devido o aumento gradual da irrigação a partir do ano de 2010. A sub-bacia Ribeirão Itaci contribui, em média, com 1,4% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.17, a partir de uma demanda de 0,16 m³/s observam-se incrementos de até 3,12% ao ano.

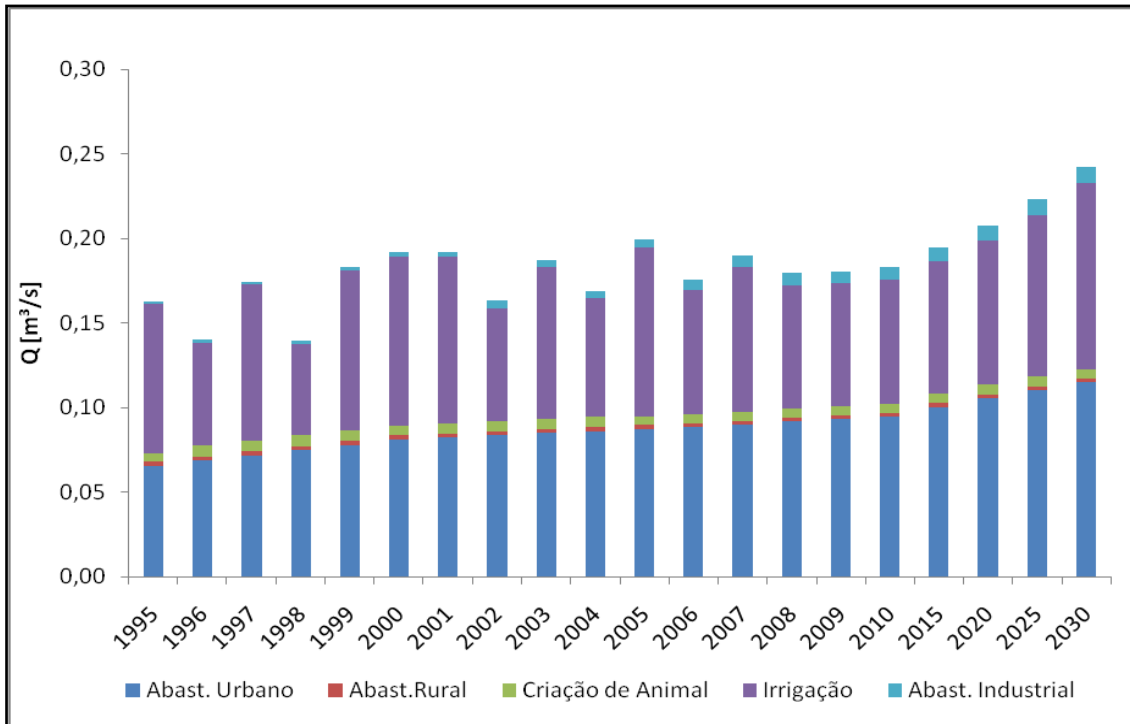


Figura 2.25: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Itaci

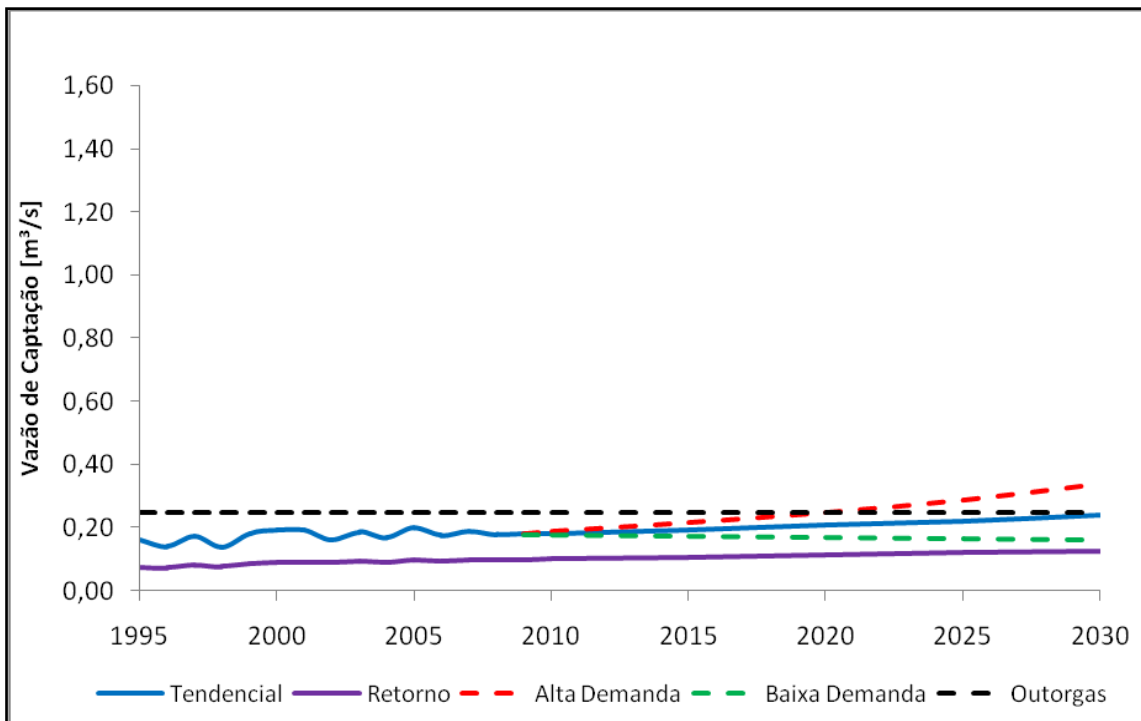


Figura 2.26: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Itaci

Tabela 2.17: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Itaci

Ano	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]
1995	0,16	0,16	0,16
1996	0,14	0,14	0,14
1997	0,17	0,17	0,17
1998	0,14	0,14	0,14
1999	0,18	0,18	0,18
2000	0,19	0,19	0,19
2001	0,19	0,19	0,19
2002	0,16	0,16	0,16
2003	0,19	0,19	0,19
2004	0,17	0,17	0,17
2005	0,20	0,20	0,20
2006	0,18	0,18	0,18
2007	0,19	0,19	0,19
2008	0,18	0,18	0,18
2009	0,18	0,18	0,18
2010	0,19	0,18	0,18
2015	0,22	0,19	0,17
2020	0,25	0,21	0,17
2025	0,29	0,22	0,16
2030	0,34	0,24	0,16

2.3.7. Ribeirão Santana

Os municípios que compõem a sub-bacia são Boa Esperança, Campos Gerais, Nepomuceno, Três Pontas, Santana da Vargem e Coqueiral, sendo os dois últimos com suas sedes municipais inseridas na área. A irrigação, destinada especialmente às culturas de milho e café, contribui, em média, com 78% na demanda hídrica estimada (Figura 2.27).

A sub-bacia do Ribeirão Santana apresenta em média uma contribuição de 4,7% na demanda hídrica total da unidade de gestão. Os cenários tendencial e alta demanda acusam ultrapassagem nos limites de outorga já entre os anos de 2010 e 2015 (Figura 2.28). De acordo, com a Tabela 2.18, os incrementos anuais foram de 6,82% a -0,61% para os cenários de alta demanda e baixa demanda, respectivamente.

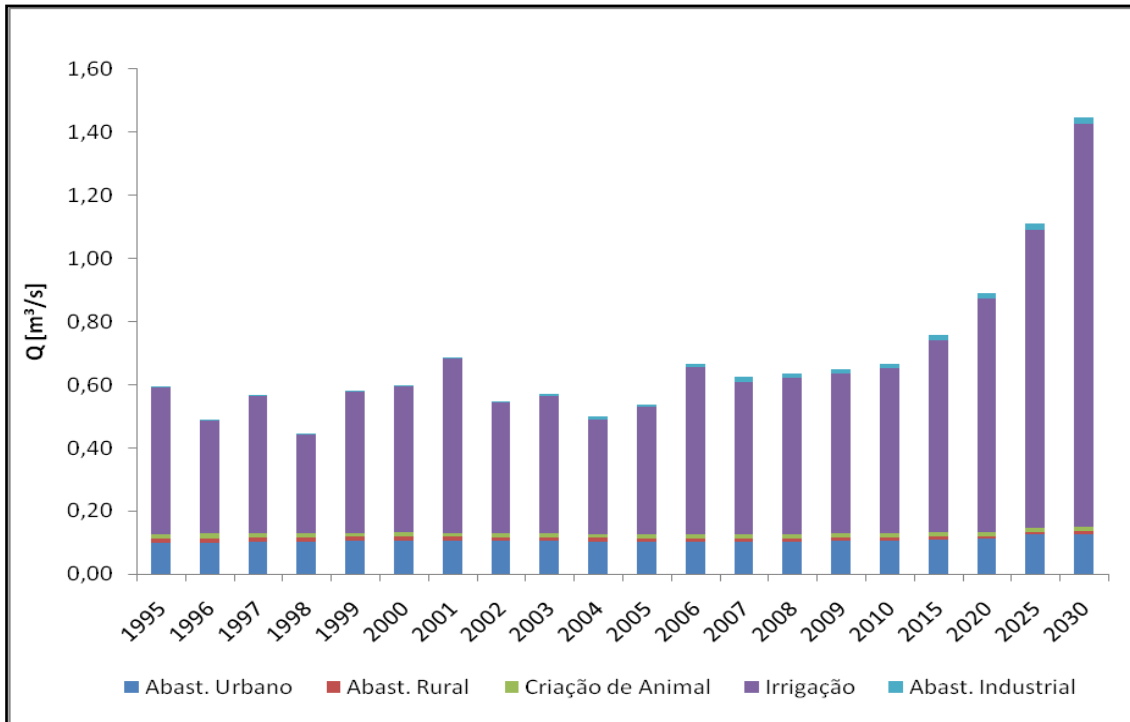


Figura 2.27: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão Santana

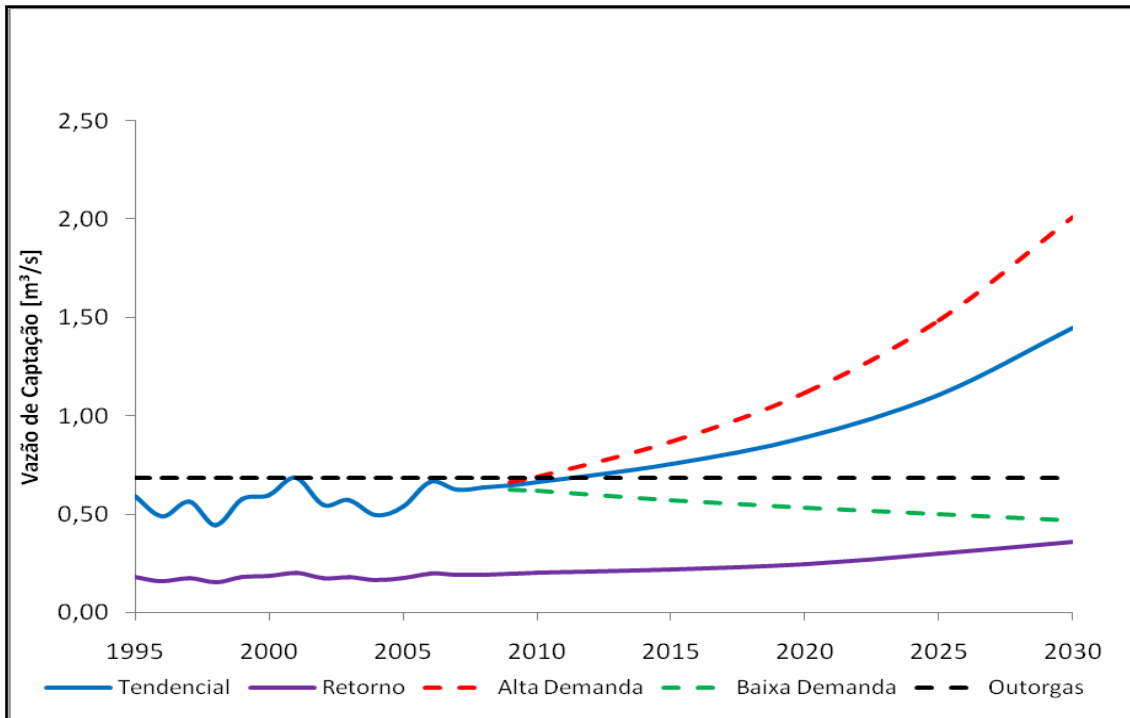


Figura 2.28: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão Santana

Tabela 2.18: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão Santana

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,59	0,59	0,59
1996	0,49	0,49	0,49
1997	0,57	0,57	0,57
1998	0,45	0,45	0,45
1999	0,58	0,58	0,58
2000	0,60	0,60	0,60
2001	0,69	0,69	0,69
2002	0,55	0,55	0,55
2003	0,57	0,57	0,57
2004	0,50	0,50	0,50
2005	0,54	0,54	0,54
2006	0,67	0,67	0,67
2007	0,62	0,62	0,62
2008	0,64	0,64	0,64
2009	0,66	0,65	0,63
2010	0,69	0,66	0,62
2015	0,87	0,76	0,57
2020	1,12	0,89	0,53
2025	1,49	1,11	0,50
2030	2,01	1,45	0,47

2.3.8. Ribeirão São João

Os municípios que fazem parte desta sub-bacia são Campo Belo e Candeias, sendo que apenas o município de Campo Belo apresenta sua sede inserida na área. Diferente das outras sub-bacias, o abastecimento urbano e industrial corresponde aos setores responsáveis em média por 81% da demanda hídrica estimada. A irrigação, destinada especialmente à cultura de café, corresponde em média a 10% dos valores resultantes (Figura 2.29). A partir de 2000, o setor industrial apresenta aumento nos valores de vazão captada, o que pode ser explicado pelo aumento da produção industrial do município de Campo Belo.

A vazão de captação para os três cenários projetados supera o limite de outorga desde o ano de 1995 (Figura 2.30). A sub-bacia do Ribeirão São João apresenta em média uma contribuição de 4,8% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.19, os incrementos anuais, partindo de uma vazão de 0,54 m³/s, considerando todo o intervalo de estudo vão de 1,54% a 0,91%, para os cenários de alta demanda e baixa demanda, respectivamente.

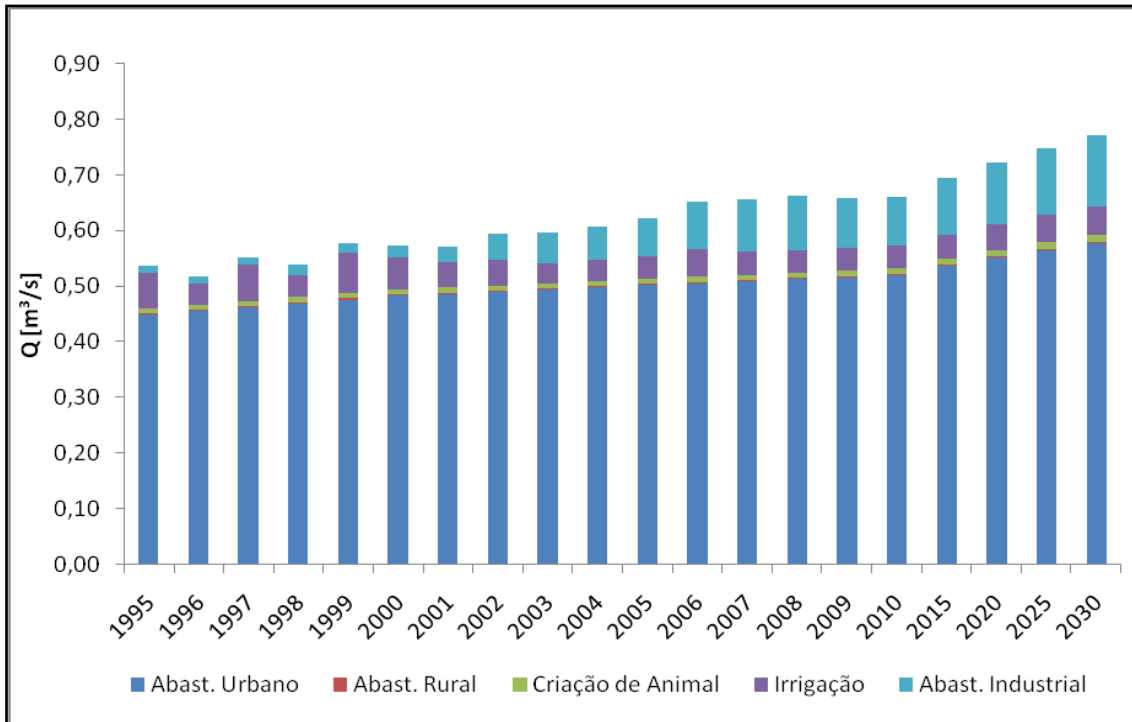


Figura 2.29: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão São João

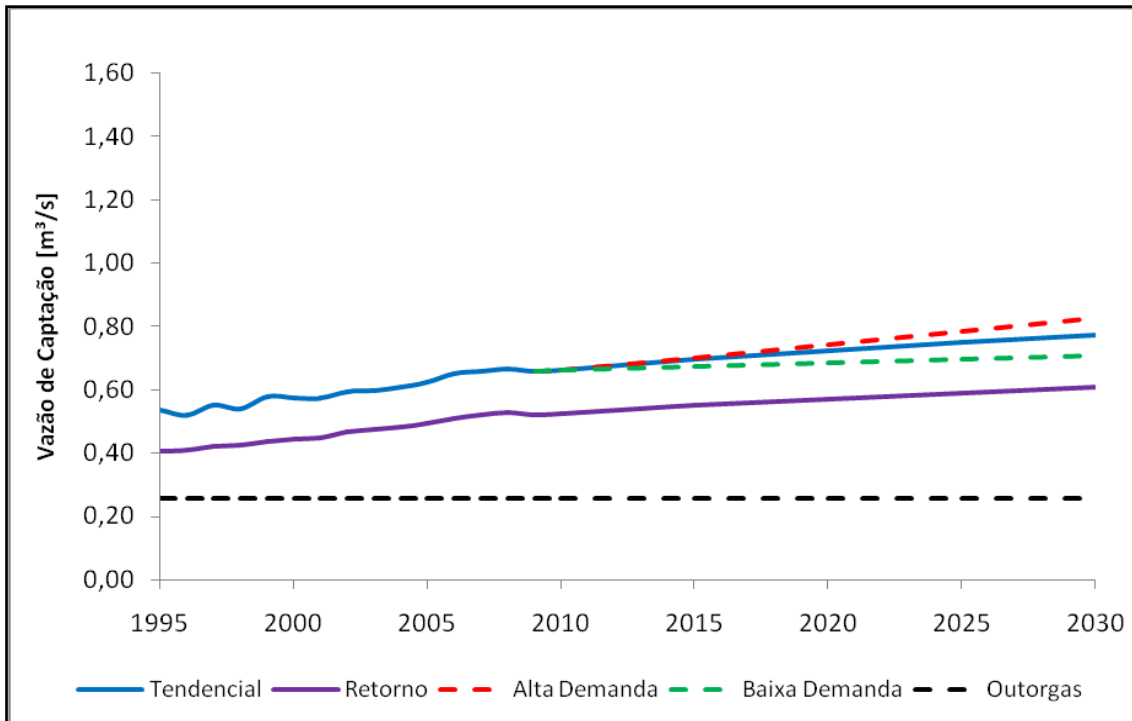


Figura 2.30: Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão São João

Tabela 2.19: Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão São João

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,54	0,54	0,54
1996	0,52	0,52	0,52
1997	0,55	0,55	0,55
1998	0,54	0,54	0,54
1999	0,58	0,58	0,58
2000	0,57	0,57	0,57
2001	0,57	0,57	0,57
2002	0,59	0,59	0,59
2003	0,60	0,60	0,60
2004	0,61	0,61	0,61
2005	0,62	0,62	0,62
2006	0,65	0,65	0,65
2007	0,66	0,66	0,66
2008	0,66	0,66	0,66
2009	0,66	0,66	0,66
2010	0,66	0,66	0,66
2015	0,70	0,69	0,67
2020	0,74	0,72	0,68
2025	0,78	0,75	0,69
2030	0,83	0,77	0,71

2.3.9. Rio Claro

Os municípios que fazem parte desta sub-bacia são Alterosa, Conceição da Aparecida e Nova Resende, sendo que os dois últimos possuem suas sedes municipais inseridas na área. O abastecimento urbano e a irrigação contribuem, em média, com 92% na demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.31). Nos anos de 1996, 1998 e 2001, estimou-se uma queda nos valores de demanda hídrica para a irrigação. Em 1996, tais oscilações podem ser justificadas pela diminuição da área plantada para a cultura de café no município de Nova Resende e o aumento da precipitação efetiva no mês de agosto, e também a diminuição das áreas plantadas das culturas de batata de 2ª safra e feijão de 3ª safra no município de Alterosa, com o aumento da precipitação efetiva nos meses de março, abril e setembro. Em 1998, ocorre a diminuição da área plantada de feijão 3ª safra no município de Alterosa, e aumento da precipitação efetiva nos meses de junho e agosto. Já no ano de 2001, ocorre a diminuição da área plantada do café no município de Alterosa, e o aumento da precipitação efetiva no mês agosto.

A sub-bacia do Rio Claro apresenta, em média, uma contribuição de 1,8% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo, com a Tabela 2.20, os incrementos anuais da vazão estimada para os cenários vão de 5,37% a 0,31%. Nos cenários de alta demanda e tendencial, estima-se que o limite de outorga seja superado entre 2010 e 2015 (Figura 2.32).

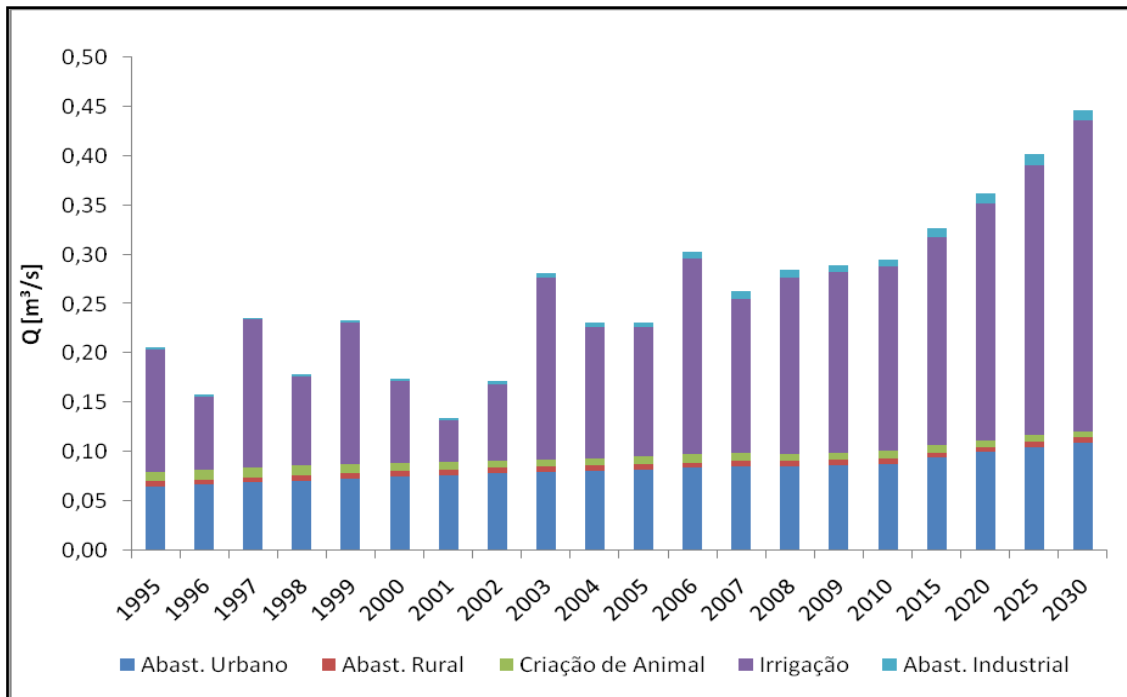


Figura 2.31: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Claro

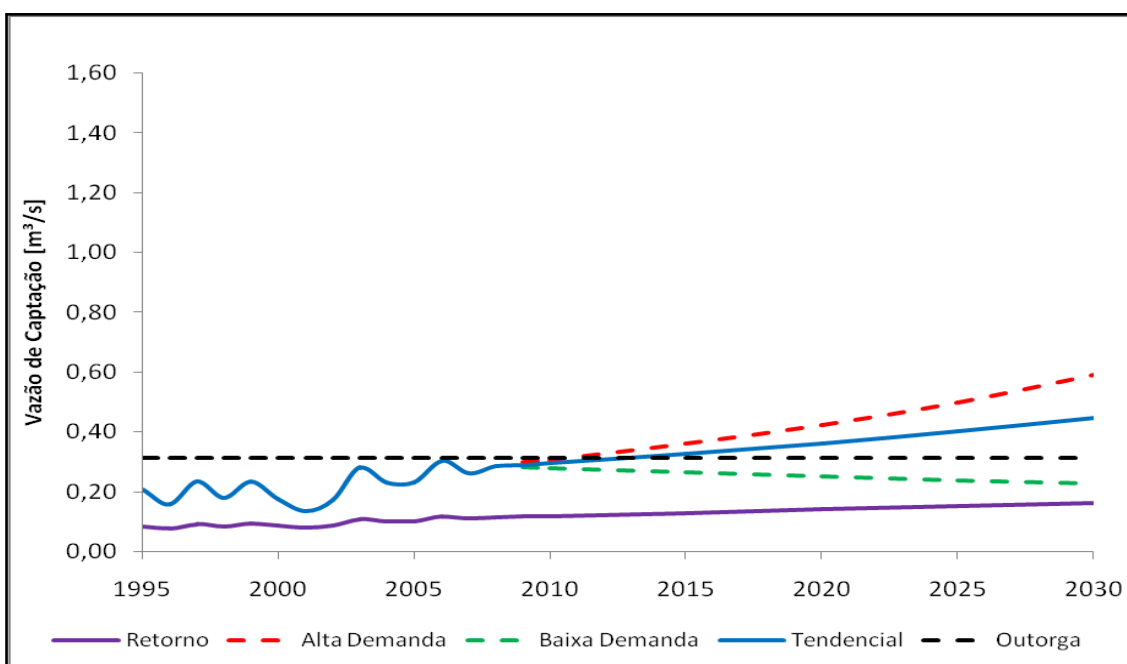


Figura 2.32: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Claro

Tabela 2.20: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Claro

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,21	0,21	0,21
1996	0,16	0,16	0,16
1997	0,24	0,24	0,24
1998	0,18	0,18	0,18
1999	0,24	0,23	0,23
2000	0,18	0,17	0,17
2001	0,14	0,13	0,13
2002	0,18	0,17	0,17
2003	0,29	0,28	0,28
2004	0,24	0,23	0,23
2005	0,24	0,23	0,23
2006	0,31	0,30	0,30
2007	0,27	0,26	0,26
2008	0,29	0,28	0,28
2009	0,30	0,29	0,28
2010	0,31	0,30	0,28
2015	0,36	0,33	0,26
2020	0,42	0,36	0,25
2025	0,50	0,40	0,24
2030	0,59	0,45	0,23

2.3.10. Rio do Peixe

A Figura 2.33 apresenta o abastecimento urbano e a irrigação como os setores responsáveis, em média, por 91% na demanda hídrica da sub-bacia. Os municípios Botelhos, Cabo Verde, Campestre e Divisa Nova fazem parte da sub-bacia, mas apenas o município de Campestre possui sua sede municipal inserida na mesma. No ano de 2000 ocorre uma grande queda nos valores de demanda hídrica para a irrigação, o que pode ser explicado pela diminuição da área plantada para a cultura de batata de 2^a e 3^a safras dos municípios de Botelhos e Divisa Nova, e também pelo aumento da precipitação efetiva nos meses de julho e agosto. A partir do ano de 2005 percebe-se, mesmo que bem modesto, um aumento na demanda hídrica no setor de abastecimento industrial, devido ao aumento da produção industrial do município de Campestre.

Apenas nos cenários tendencial e alta demanda, a vazão de captação supera o limite de outorga entre 2010 e 2015 (Figura 2.34). A sub-bacia Rio do Peixe contribui, em média, com 2,8% na demanda hídrica total da unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.21, a partir de uma demanda de 0,28 m³/s observam-se incrementos anuais médios de 9,85% a 0,46%.

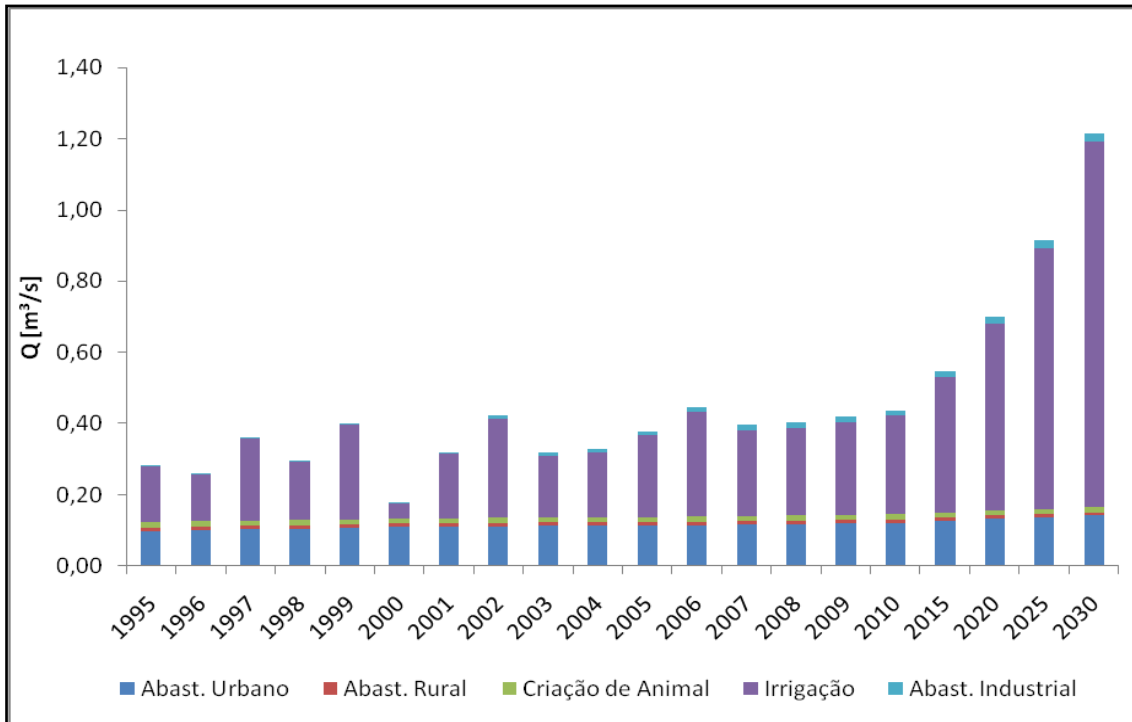


Figura 2.33: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio do Peixe

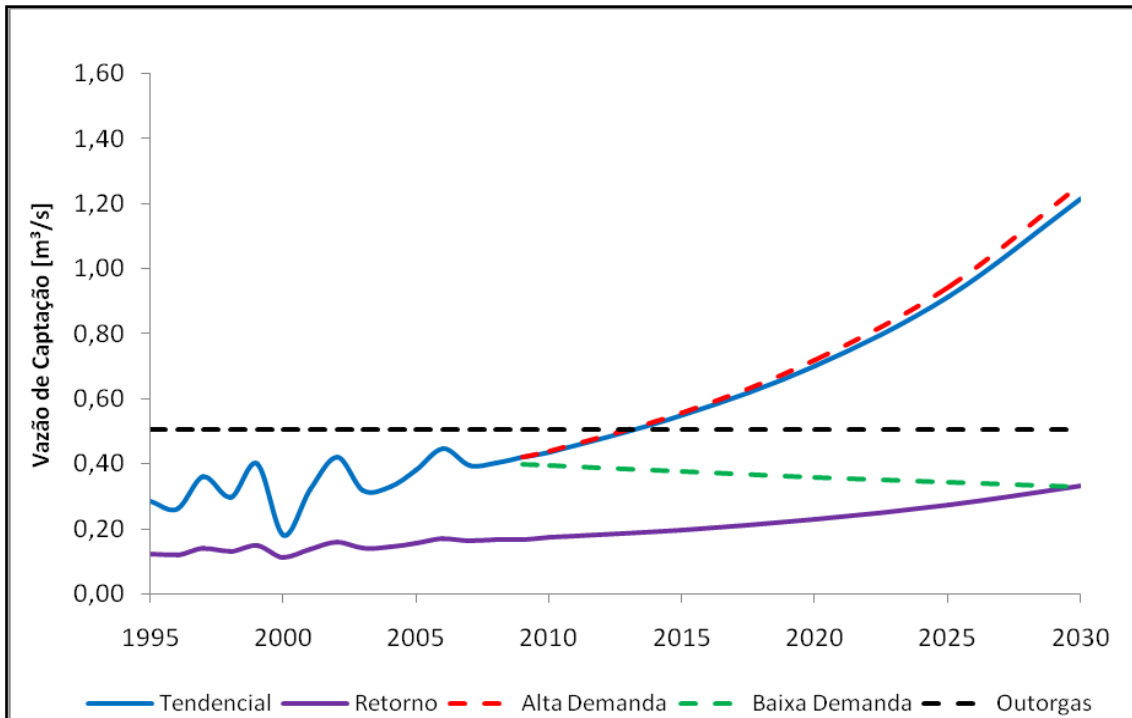


Figura 2.34: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio do Peixe

Tabela 2.21: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio do Peixe

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,28	0,28	0,28
1996	0,26	0,26	0,26
1997	0,36	0,36	0,36
1998	0,30	0,30	0,30
1999	0,40	0,40	0,40
2000	0,18	0,18	0,18
2001	0,32	0,32	0,32
2002	0,42	0,42	0,42
2003	0,32	0,32	0,32
2004	0,33	0,33	0,33
2005	0,38	0,38	0,38
2006	0,45	0,45	0,45
2007	0,40	0,40	0,40
2008	0,40	0,40	0,40
2009	0,42	0,42	0,40
2010	0,44	0,44	0,40
2015	0,56	0,55	0,38
2020	0,72	0,70	0,36
2025	0,94	0,91	0,34
2030	1,26	1,21	0,33

2.3.11. Rio Formiga

A sub-bacia Rio Formiga contribui, em média, com 5,7% na demanda hídrica total da unidade de gestão. O abastecimento urbano é o setor responsável por 83% da demanda hídrica da sub-bacia. Os municípios Córrego Fundo e Formiga, este com sua sede municipal, compõem esta sub-bacia, que tem o abastecimento urbano como principal setor na demanda hídrica. A partir de 2000 os valores associados ao abastecimento industrial acusam contribuições consideráveis (Figura 2.35).

A vazão de captação para os três cenários projetados supera o limite de outorga a partir do ano de 1995 (Figura 2.36). De acordo com a Tabela 2.22, os incrementos anuais para cada um dos cenários, a partir de uma demanda de 0,62 m³/s, vai de 1,02% a 1,71%.

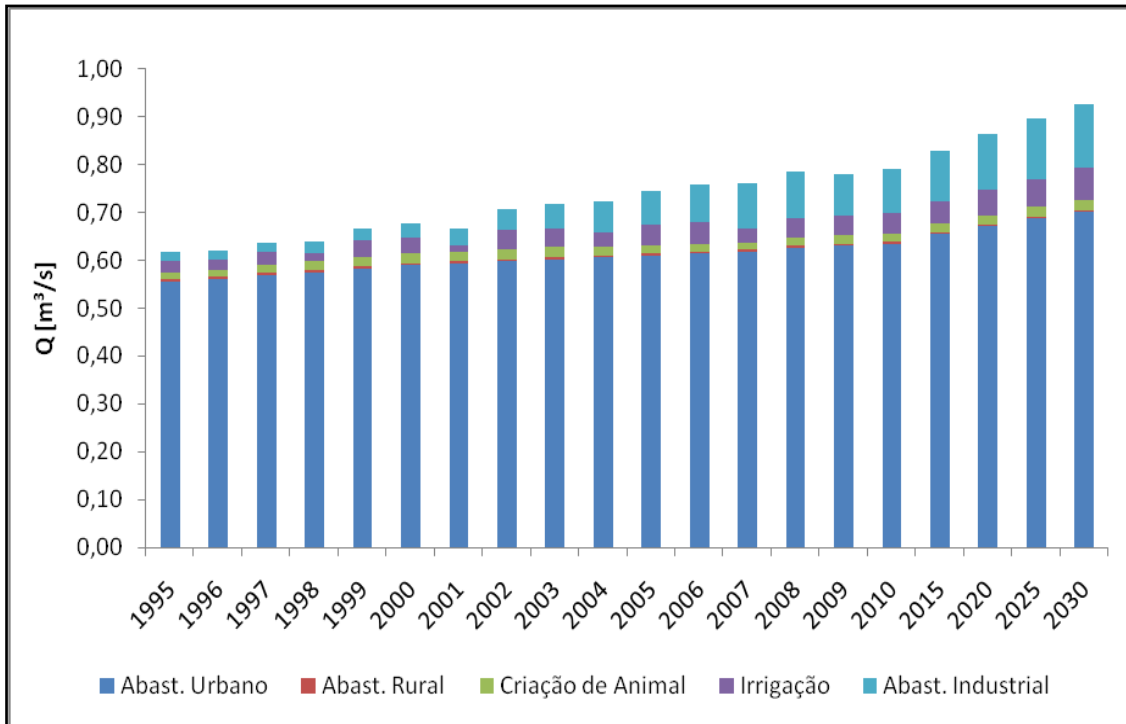


Figura 2.35: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Formiga

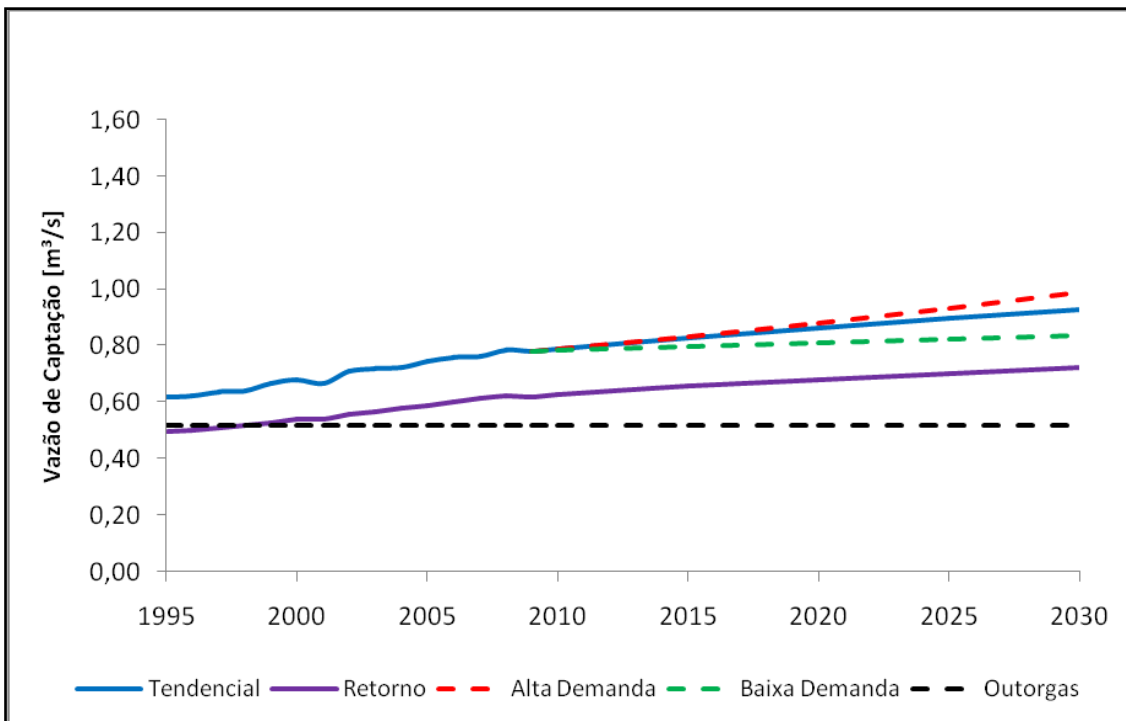


Figura 2.36: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Formiga

Tabela 2.22: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Formiga

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,62	0,62	0,62
1996	0,62	0,62	0,62
1997	0,64	0,64	0,64
1998	0,64	0,64	0,64
1999	0,67	0,67	0,67
2000	0,68	0,68	0,68
2001	0,67	0,67	0,67
2002	0,71	0,71	0,71
2003	0,72	0,72	0,72
2004	0,72	0,72	0,72
2005	0,74	0,74	0,74
2006	0,76	0,76	0,76
2007	0,76	0,76	0,76
2008	0,79	0,79	0,79
2009	0,78	0,78	0,78
2010	0,79	0,79	0,79
2015	0,83	0,83	0,80
2020	0,88	0,86	0,81
2025	0,93	0,90	0,82
2030	0,99	0,93	0,84

2.3.12. Rio Guaxupé

O município de Guaxupé é o único a fazer parte dessa sub-bacia, com a sua sede municipal inserida na mesma. O abastecimento urbano é o setor responsável, em média, por 59% da demanda hídrica, seguido, nos últimos anos, pelo abastecimento industrial. No ano de 2000, o valor de demanda hídrica para a irrigação chega a ficar praticamente nulo, por conta do aumento da precipitação efetiva, principalmente do mês de agosto (Figura 2.37).

A vazão de captação para os três cenários projetados supera o limite de outorga a partir do ano de 1995 (Figura 2.38). A sub-bacia Rio Guaxupé, que contribui em média com 5,9% na demanda hídrica total da unidade de gestão, registrou incrementos anuais de 2,73% a 5,25% em todo o período de análise (Tabela 2.23).

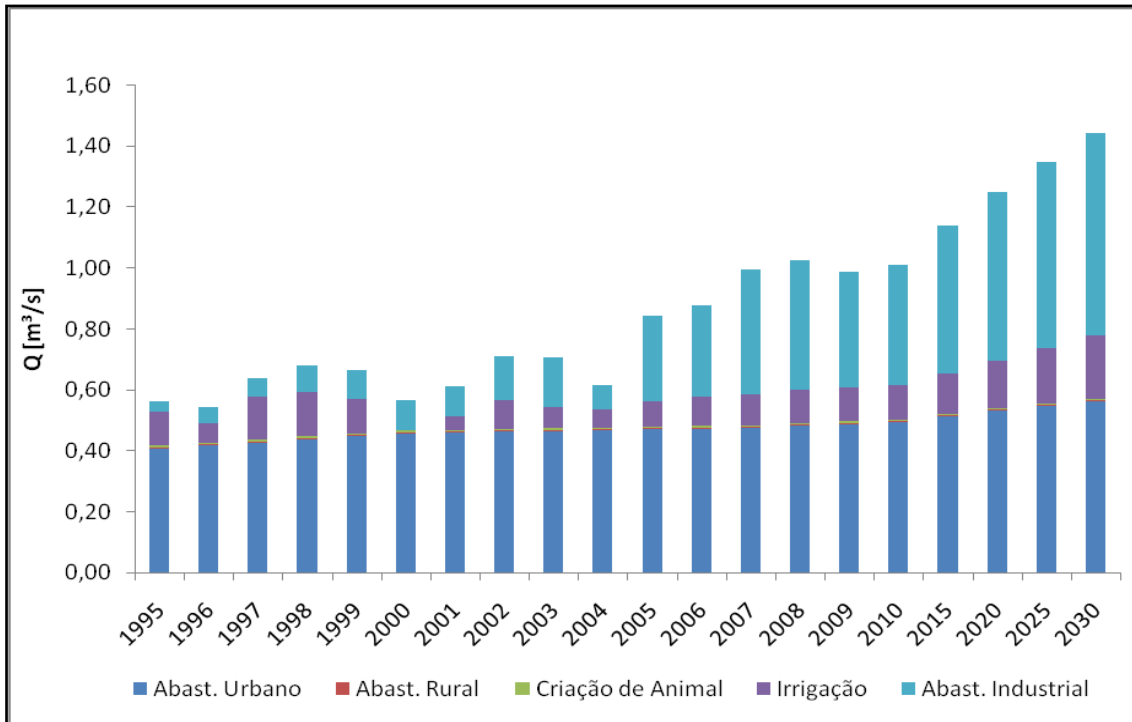


Figura 2.37: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Guaxupé

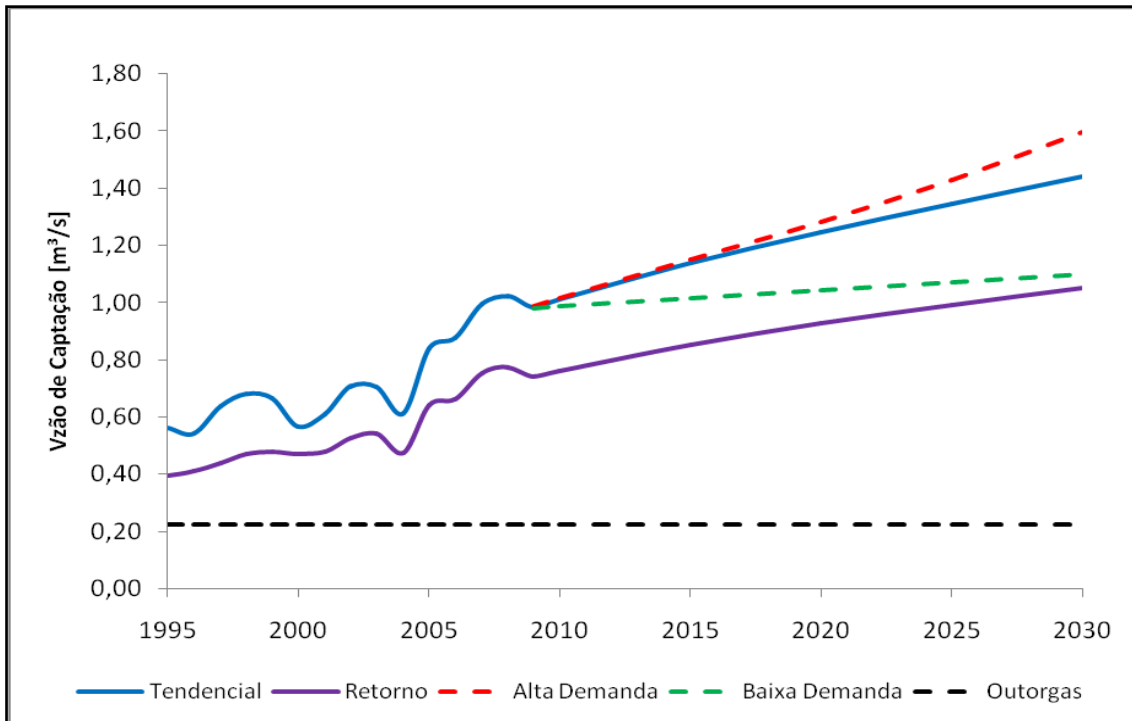


Figura 2.38: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Guaxupé

Tabela 2.23: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Guaxupé

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,56	0,56	0,56
1996	0,54	0,54	0,54
1997	0,64	0,64	0,64
1998	0,68	0,68	0,68
1999	0,66	0,66	0,66
2000	0,57	0,57	0,57
2001	0,61	0,61	0,61
2002	0,71	0,71	0,71
2003	0,71	0,71	0,71
2004	0,61	0,61	0,61
2005	0,84	0,84	0,84
2006	0,88	0,88	0,88
2007	0,99	0,99	0,99
2008	1,02	1,02	1,02
2009	0,99	0,99	0,98
2010	1,01	1,01	0,99
2015	1,15	1,14	1,02
2020	1,28	1,25	1,04
2025	1,43	1,35	1,07
2030	1,60	1,44	1,10

2.3.13. Rio Machado

Pela Figura 2.39, o abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis em média por 81% da demanda hídrica da sub-bacia, que é composta por Campestre, Congonhal, Espírito Santo do Dourado, Ipuiúna, Machado, Poço Fundo, Santa Rita de Caldas e São João da Mata, sendo que apenas os municípios de Machado e Poço Fundo possuem suas sedes municipais inseridas na mesma. No ano de 2000, a irrigação registrou queda, por conta da diminuição da área plantada das culturas de café, batata 2^a e 3^a safras e milho, e pelo aumento da precipitação efetiva dos meses de abril, julho, agosto e setembro. O setor de abastecimento industrial apresenta aumento em sua demanda a partir do ano de 2003, devido ao aumento da produção industrial dos municípios de Machado e Poço Fundo.

Os valores de captação nos três cenários projetados superam o limite de outorgas entre 2010 e 2015 para os cenários tendencial e alta demanda (Figura 2.40). A demanda hídrica da sub-bacia corresponde em média a 5,9% da demanda verificada na unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.24, a partir da captação de 0,56 m³/s, estima-se incrementos anuais de 1,72 a 7,95%.

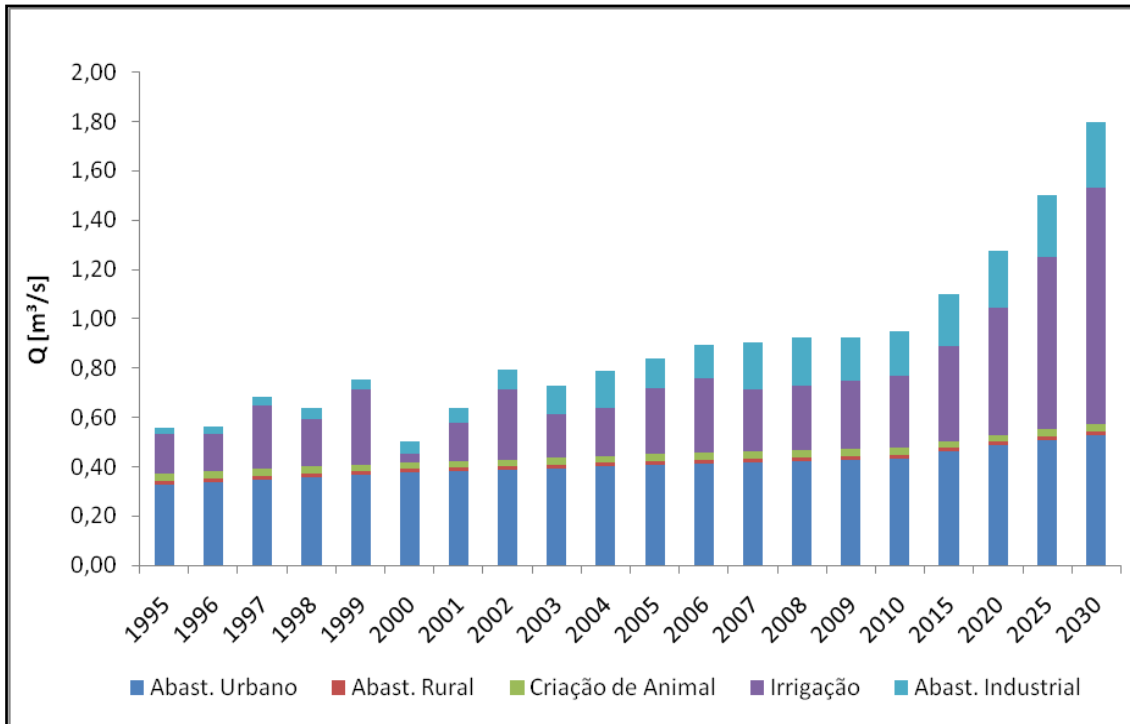


Figura 2.39: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Machado

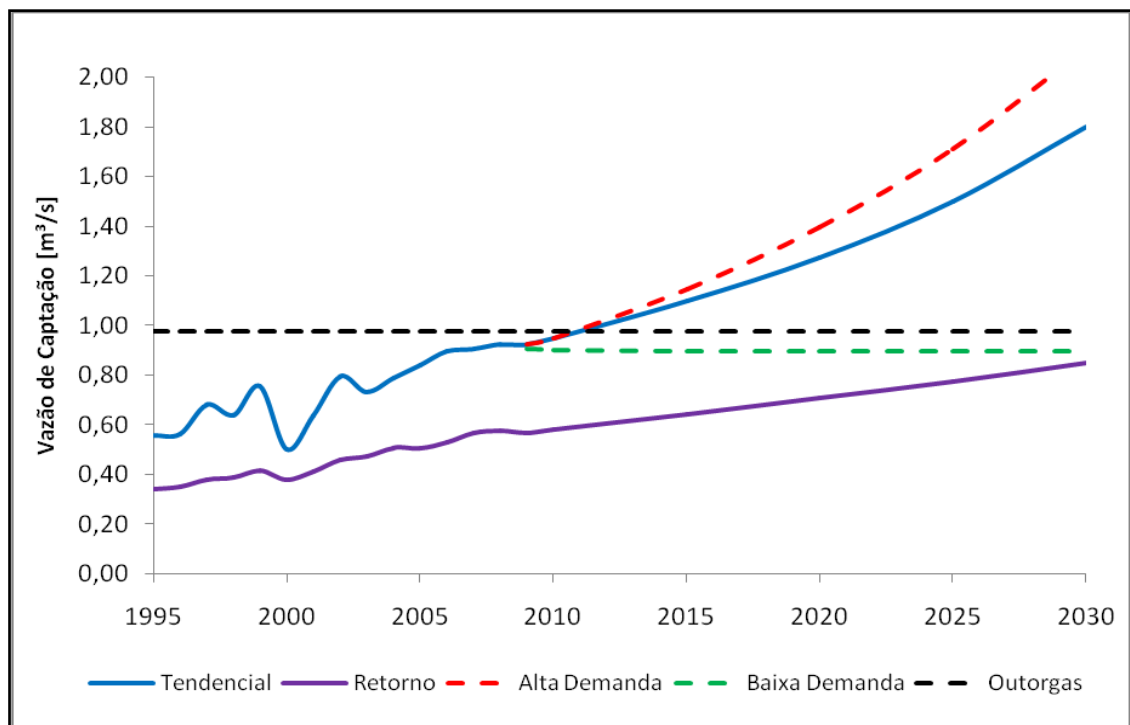


Figura 2.40: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Machado

Tabela 2.24: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Machado

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,56	0,56	0,56
1996	0,56	0,56	0,56
1997	0,68	0,68	0,68
1998	0,64	0,64	0,64
1999	0,76	0,76	0,76
2000	0,50	0,50	0,50
2001	0,64	0,64	0,64
2002	0,79	0,79	0,79
2003	0,73	0,73	0,73
2004	0,79	0,79	0,79
2005	0,84	0,84	0,84
2006	0,89	0,89	0,89
2007	0,90	0,90	0,90
2008	0,92	0,92	0,92
2009	0,92	0,92	0,90
2010	0,95	0,95	0,90
2015	1,15	1,10	0,90
2020	1,40	1,28	0,90
2025	1,71	1,50	0,89
2030	2,12	1,80	0,90

2.3.14. Rio Muzambo

A sub-bacia, que contribui com 6,4% da demanda verificada na unidade de gestão, é composta pelos municípios de Alterosa, Areado, Cabo Verde, Guaxupé, Juruáia, Monte Belo, Muzambinho, Nova Resende e São Pedro da União. Destes, três possuem sua sede municipal inserida na sub-bacia: Juruáia, Monte Belo, Muzambinho.

O abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis em média por 88% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.41). No ano de 2000, a irrigação apresentou uma queda em seu valor de demanda, por conta da diminuição da área plantada das culturas de café e batata 3ª safra no município de Areado, do feijão 3ª safra no município de Alterosa, e pelo aumento da precipitação efetiva dos meses de julho, agosto e setembro.

Os valores de captação nos três cenários projetados passam a superar o limite de outorgas entre 2020 e 2025 para os cenários tendencial e alta demanda (Figura 2.42). De acordo com a Tabela 2.25, a partir de uma demanda de 0,75 m³/s, os incrementos anuais para o período de estudo, foram de 0,26% a 5,72%.

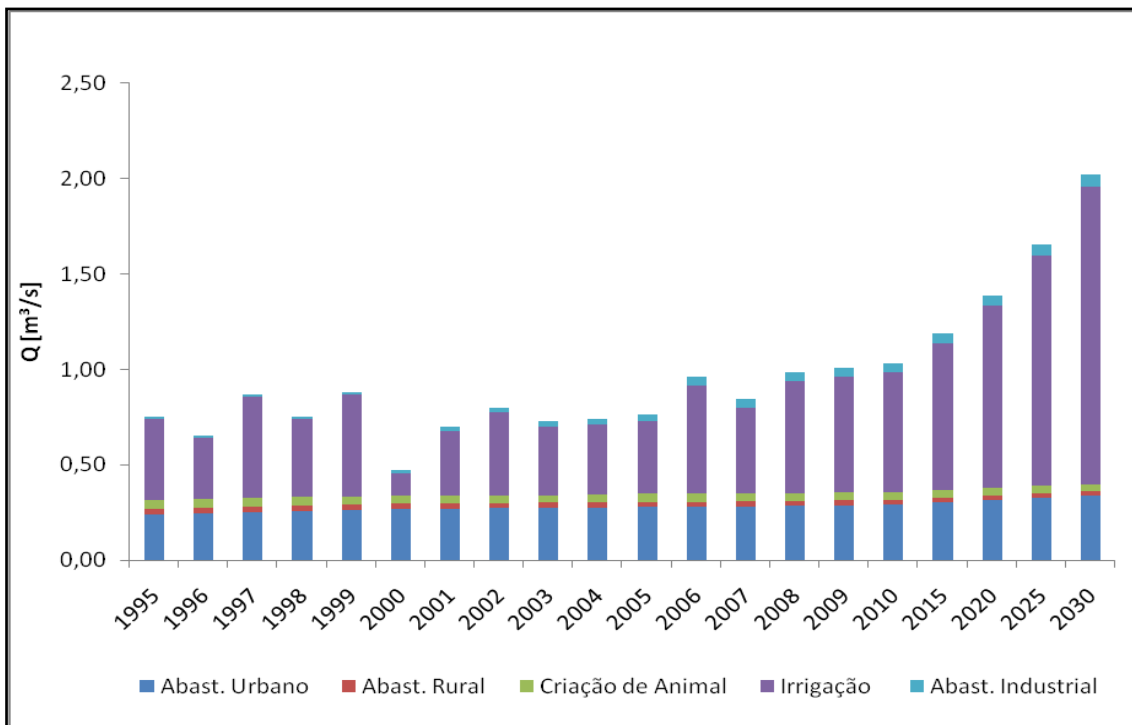


Figura 2.41: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Muzambo

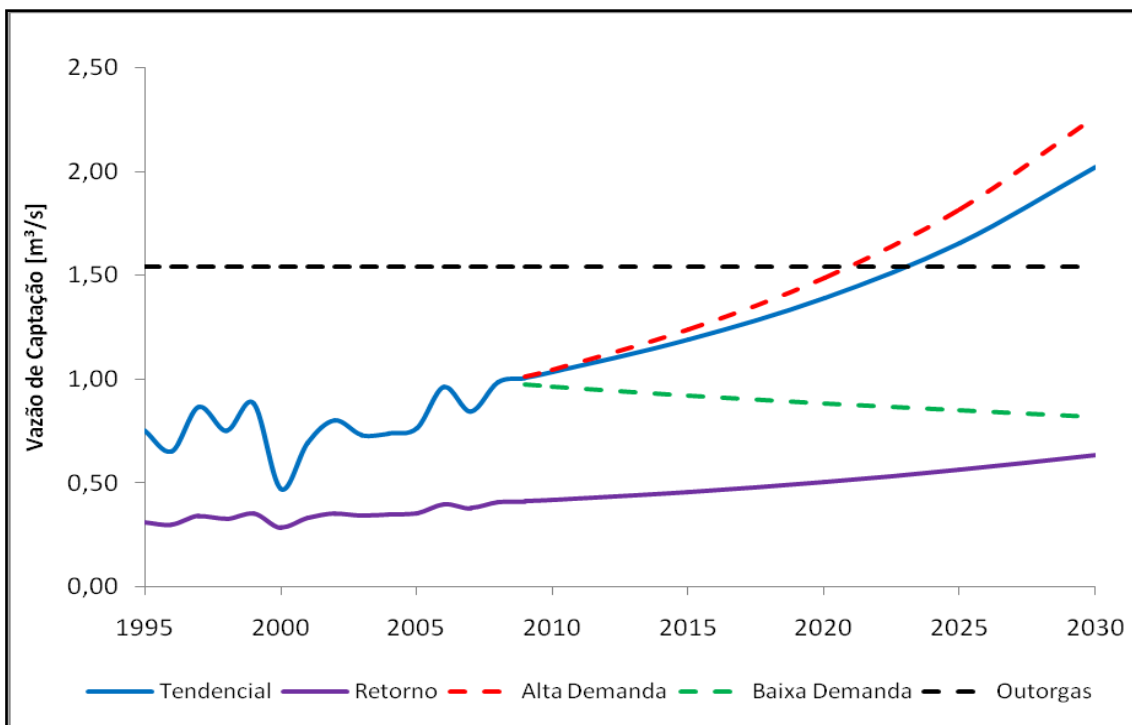


Figura 2.42: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Muzambo

Tabela 2.25: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Muzambo

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,75	0,75	0,75
1996	0,65	0,65	0,65
1997	0,87	0,87	0,87
1998	0,75	0,75	0,75
1999	0,88	0,88	0,88
2000	0,47	0,47	0,47
2001	0,70	0,70	0,70
2002	0,80	0,80	0,80
2003	0,73	0,73	0,73
2004	0,74	0,74	0,74
2005	0,76	0,76	0,76
2006	0,96	0,96	0,96
2007	0,84	0,84	0,84
2008	0,99	0,99	0,99
2009	1,01	1,01	0,97
2010	1,04	1,03	0,97
2015	1,24	1,19	0,92
2020	1,49	1,39	0,88
2025	1,82	1,66	0,85
2030	2,26	2,02	0,82

2.3.15. Rio Muzambo (Divisa Nova)

A sub-bacia é composta pelos municípios de Alfenas, Campestre, Divisa Nova, Machado e Serrania, sendo que apenas Divisa Nova possui sede municipal inserida na mesma. A demanda hídrica estimada corresponde em média a 1,6% da demanda verificada na unidade de gestão.

A irrigação é o setor responsável em média por 71% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.43). No ano de 2000, a irrigação apresentou uma grande queda em seu valor de demanda, o que pode ser explicado pela diminuição da área plantada das culturas de batata 2ª e 3ª safras, feijão 3ª safra e milho, e pelo aumento da precipitação efetiva dos meses de março, abril, julho, agosto e setembro.

Os valores de captação nos três cenários projetados passam a superar o limite de outorgas entre 2020 e 2025 para os cenários tendencial e alta demanda (Figura 2.44). De acordo com a Tabela 2.26, a partir de uma demanda de 0,18 m³/s, os incrementos anuais para o período de estudo, foram de 0,27% a 7,81%.

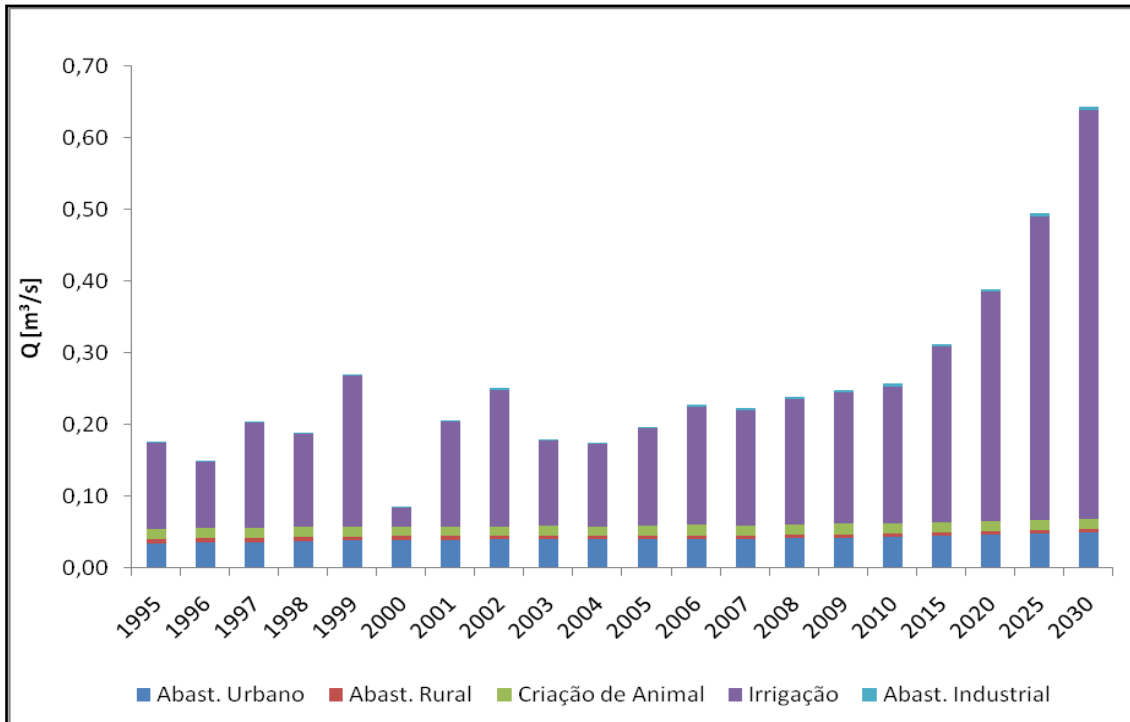


Figura 2.43: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Muzambo (Divisa Nova)

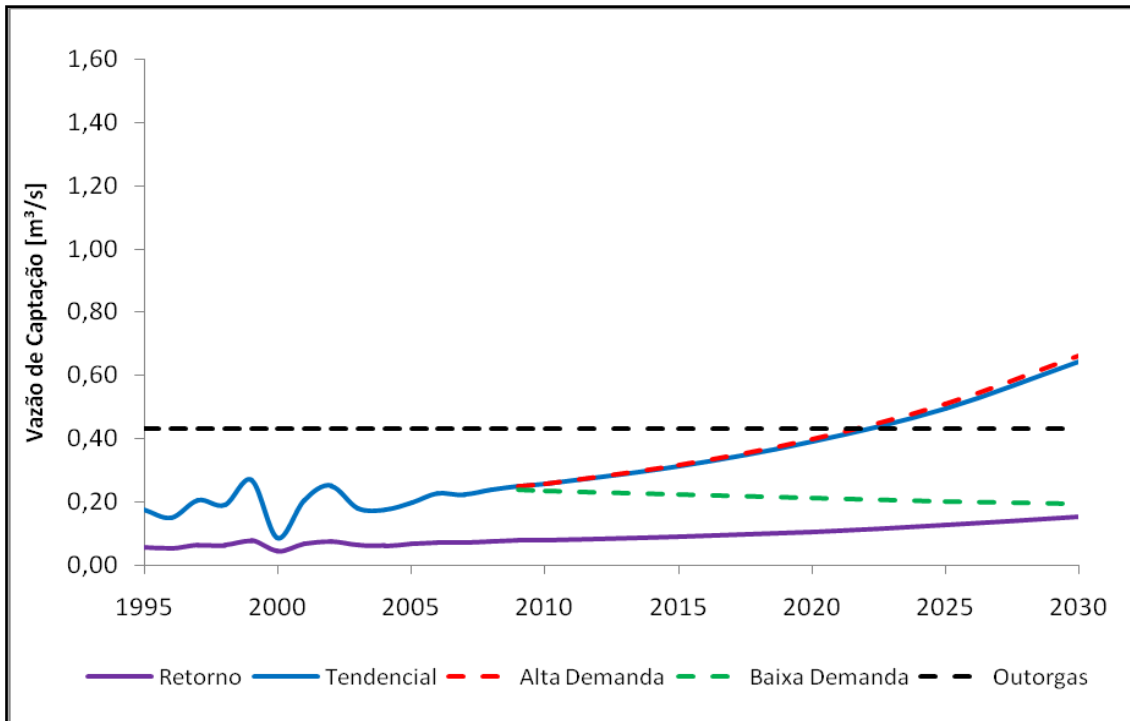


Figura 2.44: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Muzambo (Divisa Nova)

Tabela 2.26: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Muzambo (Divisa Nova)

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,18	0,18	0,18
1996	0,15	0,15	0,15
1997	0,20	0,20	0,20
1998	0,19	0,19	0,19
1999	0,27	0,27	0,27
2000	0,09	0,09	0,09
2001	0,21	0,21	0,21
2002	0,25	0,25	0,25
2003	0,18	0,18	0,18
2004	0,18	0,18	0,18
2005	0,20	0,20	0,20
2006	0,23	0,23	0,23
2007	0,22	0,22	0,22
2008	0,24	0,24	0,24
2009	0,25	0,25	0,24
2010	0,26	0,26	0,23
2015	0,32	0,31	0,22
2020	0,40	0,39	0,21
2025	0,51	0,50	0,20
2030	0,66	0,64	0,19

2.3.16. Rio Santana

Pela Figura 2.45 o abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por 83% da demanda hídrica da sub-bacia, que contribui com 1,9% da demanda verificada na unidade de gestão. Os municípios que fazem parte da sub-bacia são Camacho, Candeias, Formiga e Itapeçerica, sendo apenas Camacho o que possui sua sede municipal inserida na mesma. Nos anos de 1998 e 2001, a irrigação apresentou queda em seu valor de demanda, o que pode ser explicado pela diminuição da área plantada das culturas de café e feijão 3^a safra no primeiro instante, e café, batata de 2^a safra e milho 2^a safra no segundo instante; além do aumento da precipitação efetiva dos meses de maio, julho, agosto e setembro. O setor industrial apresenta contribuição crescente a partir do ano 2000, porém sempre menos que 10% do total estimado.

Os valores de captação nos três cenários projetados não superam o limite de outorgas em nenhum momento (Figura 2.46). De acordo com a Tabela 2.27, a partir de uma demanda de 0,24 m³/s os incrementos anuais para o período de estudo, respectivamente para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda, foram de 1,55%, 0,82% e 0,07%.

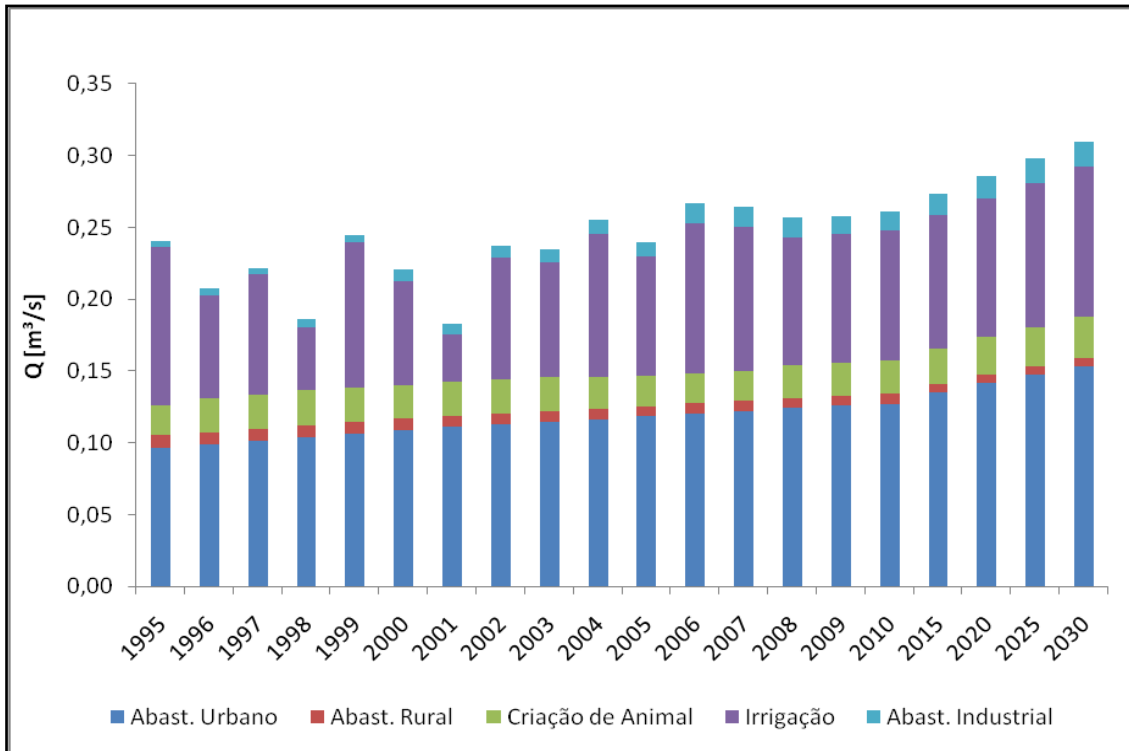


Figura 2.45: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Santana

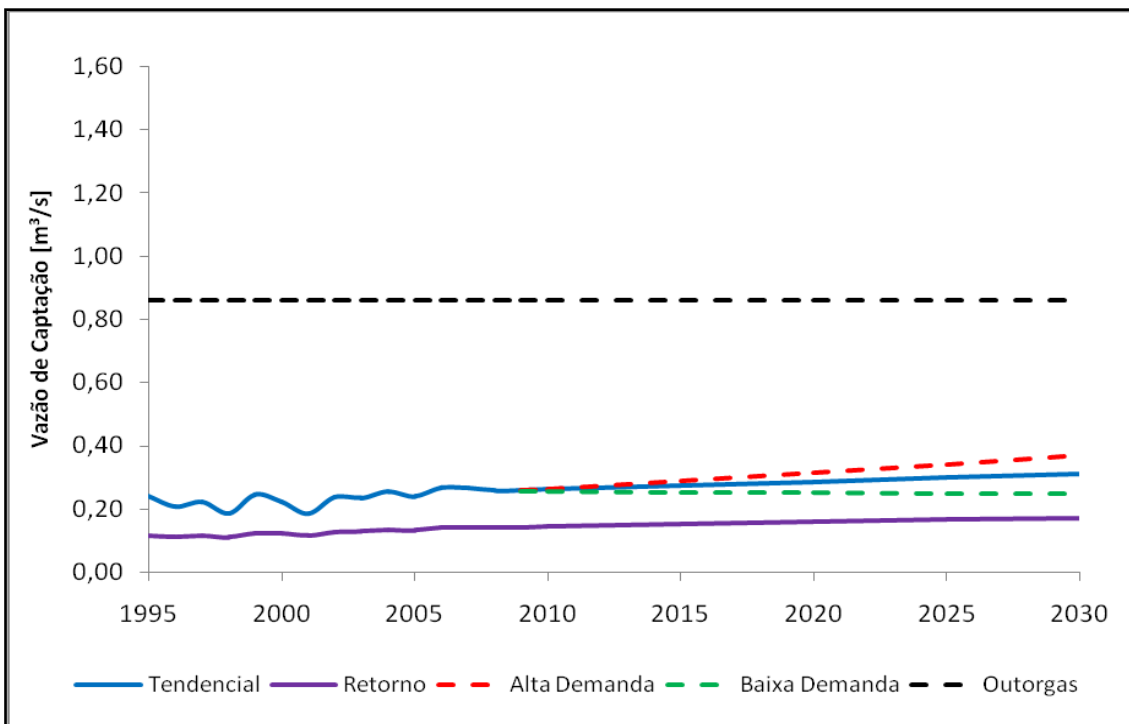


Figura 2.46: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Santana

Tabela 2.27: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Santana

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,24	0,24	0,24
1996	0,21	0,21	0,21
1997	0,22	0,22	0,22
1998	0,19	0,19	0,19
1999	0,24	0,24	0,24
2000	0,22	0,22	0,22
2001	0,18	0,18	0,18
2002	0,24	0,24	0,24
2003	0,23	0,23	0,23
2004	0,26	0,26	0,26
2005	0,24	0,24	0,24
2006	0,27	0,27	0,27
2007	0,26	0,26	0,26
2008	0,26	0,26	0,26
2009	0,26	0,26	0,26
2010	0,26	0,26	0,26
2015	0,29	0,27	0,25
2020	0,31	0,29	0,25
2025	0,34	0,30	0,25
2030	0,37	0,31	0,25

2.3.17. Reservatório 1

O abastecimento urbano é o setor responsável em média por 62% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.47). Os municípios que fazem parte da sub-bacia são: Alterosa, Areado, Alfenas, Cabo Verde, Divisa Nova e Serrania; destes os que possuem suas sedes municipais inseridas na mesma são: Alterosa, Areado, Alfenas. A demanda hídrica da sub-bacia RES 1 corresponde, em média, a 10,8% na demanda verificada na unidade de gestão.

A queda da demanda percebida no ano 2000 deve-se à irrigação, por conta da diminuição da área plantada das culturas de café, batata 2^a safra, milho 2^a safra e, principalmente de batata 3^a safra e feijão 3^a safra, e pelo aumento da precipitação efetiva dos meses de julho, agosto e setembro. O setor industrial apresenta crescente contribuição a partir de 2000.

Os valores de captação nos três cenários projetados de uma maneira geral superam o limite de outorgas, mesmo num cenário de baixa demanda (Figura 2.48). De acordo com a Tabela 2.28, a partir de uma demanda de 1,13 m³/s, os incrementos anuais para o período de estudo vão de 1,27% a 4,98%.

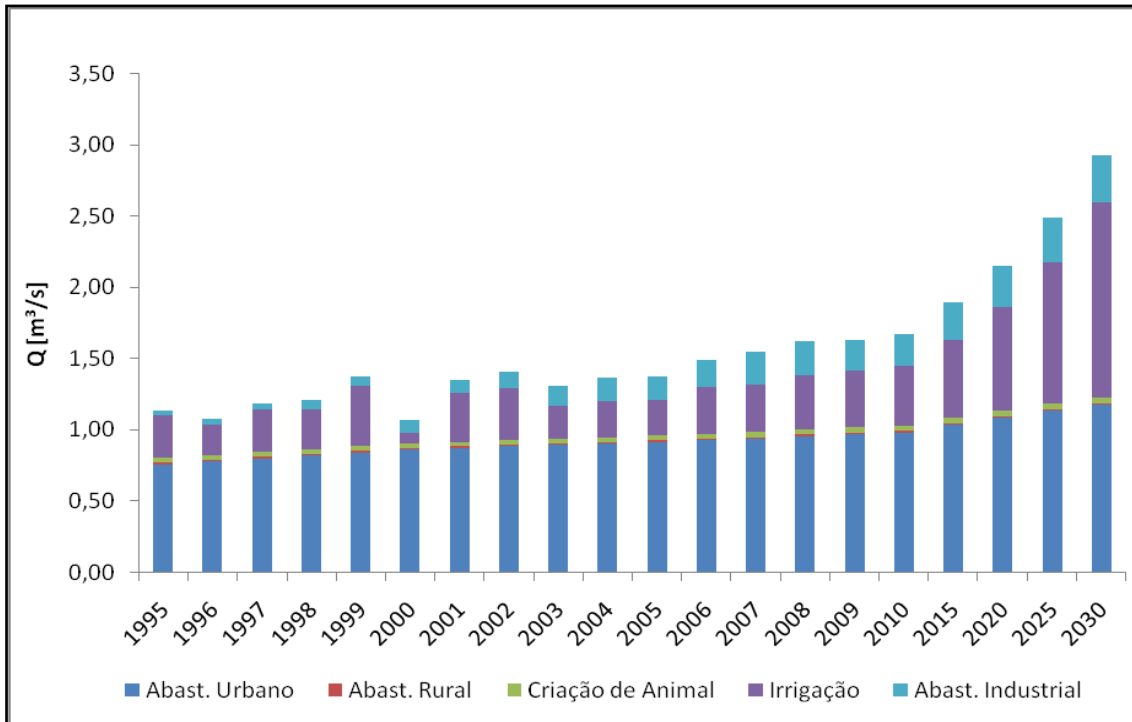


Figura 2.47: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 1

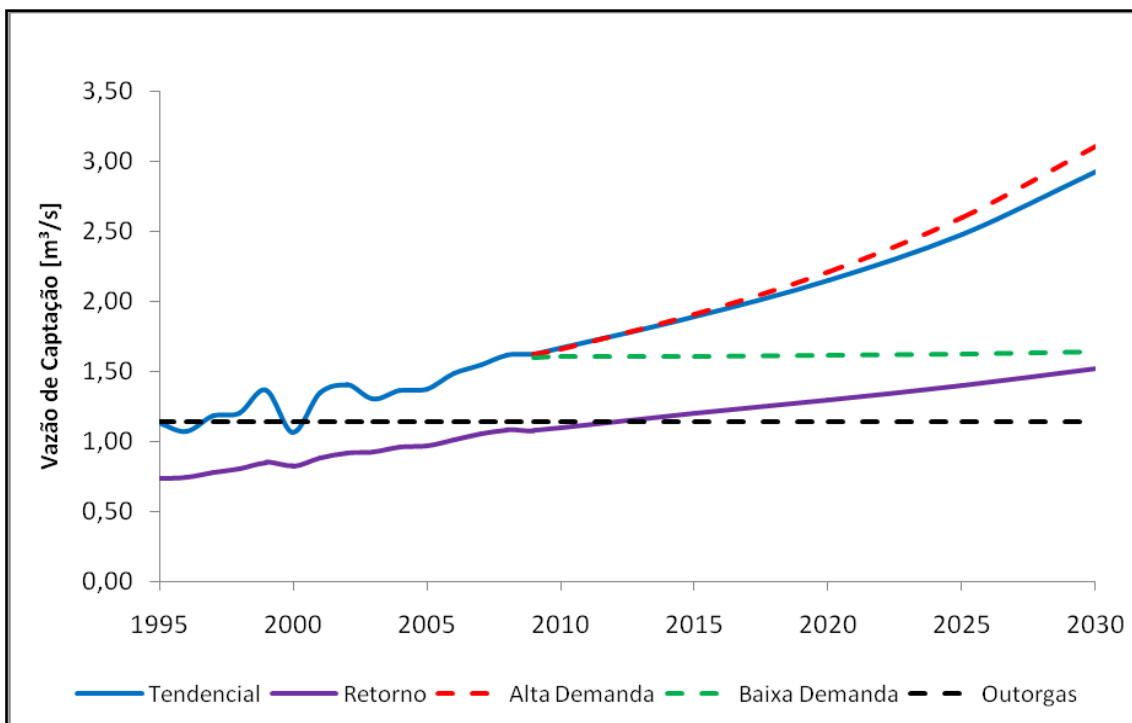


Figura 2.48: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 1

Tabela 2.28: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 1

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	1,13	1,13	1,13
1996	1,07	1,07	1,07
1997	1,18	1,18	1,18
1998	1,20	1,20	1,20
1999	1,37	1,37	1,37
2000	1,06	1,06	1,06
2001	1,35	1,35	1,35
2002	1,40	1,40	1,40
2003	1,30	1,30	1,30
2004	1,36	1,36	1,36
2005	1,37	1,37	1,37
2006	1,49	1,49	1,49
2007	1,55	1,55	1,55
2008	1,62	1,62	1,62
2009	1,62	1,62	1,60
2010	1,66	1,67	1,61
2015	1,91	1,89	1,61
2020	2,21	2,15	1,62
2025	2,60	2,48	1,62
2030	3,11	2,92	1,64

2.3.18. Reservatório 2

A irrigação é o setor responsável, em média, por 90% da demanda hídrica da sub-bacia, que contribui, em média, com 4,1% na demanda verificada na unidade de gestão (Figura 2.49). Os municípios que fazem parte da sub-bacia são Alfenas, Campos Gerais, Fama, Paraguaçu, Machado, e Três Pontas. Mesmo contando com a sede municipal de Fama, a demanda hídrica estimada para o abastecimento urbano é ínfimo.

Os valores de captação nos três cenários projetados passam a superar o limite de outorgas entre 2020 e 2025 (Figura 2.50). De acordo com a Tabela 2.29, a partir de uma demanda de 0,51 m³/s os incrementos anuais para o período de estudo, respectivamente para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda, foram de 17,45%, 16,75% e -0,65%.

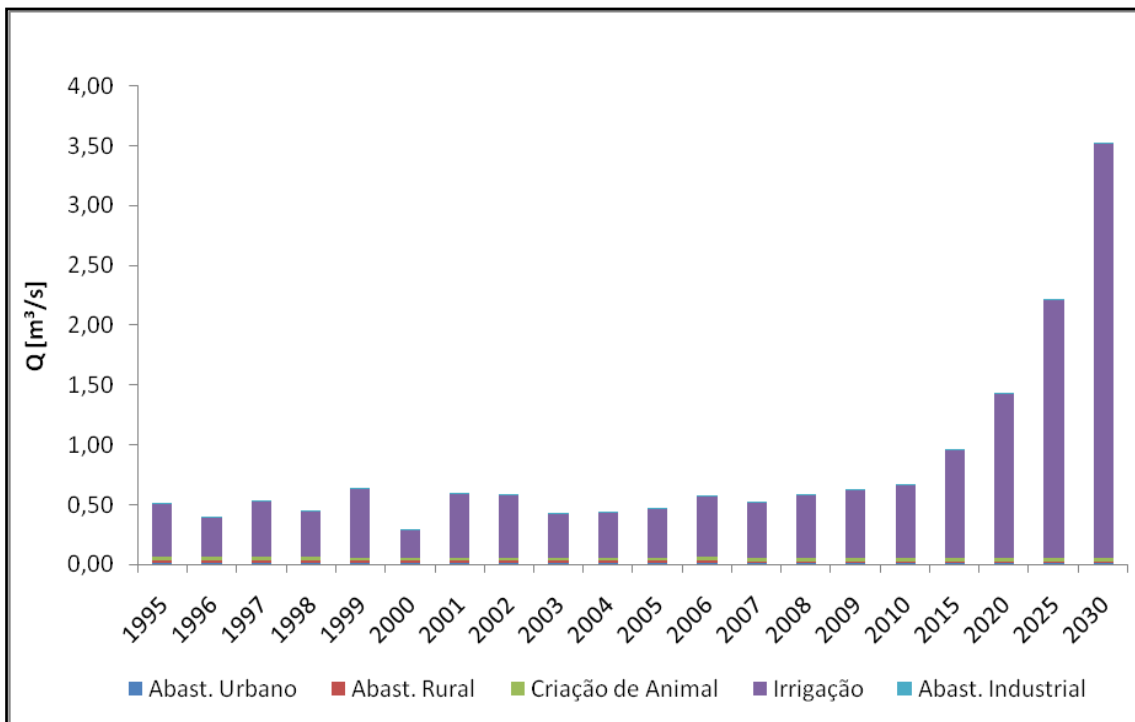


Figura 2.49: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 2

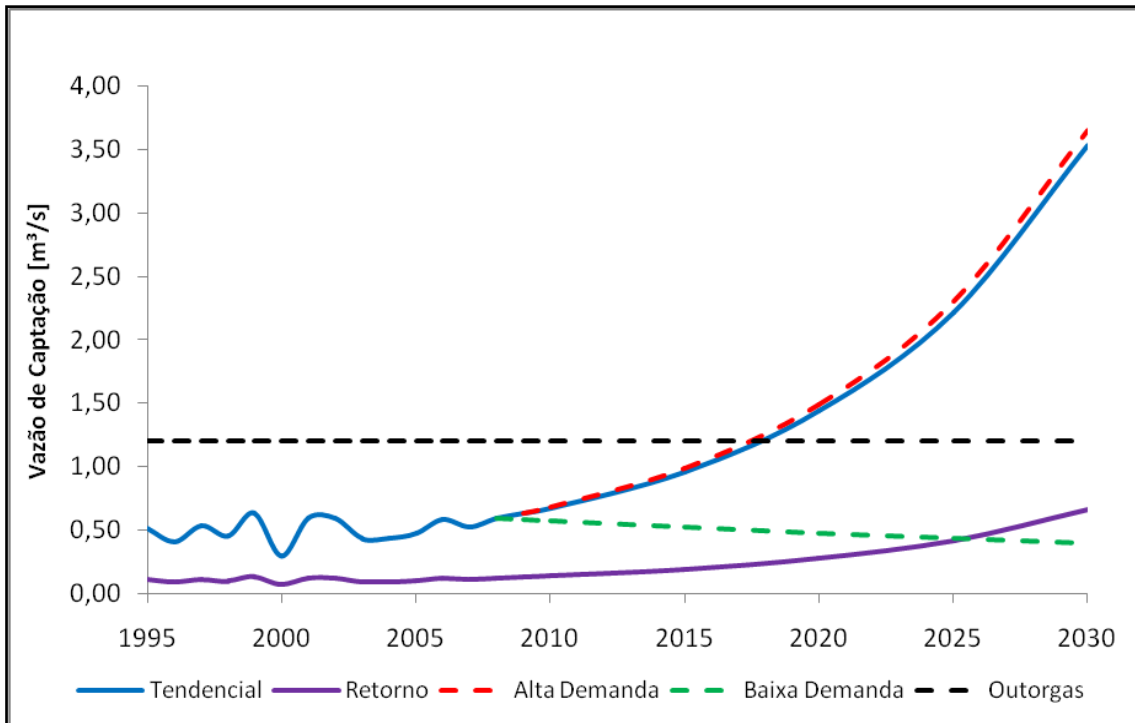


Figura 2.50: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 2

Tabela 2.29: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 2

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,51	0,51	0,51
1996	0,40	0,40	0,40
1997	0,53	0,53	0,53
1998	0,45	0,45	0,45
1999	0,63	0,63	0,63
2000	0,29	0,29	0,29
2001	0,60	0,60	0,60
2002	0,59	0,59	0,59
2003	0,43	0,43	0,43
2004	0,44	0,44	0,44
2005	0,47	0,47	0,47
2006	0,58	0,58	0,58
2007	0,52	0,52	0,52
2008	0,59	0,59	0,59
2009	0,63	0,63	0,58
2010	0,68	0,67	0,57
2015	0,99	0,96	0,52
2020	1,49	1,43	0,47
2025	2,30	2,22	0,43
2030	3,65	3,53	0,40

2.3.19. Reservatório 3

Os municípios que fazem parte da sub-bacia e também possuem suas sedes municipais inseridas na mesma são Boa Esperança, Cana Verde Capitólio, Cristais, Guapé, Perdões e Pimenta. Por conta disso, a demanda hídrica da sub-bacia RES 3 corresponde, em média, a 15,8% na demanda verificada na unidade de gestão.

O abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por 88% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.51). Embora a sub-bacia abranja as sedes de todos os municípios que a compõe, – sendo estes de economicamente agrícolas – o abastecimento industrial registrou valores inexpressivos. Os valores de captação nos três cenários projetados não superam o limite de outorgas em nenhum instante (Figura 2.52), por conta também da elevada área de drenagem da sub-bacia. De acordo com a Tabela 2.30, a partir de uma demanda de 1,86 m³/s os incrementos anuais vão de 0,11% a 3,40%.

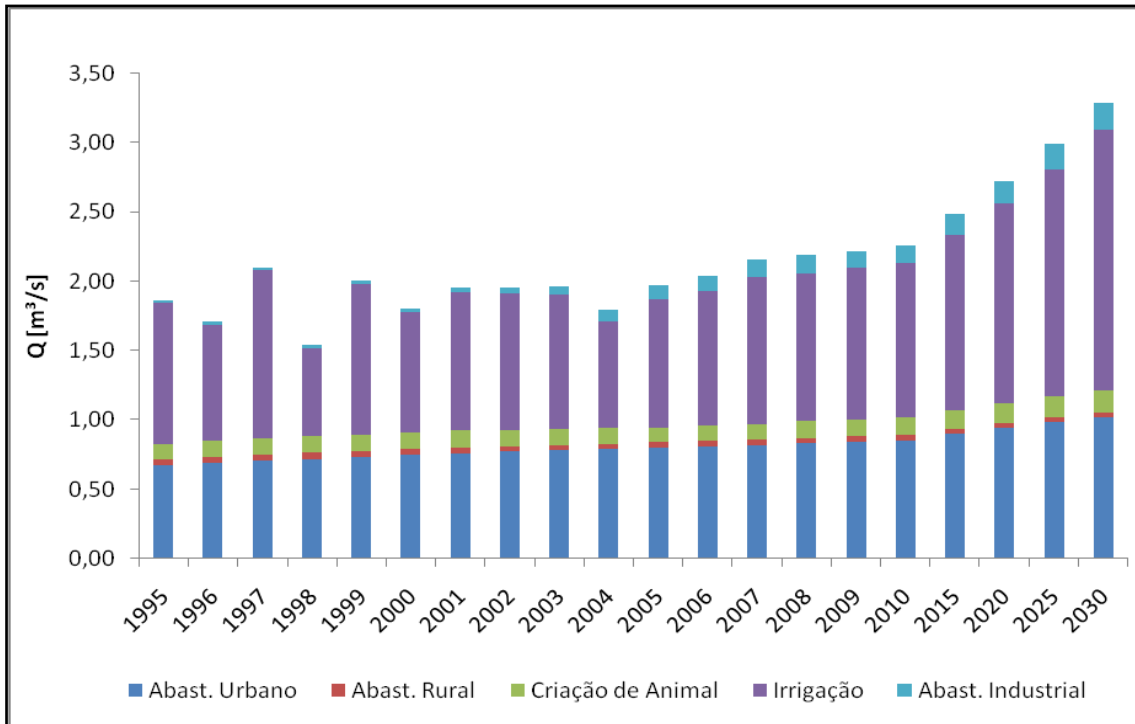


Figura 2.51: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 3

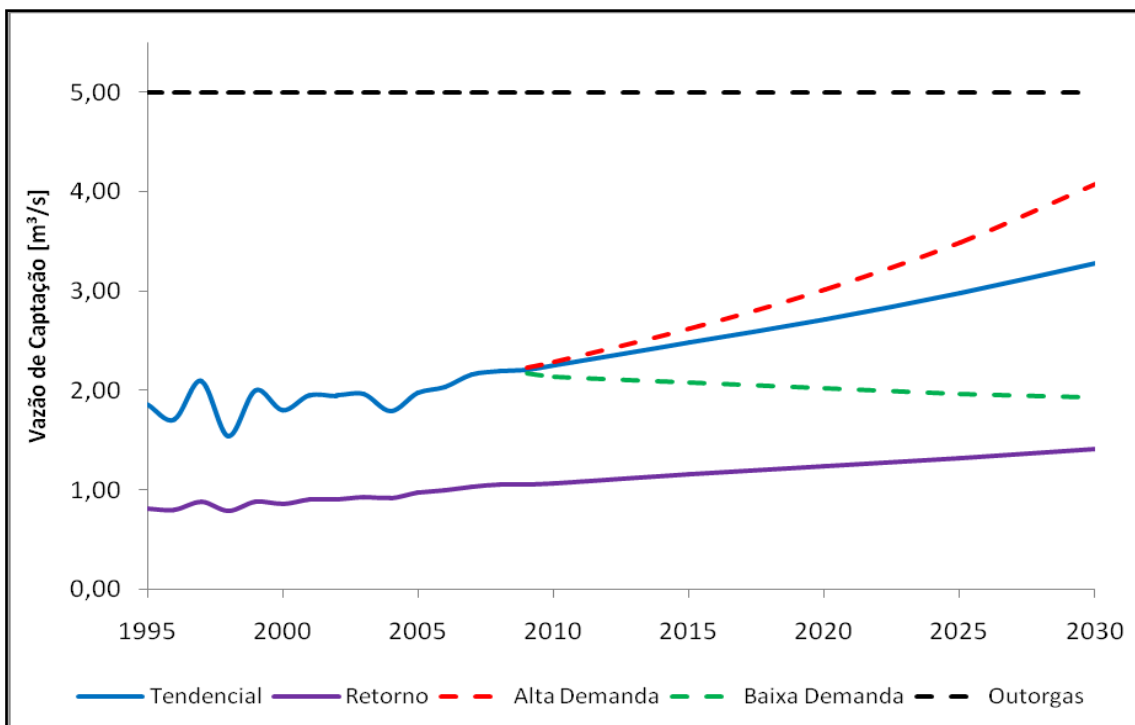


Figura 2.52: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 3

Tabela 2.30: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 3

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	1,86	1,86	1,86
1996	1,71	1,71	1,71
1997	2,10	2,10	2,10
1998	1,54	1,54	1,54
1999	2,00	2,00	2,00
2000	1,80	1,80	1,80
2001	1,95	1,95	1,95
2002	1,95	1,95	1,95
2003	1,96	1,96	1,96
2004	1,79	1,79	1,79
2005	1,97	1,97	1,97
2006	2,04	2,04	2,04
2007	2,16	2,16	2,16
2008	2,19	2,19	2,19
2009	2,23	2,21	2,17
2010	2,29	2,26	2,14
2015	2,62	2,48	2,08
2020	3,02	2,72	2,02
2025	3,49	2,98	1,97
2030	4,07	3,28	1,93

2.3.20. Reservatório 4

Pela Figura 2.53, o abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por 93% da demanda hídrica da sub-bacia. Os municípios que fazem parte da sub-bacia e que também possuem suas sedes municipais inseridas na mesma são: Carmo do Rio Claro, Conceição da Aparecida, Campos Gerais e Campo do Meio. Da mesma forma, por conta disso, a demanda hídrica da sub-bacia corresponde, em média, a 12,0% na demanda verificada na unidade de gestão.

Os valores de captação nos três cenários projetados passam a superar o limite de outorgas a partir do ano de 2020 para os cenários tendencial e alta demanda (Figura 2.54). De acordo com a Tabela 2.31, a partir de uma demanda de 1,41 m³/s, os incrementos anuais para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda, foram de 10,54%, 9,98% e 0,05%, respectivamente.

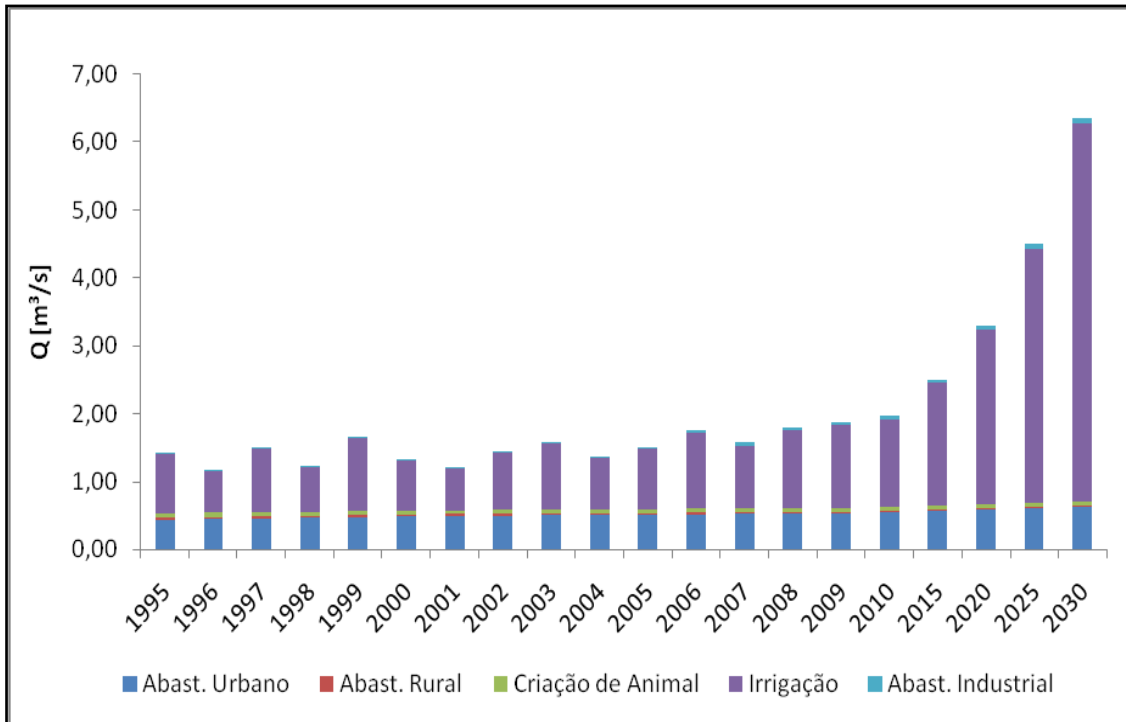


Figura 2.53: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 4

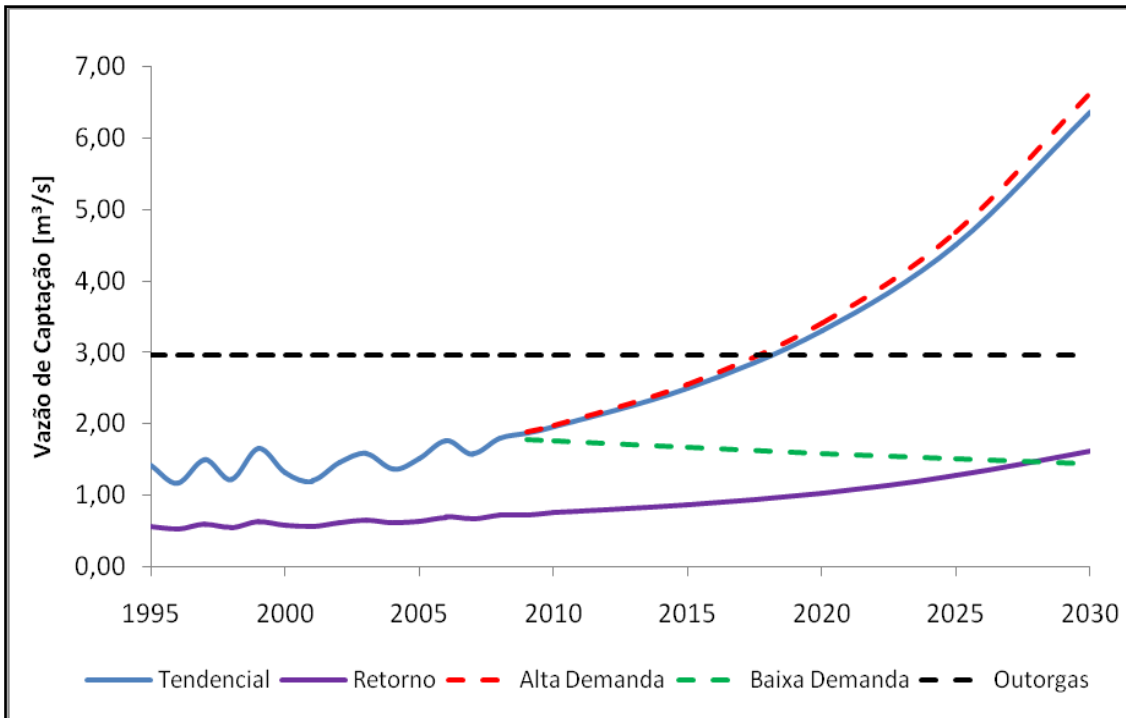


Figura 2.54: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 4

Tabela 2.31: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 4

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	1,86	1,86	1,86
1996	1,71	1,71	1,71
1997	2,10	2,10	2,10
1998	1,54	1,54	1,54
1999	2,00	2,00	2,00
2000	1,80	1,80	1,80
2001	1,95	1,95	1,95
2002	1,95	1,95	1,95
2003	1,96	1,96	1,96
2004	1,79	1,79	1,79
2005	1,97	1,97	1,97
2006	2,04	2,04	2,04
2007	2,16	2,16	2,16
2008	2,19	2,19	2,19
2009	2,23	2,21	2,17
2010	2,29	2,26	2,14
2015	2,62	2,48	2,08
2020	3,02	2,72	2,02
2025	3,49	2,98	1,97
2030	4,07	3,28	1,93

2.3.21. Reservatório 5

Os municípios que fazem parte da sub-bacia são Capitólio, Guapé e São José da Barra, sendo que nenhum desses possui suas sedes municipais inseridas na mesma, isso justifica a baixa contribuição de 0,4% na demanda verificada na unidade de gestão. A irrigação é o setor responsável, em média, por 80% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.55). Nos anos de 1998 e 2006, a irrigação apresentou queda em seu valor de demanda, o que pode ser explicado pela diminuição da área plantada da cultura de café no primeiro instante, e além do café, das culturas de feijão 3^a safra e milho 2^a safra no segundo instante, e pelo aumento da precipitação efetiva do mês de agosto.

Os valores de captação nos três cenários projetados não superam o limite de outorgas em nenhum momento (Figura 2.56). De acordo com a Tabela 2.32, a partir de uma demanda de 0,04 m³/s, os incrementos anuais são de até 1,67%.

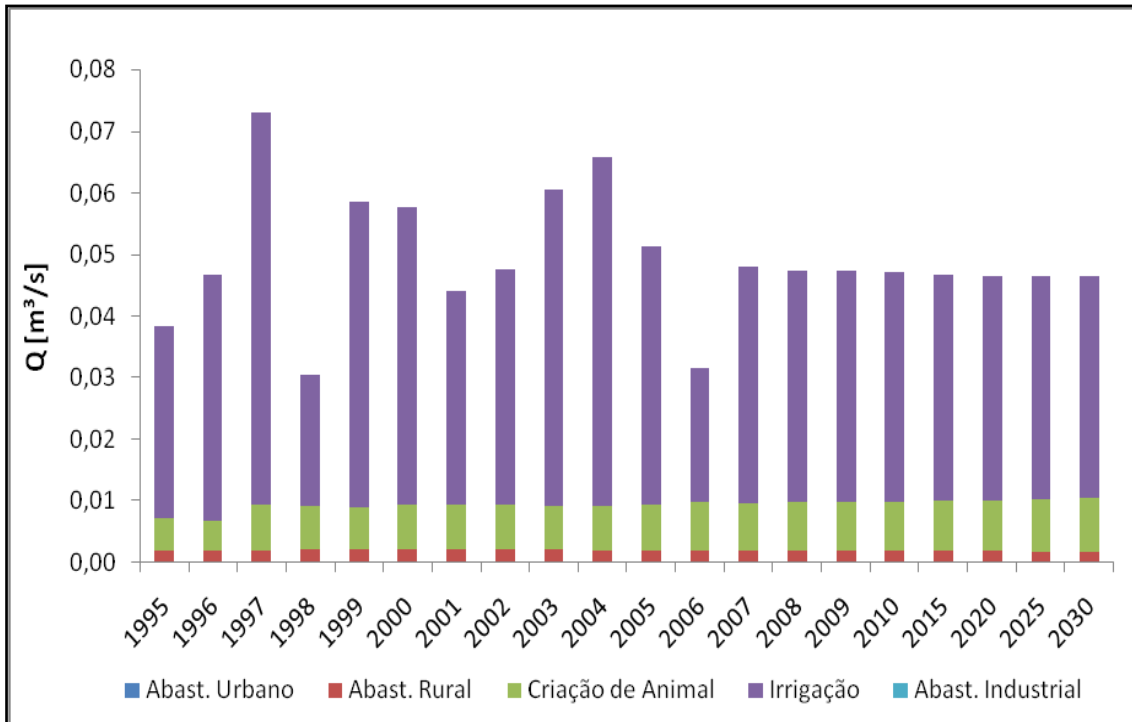


Figura 2.55: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Reservatório 5

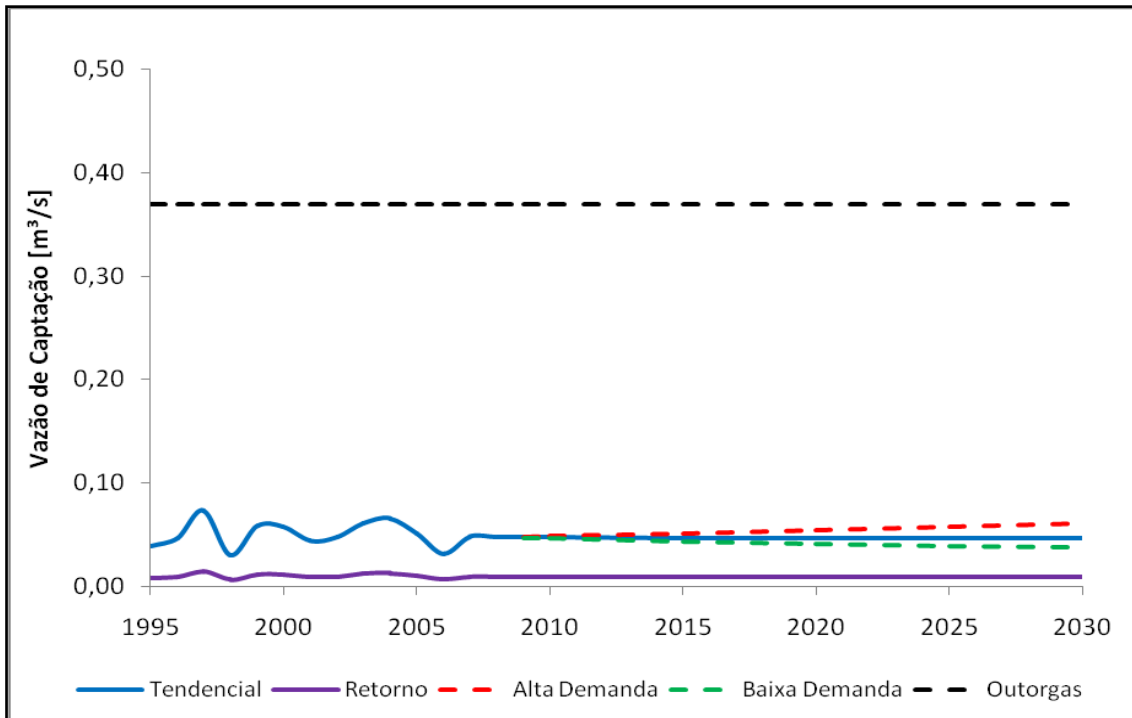


Figura 2.56: Captação de água projetada para a sub-bacia do Reservatório 5

Tabela 2.32: Vazão de demanda para a sub-bacia do Reservatório 5

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,04	0,04	0,04
1996	0,05	0,05	0,05
1997	0,07	0,07	0,07
1998	0,03	0,03	0,03
1999	0,06	0,06	0,06
2000	0,06	0,06	0,06
2001	0,04	0,04	0,04
2002	0,05	0,05	0,05
2003	0,06	0,06	0,06
2004	0,07	0,07	0,07
2005	0,05	0,05	0,05
2006	0,03	0,03	0,03
2007	0,05	0,05	0,05
2008	0,05	0,05	0,05
2009	0,05	0,05	0,05
2010	0,05	0,05	0,05
2015	0,05	0,05	0,04
2020	0,05	0,05	0,04
2025	0,06	0,05	0,04
2030	0,06	0,05	0,04

2.3.22. Rio Pouso Alegre

A demanda hídrica da sub-bacia Rio Pouso Alegre corresponde, em média, a 0,3% na demanda verificada na unidade de gestão. Os municípios Formiga e Itapeverica fazem parte da sub-bacia, porém nenhum desses possui suas sedes municipais inseridas na mesma. Assim sendo, a irrigação e a criação de animais são os setores responsáveis, em média, por 93% da demanda hídrica da sub-bacia (Figura 2.57). Nos anos de 1998 e 2001, a irrigação apresentou queda em seu valor de demanda, o que pode ser explicado pela diminuição da área plantada da cultura de café e feijão 3ª safra no primeiro instante, e além do café, das culturas de batata 3ª safra e milho 2ª safra no segundo instante, e pelo aumento da precipitação efetiva dos meses de maio, julho e agosto.

Os valores de captação nos três cenários projetados não superam o limite de outorgas em nenhum momento (Figura 2.58). De acordo com a Tabela 3.33, a partir de uma demanda de 0,04 m³/s os incrementos anuais para o período de estudo vão de 0,08% a 2,68%.

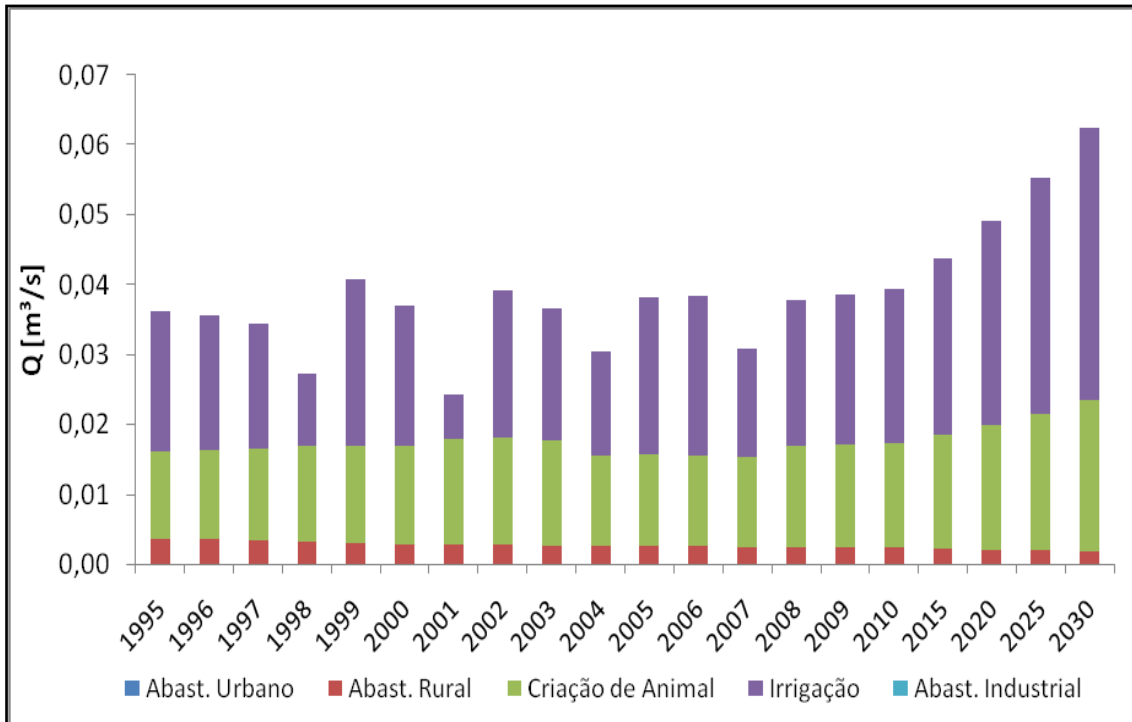


Figura 2.57: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Pouso Alegre

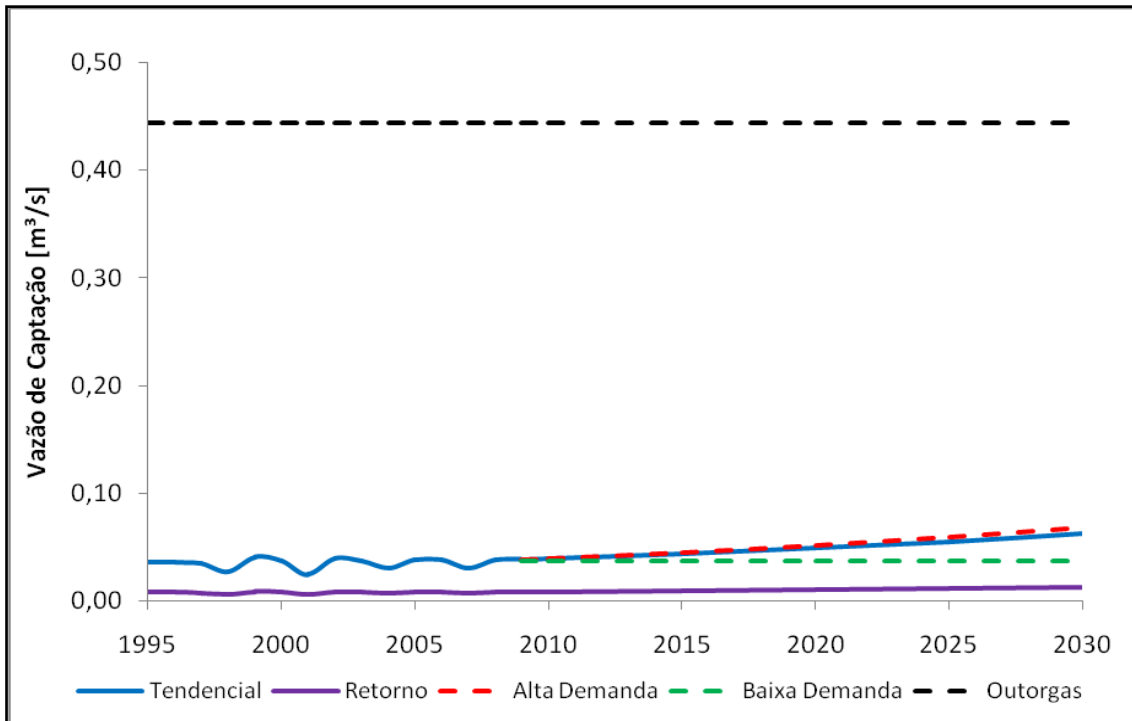


Figura 2.58: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Pouso Alegre

Tabela 2.33: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Pouso Alegre

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,04	0,04	0,04
1996	0,04	0,04	0,04
1997	0,03	0,03	0,03
1998	0,03	0,03	0,03
1999	0,04	0,04	0,04
2000	0,04	0,04	0,04
2001	0,02	0,02	0,02
2002	0,04	0,04	0,04
2003	0,04	0,04	0,04
2004	0,03	0,03	0,03
2005	0,04	0,04	0,04
2006	0,04	0,04	0,04
2007	0,03	0,03	0,03
2008	0,04	0,04	0,04
2009	0,04	0,04	0,04
2010	0,04	0,04	0,04
2015	0,04	0,04	0,04
2020	0,05	0,05	0,04
2025	0,06	0,06	0,04
2030	0,07	0,06	0,04

2.3.23. Rio São Tomé

O abastecimento urbano e a irrigação são os setores responsáveis, em média, por 91% da demanda hídrica da sub-bacia, onde o setor industrial é praticamente inexpressivo (Figura 2.59). Os municípios Alfenas, Machado e Serrania fazem parte da sub-bacia, porém apenas Serrania possui sede municipal inserida nos limites da área. Os valores de captação nos três cenários projetados passam a superar o limite de outorgas entre 2010 e 2015 nos cenários tendencial e alta demanda (Figura 2.60). A demanda hídrica da sub-bacia Rio São Tomé corresponde, em média, a 1,5% na demanda verificada na unidade de gestão. De acordo com a Tabela 2.34, a partir de uma captação de 0,15 m³/s os incrementos anuais para o período de estudo foram de 0,46% a 12,30%, respectivamente para os cenários de alta demanda, tendencial e baixa demanda.

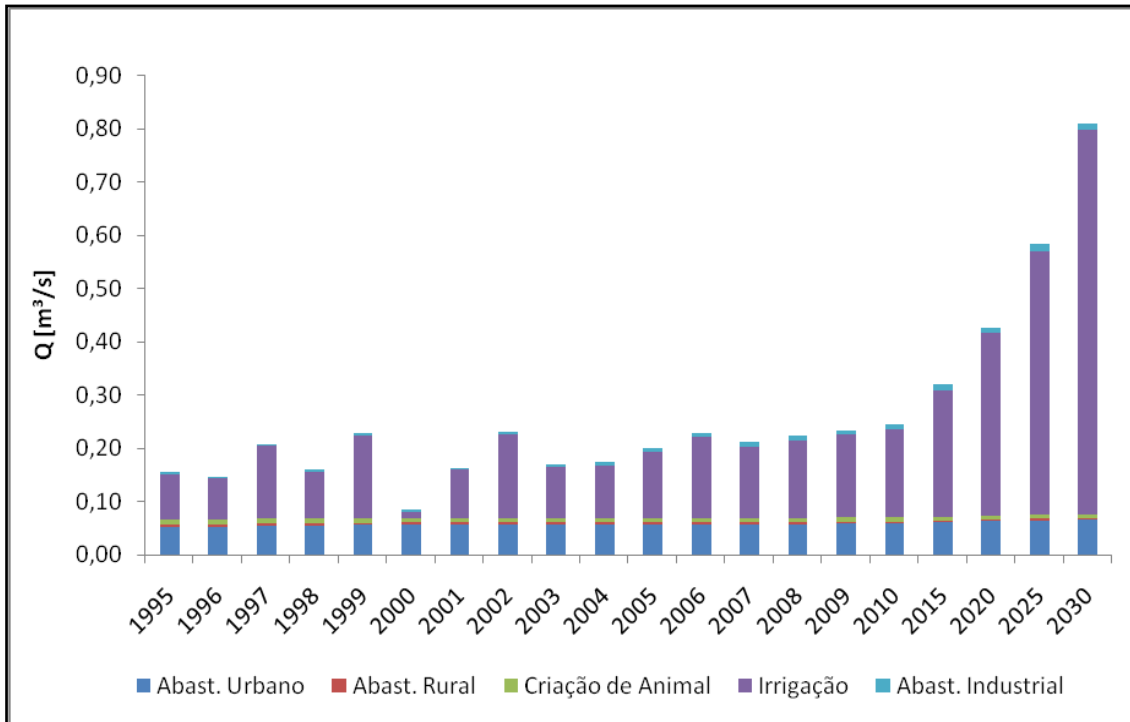


Figura 2.59: Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio São Tomé

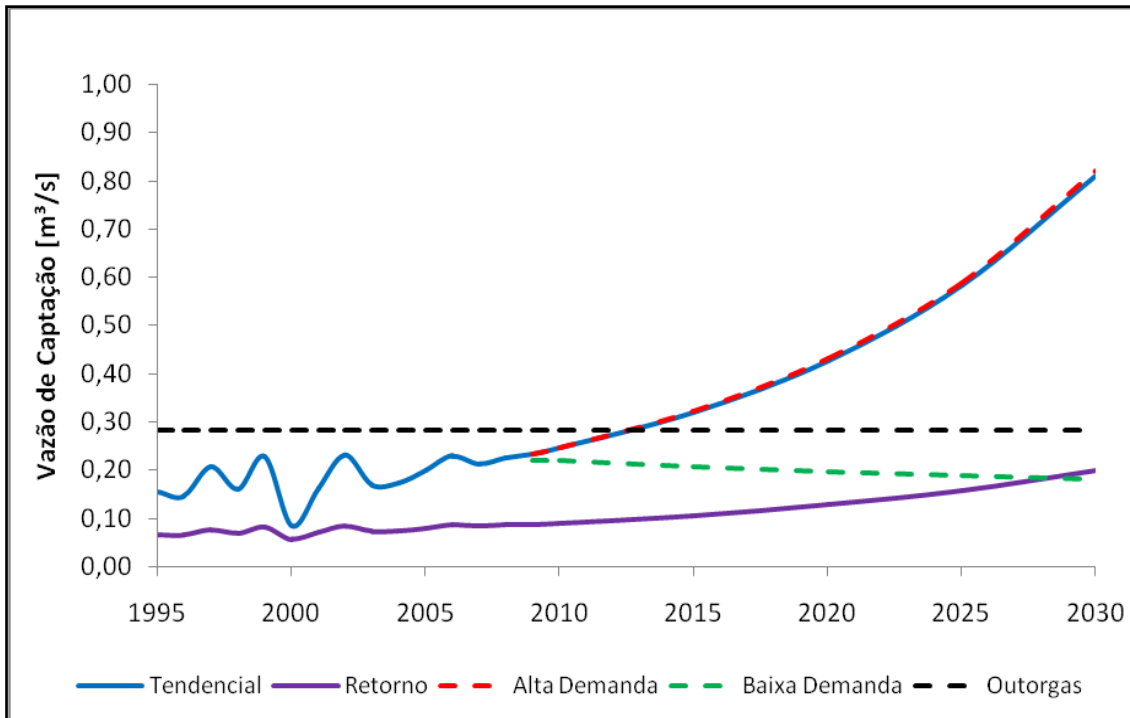


Figura 2.60: Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio São Tomé

Tabela 2.34: Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio São Tomé

Ano	Alta Demanda [m ³ /s]	Tendencial [m ³ /s]	Baixa Demanda [m ³ /s]
1995	0,15	0,15	0,15
1996	0,15	0,15	0,15
1997	0,21	0,21	0,21
1998	0,16	0,16	0,16
1999	0,23	0,23	0,23
2000	0,08	0,08	0,08
2001	0,16	0,16	0,16
2002	0,23	0,23	0,23
2003	0,17	0,17	0,17
2004	0,17	0,17	0,17
2005	0,20	0,20	0,20
2006	0,23	0,23	0,23
2007	0,21	0,21	0,21
2008	0,22	0,22	0,22
2009	0,23	0,23	0,22
2010	0,25	0,25	0,22
2015	0,32	0,32	0,21
2020	0,43	0,43	0,20
2025	0,59	0,58	0,19
2030	0,82	0,81	0,18

3. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIOS

A partir dos resultados da quantificação da demanda hídrica, apresentados no segundo capítulo deste prognóstico, foram estimadas para cada sub-bacia as cargas poluidoras potenciais por tipo de uso e cenários analisados para o período de 2010 a 2030.

Dessa forma, para as vazões de retorno oriundas do abastecimento humano, multiplicaram-se as vazões captadas da área urbana e da área rural pelos coeficientes de retorno (0,85 e 0,5, respectivamente), somando-se os produtos.

Para a estimativa das cargas poluidoras lançadas oriundas do abastecimento humano verificou-se que o aumento tendencial da população na Unidade de Gestão GD3 já provoca o aumento da vazão captada em níveis iguais ou maiores que os provocados pelo aumento do PIB, sendo assim considerou-se desnecessária a criação de um cenário de alta demanda.

Foi também estimada a vazão de retorno da irrigação nos três cenários utilizando-se o coeficiente 0,181. A cenarização foi baseada na área plantada e na precipitação de cada sub-bacia.

Assim como na quantificação da demanda hídrica, considerou-se que a dessedentação de animais não possui variação entre os cenários, logo foi estimada somente para o cenário tendencial.

A carga poluidora potencial presente nos esgotos sanitários gerados foi avaliada a partir das demandas calculadas. Foram adotadas as concentrações típicas nos esgotos sanitários das variáveis demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, sólidos totais e

coliformes termotolerantes, respectivamente, 300 mg/L, 7 mg/L, 1100 mg/L e $3,16 \times 10^{11}$ org/100 mL (Von Sperling, 2005).

Com relação à dessedentação de animais, supôs-se que toda a demanda de água referiu-se à pecuária leiteira, produzindo uma vazão equivalente de efluentes líquidos. No cálculo da carga potencial foi aplicada a concentração média de demanda bioquímica de oxigênio das águas residuárias de sala de ordenha de criatórios confinados de vacas leiteiras, igual a 1.335 mg/L (Von Sperling, 2005).

Para irrigação considerou-se a contribuição unitária típica de fósforo total por drenagem pluvial de áreas agrícolas, igual a 50 kg/km².ano (von Sperling, 2007). Vale ressaltar que esse valor pode apresentar ampla variabilidade, dependendo da capacidade de retenção do solo, tipo de irrigação e fertilização da cultura e condições climáticas.

Quanto ao ramo industrial não foi possível obter diretamente a carga gerada ou mesmo efetuar a sua estimativa. Portanto, optou-se por não apresentar as cargas potenciais desse ramo produtivo.

Da Figura 3.1 à Figura 3.4 apresentam as estimativas da carga potencial dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3 durante o período de 2010 a 2030, caracterizando os aportes de demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, sólidos totais e coliformes termotolerantes, respectivamente.

No cenário tendencial observa-se que há aumento linear, chegando a um aumento de 13% nas cargas potenciais estimadas entre 2010 e 2030 para as variáveis avaliadas. Para o cenário de baixa demanda há um modesto crescimento, que não ultrapassa 1%.

As cargas diárias estimadas foram substanciais para todas as variáveis, apontando para a necessidade de remoção de matérias orgânica e microbiológica, nutrientes e sólidos dos esgotos sanitários de forma a melhorar e manter a qualidade das águas da bacia. Algumas alternativas são apresentadas neste prognóstico.

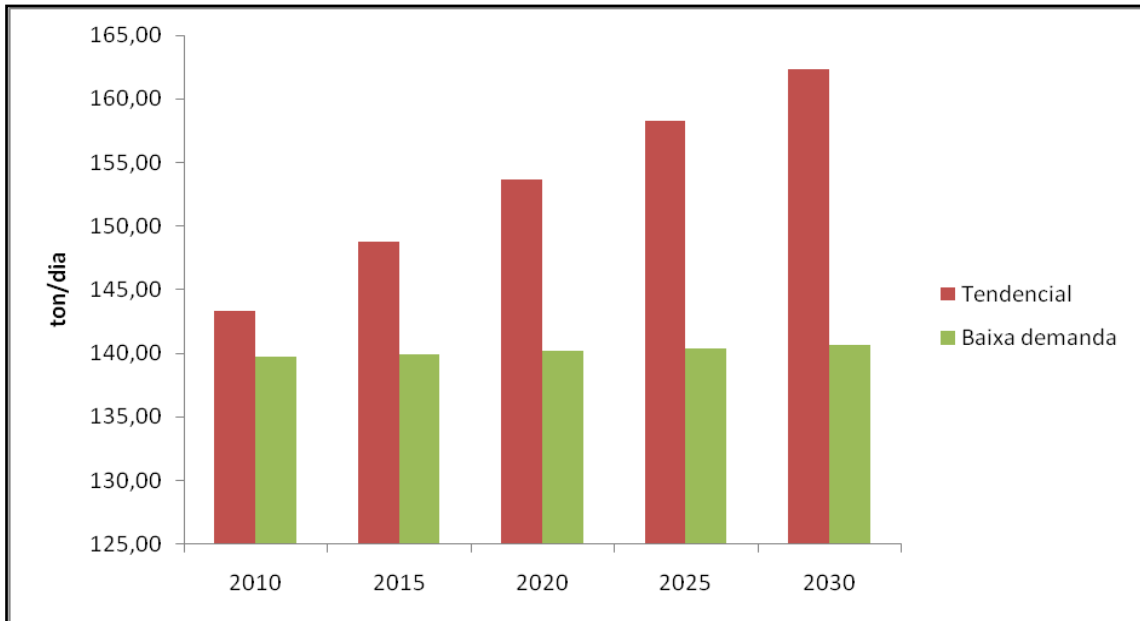


Figura 3.1: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3.

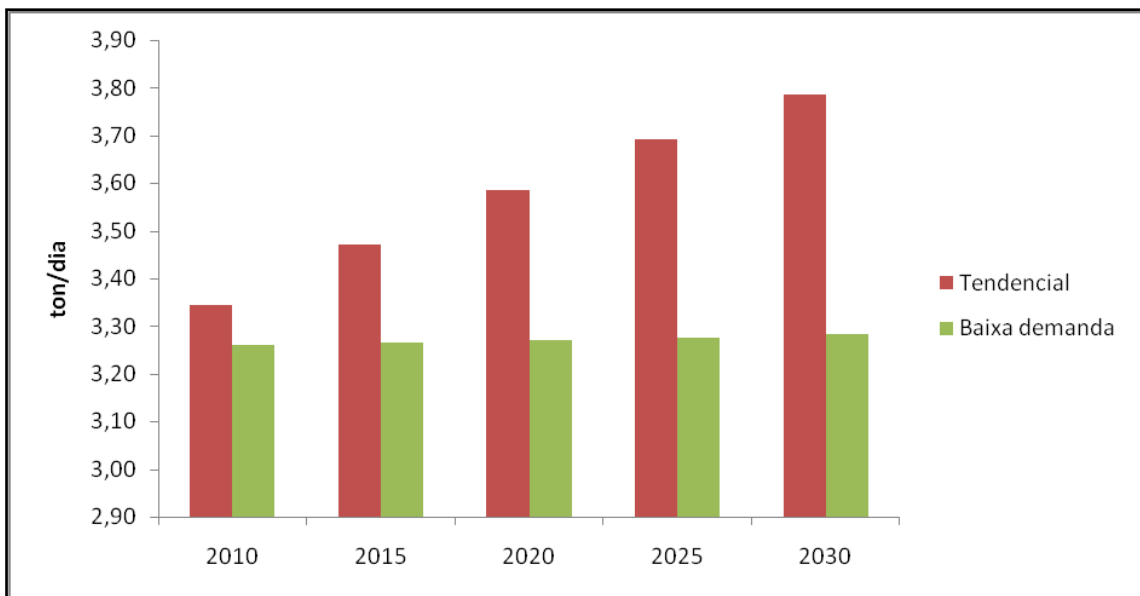


Figura 3.2: Estimativa carga potencial de fósforo total dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3

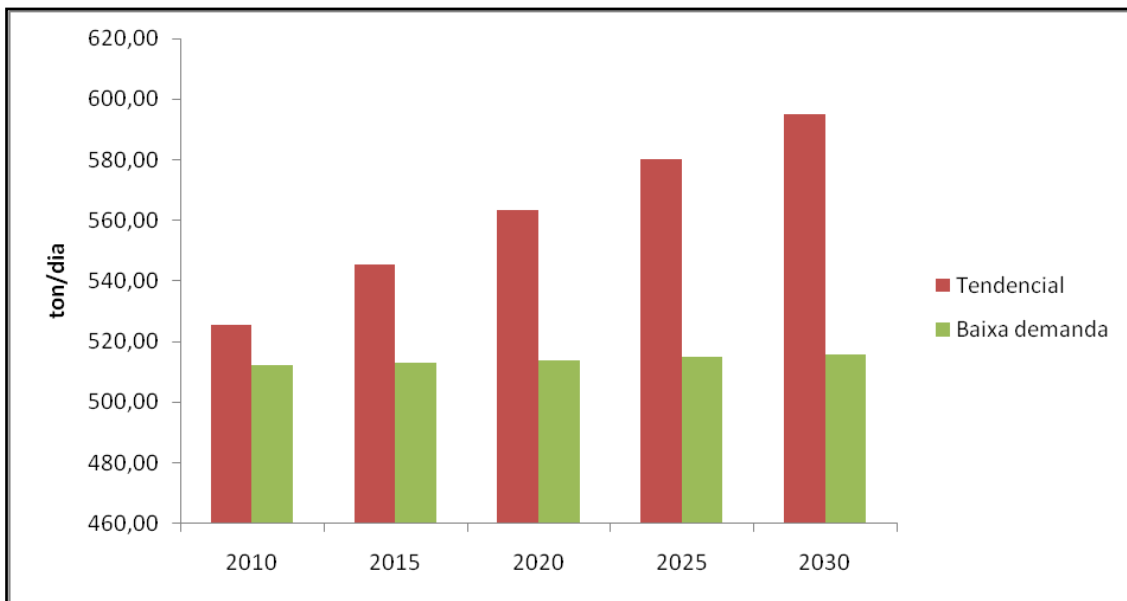


Figura 3.3: Estimativa carga potencial de sólidos totais dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3

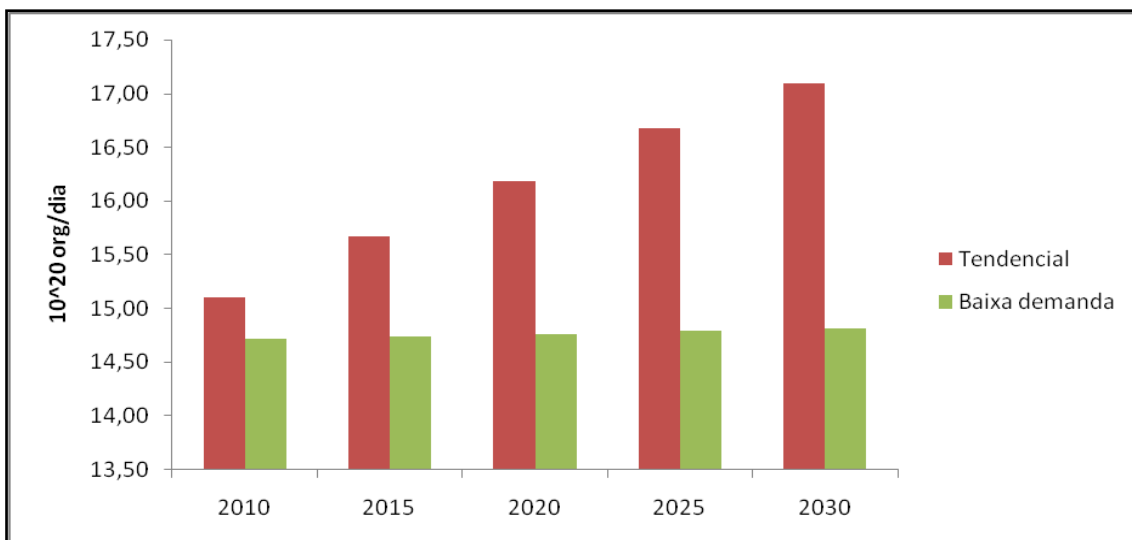


Figura 3.4: Estimativa carga potencial de coliformes termotolerantes dos esgotos sanitários por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3

A abordagem das cargas por sub-bacia é apresentada na Figuras 3.5 até a Figura 3.12. Em todos os cenários, a sub-bacia do Reservatório 1 destacou-se em relação à carga potencial estimada das variáveis consideradas nos esgotos sanitários, devido à grande concentração populacional na cidade de Alfenas, a qual é a mais populosa da Unidade de Gestão GD3. A sub-bacia do Reservatório 3 também se diferenciam das restantes, pois abastece cidades como Formiga, Boa Esperança e Campo Belo.

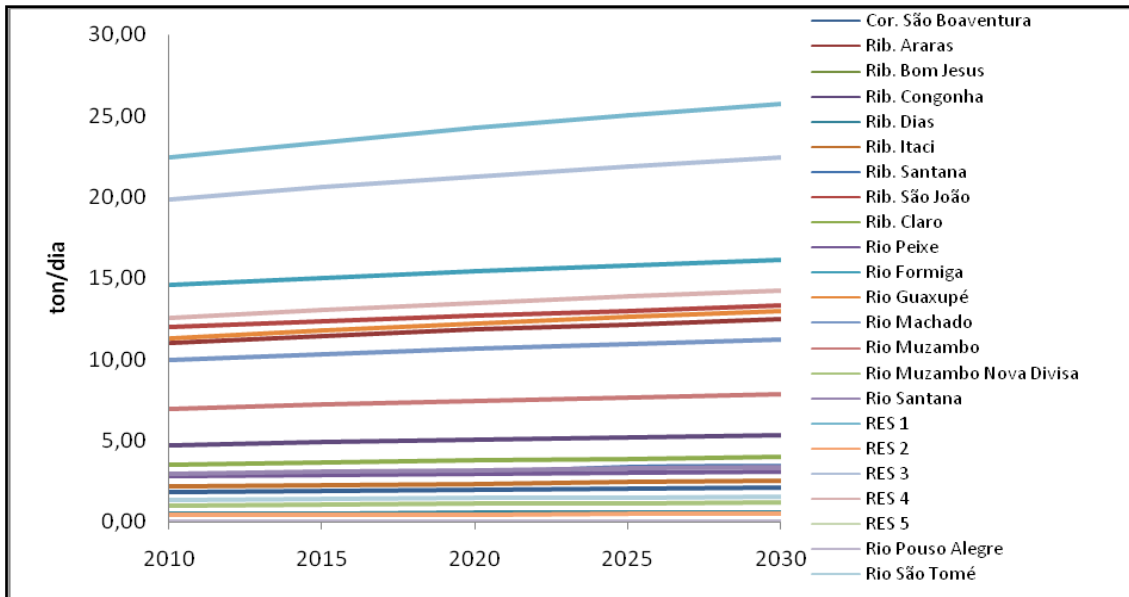


Figura 3.5: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário Tendencial

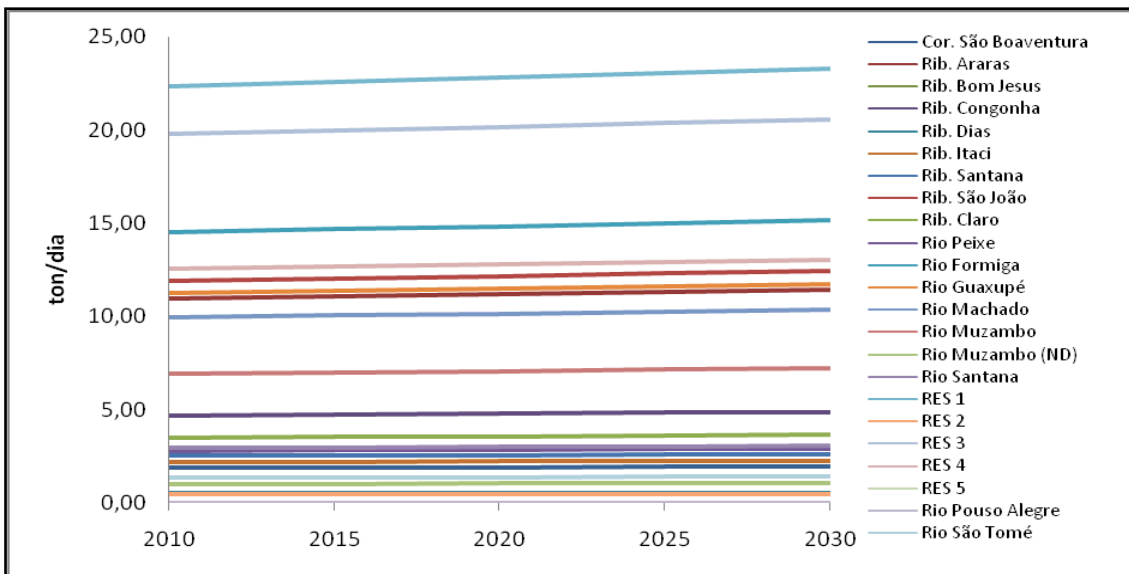


Figura 3.6: Estimativa da carga potencial de DBO nos esgotos sanitários por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

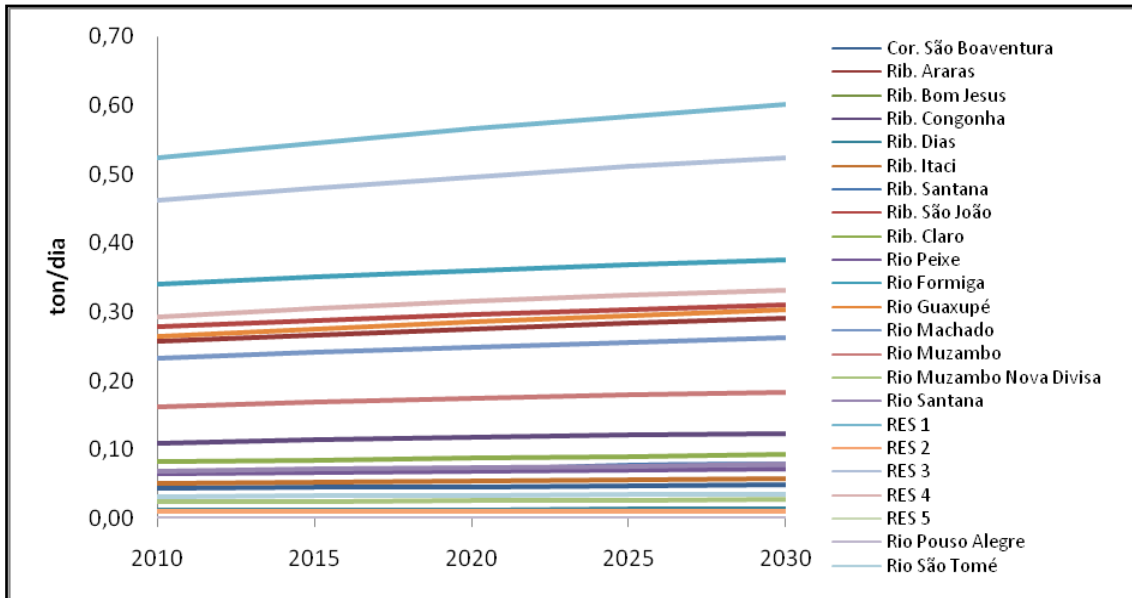


Figura 3.7: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário Tendencial

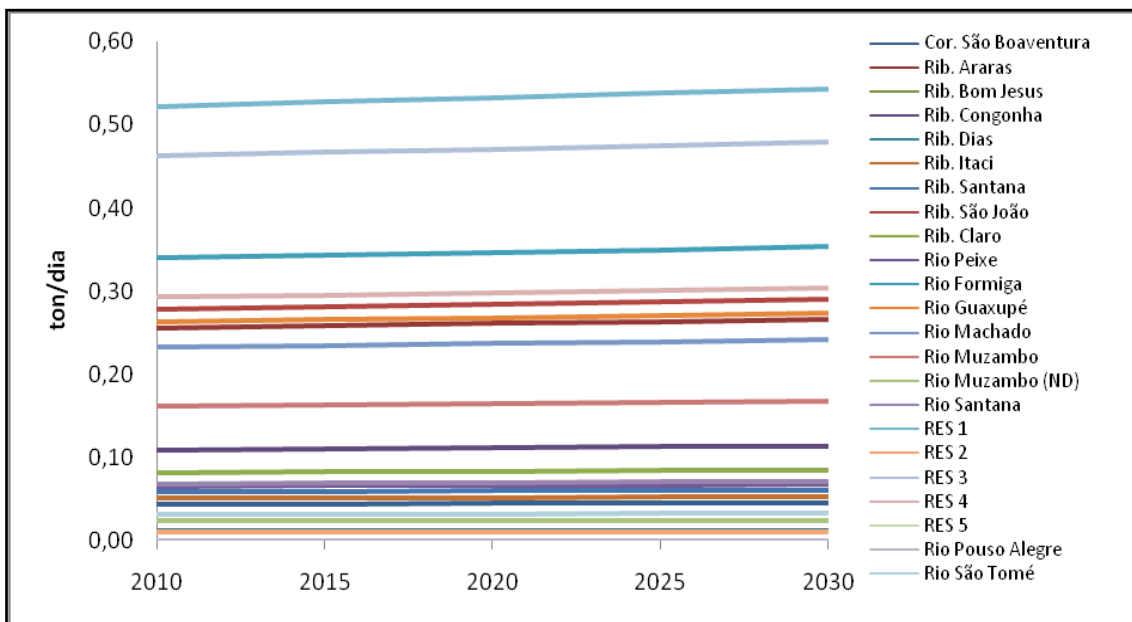


Figura 3.8: Estimativa da carga potencial de fósforo total por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

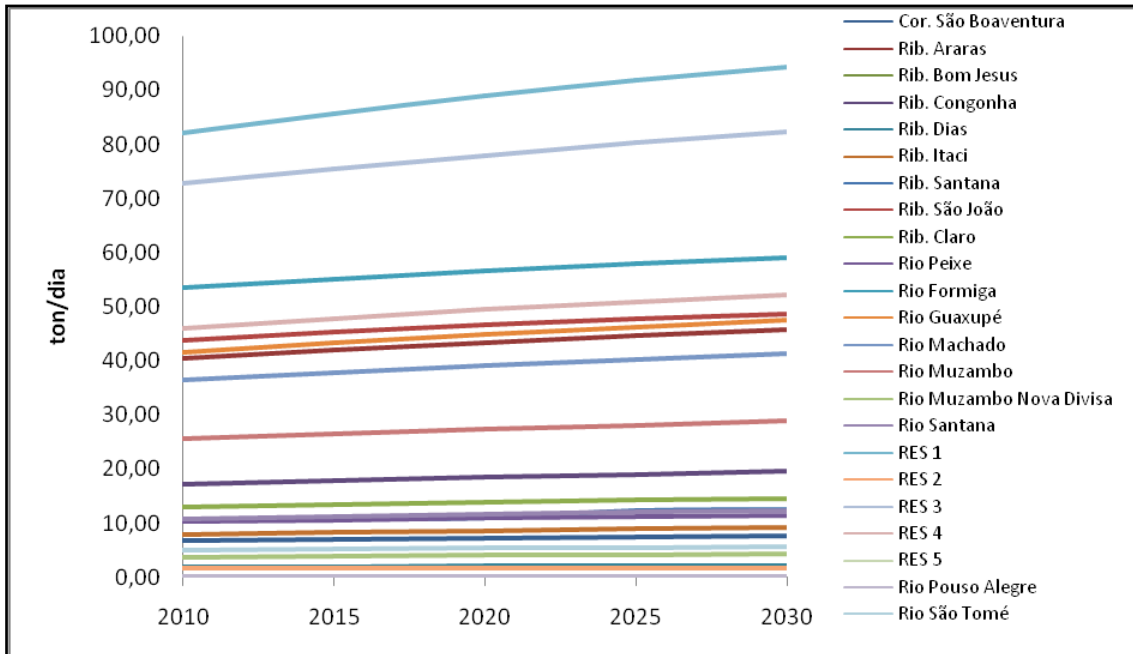


Figura 3.9: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário Tendencial

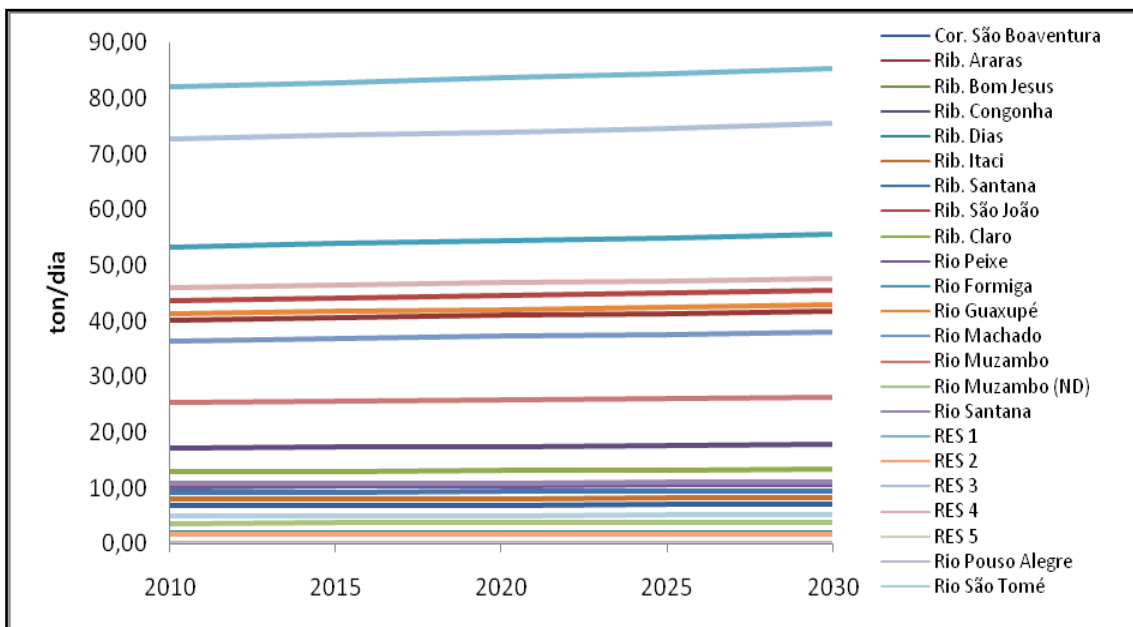


Figura 3.10: Estimativa da carga potencial de sólidos totais por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

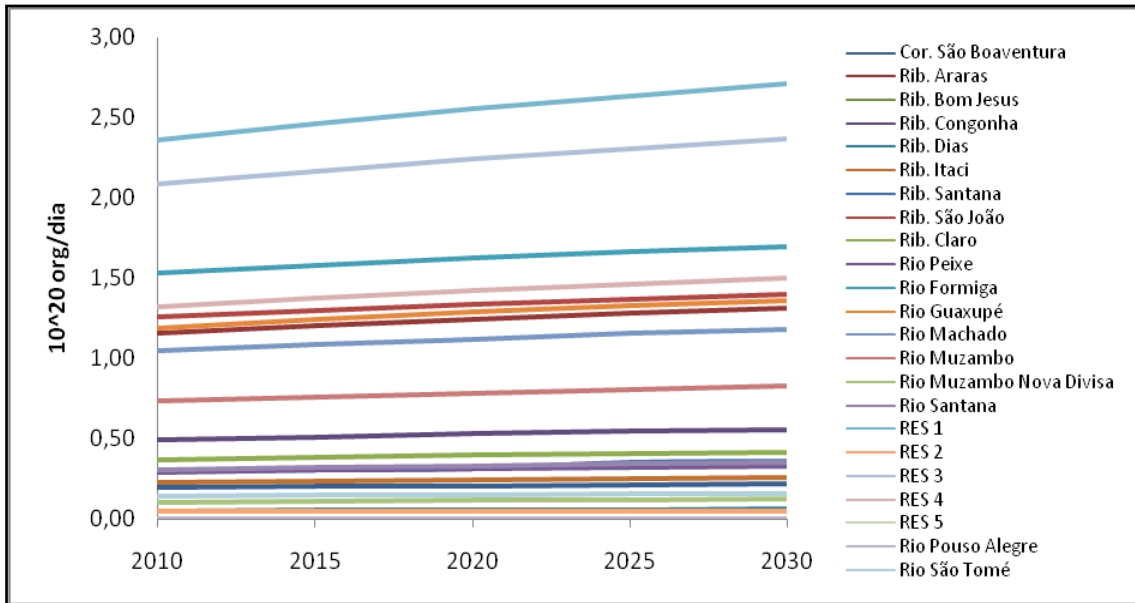


Figura 3.11: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia – Cenário Tendencial

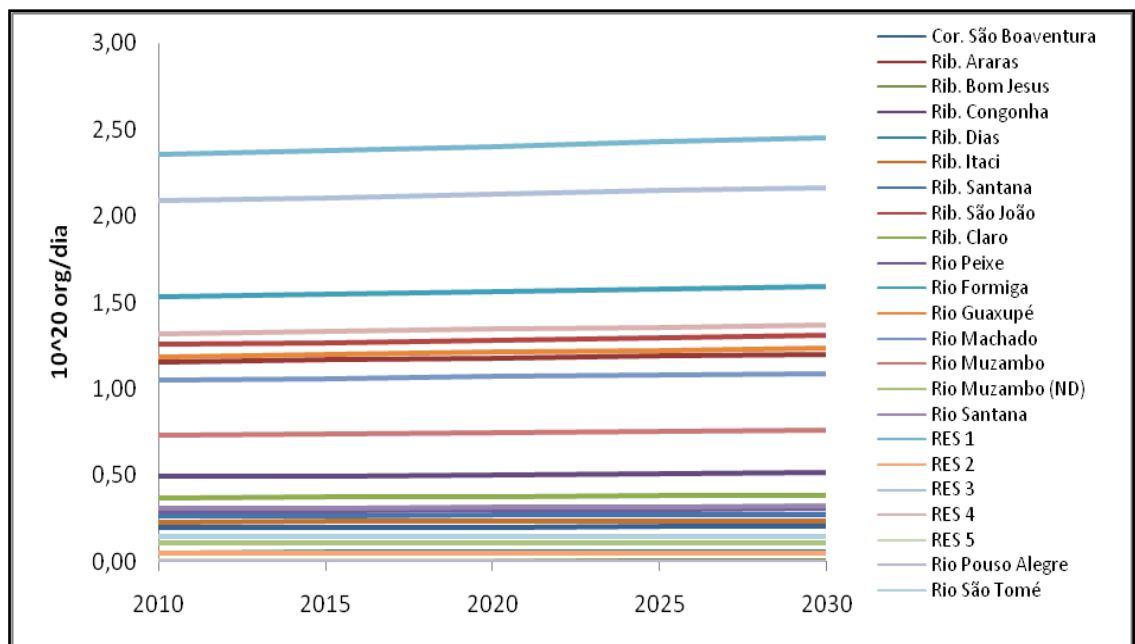


Figura 3.12: Estimativa da carga potencial de coliformes termotolerantes por sub-bacia - Cenário de Baixa Demanda

No setor pecuário (Figura 3.13 e Figura 3.14), verifica-se crescimento exponencial de cerca de 17% para a carga de DBO lançada na GD3, destacando-se a sub-bacia do Reservatório 3, uma vez que seus municípios apresentaram dados de rebanho mais relevantes no censo agropecuário, como é o caso da cidade de Boa Esperança que apresenta o maior número de cabeças, seguida de Campo Belo.

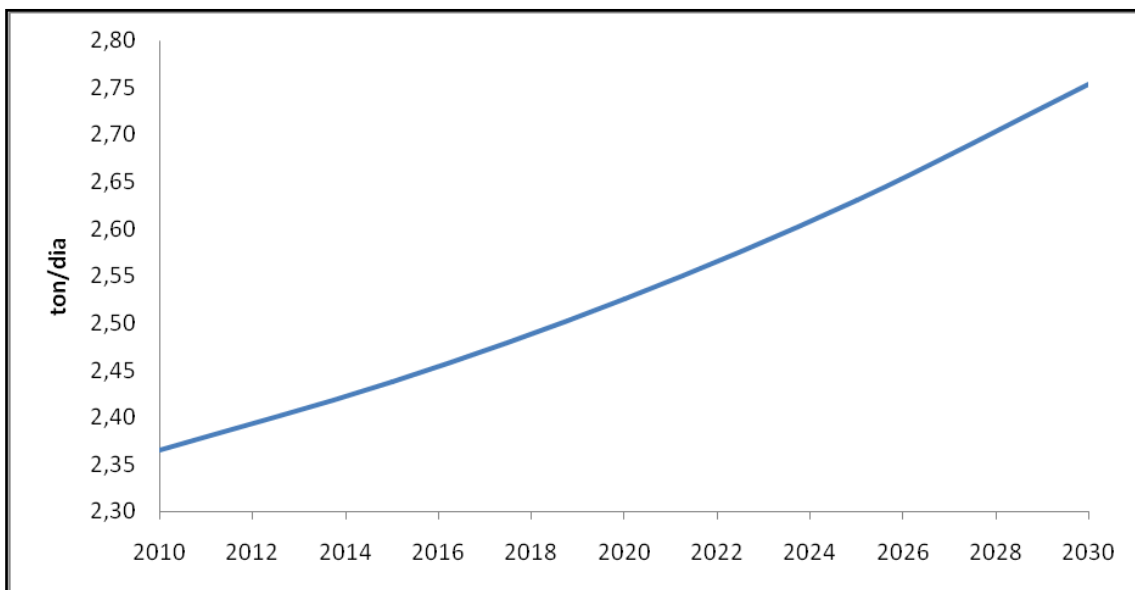


Figura 3.13: Estimativa carga potencial de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) proveniente da pecuária na bacia da Unidade de Gestão GD3

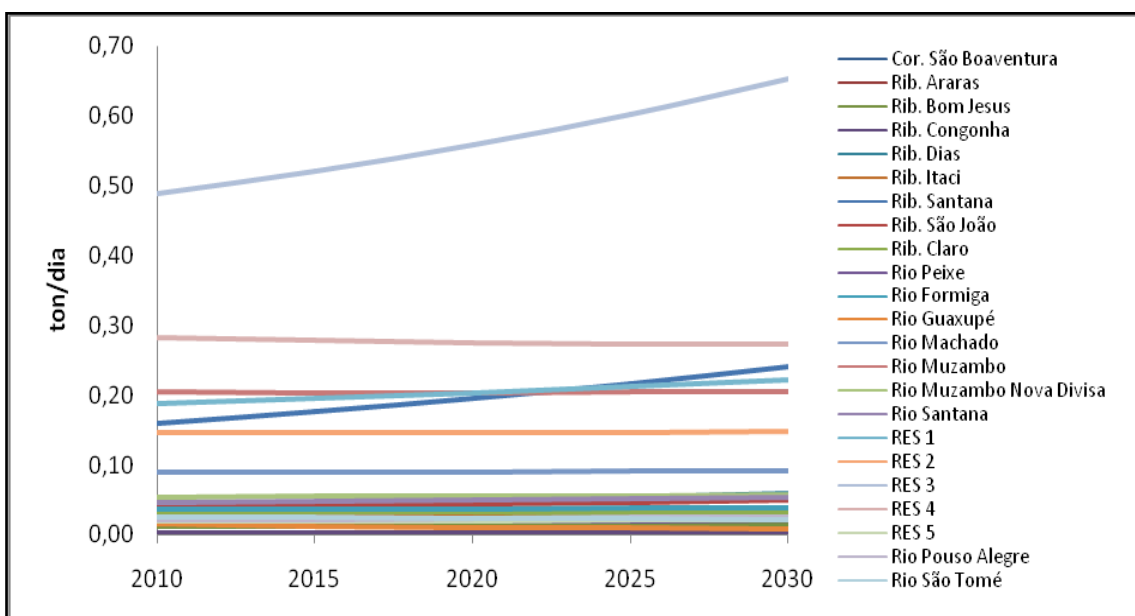


Figura 3.14: Estimativa da carga potencial de DBO proveniente da pecuária por sub-bacia

Na agricultura (da Figura 3.15 à Figura 3.18), os cenários de irrigação apresentam curvas características para cada sub-bacia, pois foram estimadas a partir das taxas de variação de demanda hídrica verificadas nos últimos anos nos municípios integrantes. Sendo assim, sub-bacias que tiveram maiores variações de consumo para irrigação entre os anos de 1995 e 2008, vão apresentar curvas mais acentuadas, como por exemplo a sub-bacia do Rio do Peixe. Salienta-se também que na sub-bacia do Rio do Peixe há extensa área plantada de café nas cidades de Botelho e Cabo Verde e de batata de segunda safra nas cidades de Campestre.

Para o cenário de baixa demanda, estima-se que haja queda na vazão de captação com o passar dos anos, justificada pelo aumento da precipitação na região e pela diminuição da área plantada de culturas irrigáveis. Além disso, espera-se que técnicas de uso racional de irrigação e fertilizantes, apresentadas neste prognóstico, sejam implantadas na bacia.

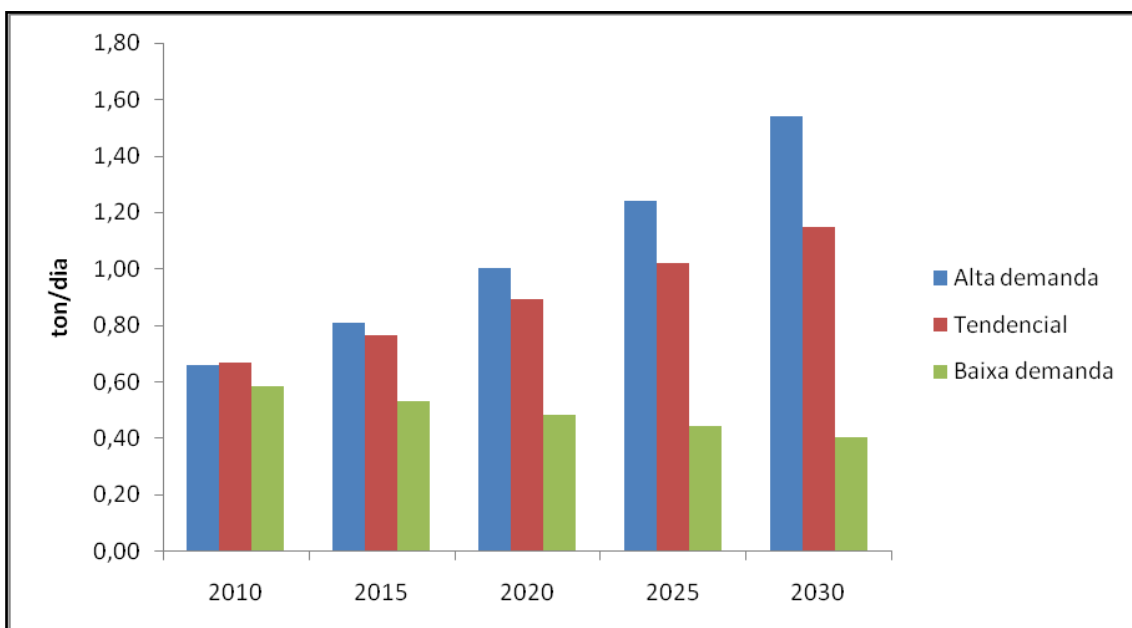


Figura 3.15: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por cenário na bacia da Unidade de Gestão GD3

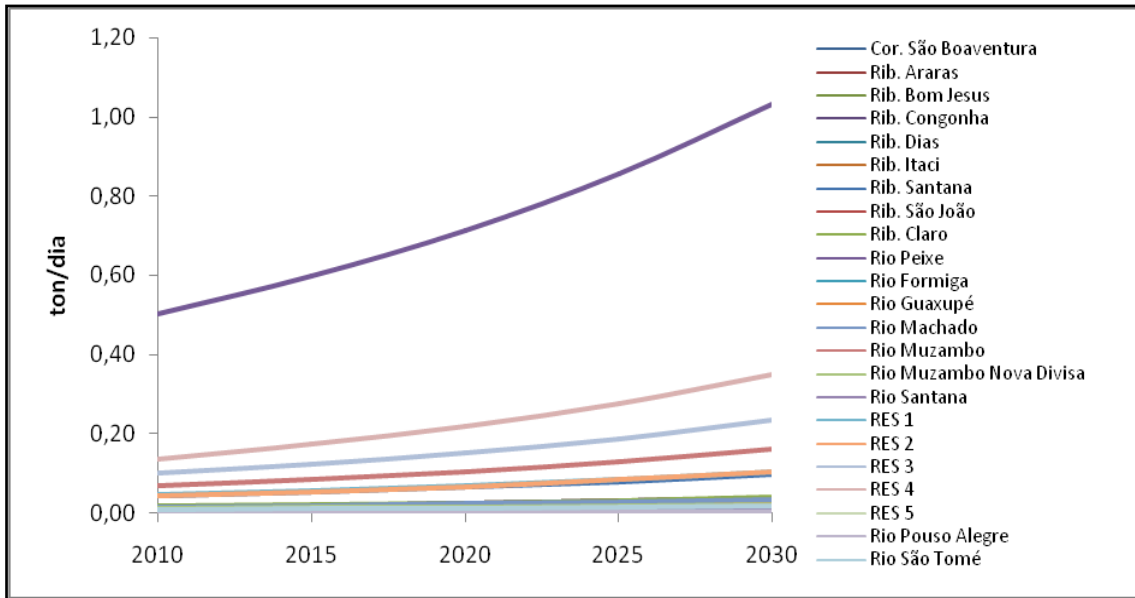


Figura 3.16: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Alta Demanda

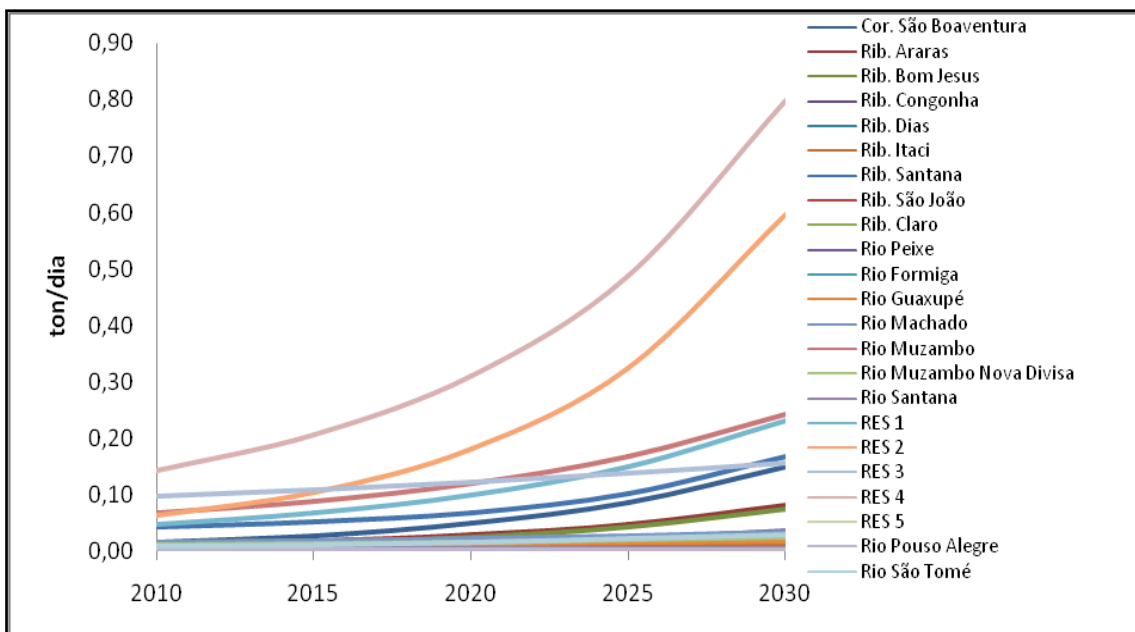


Figura 3.17: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário Tendencial

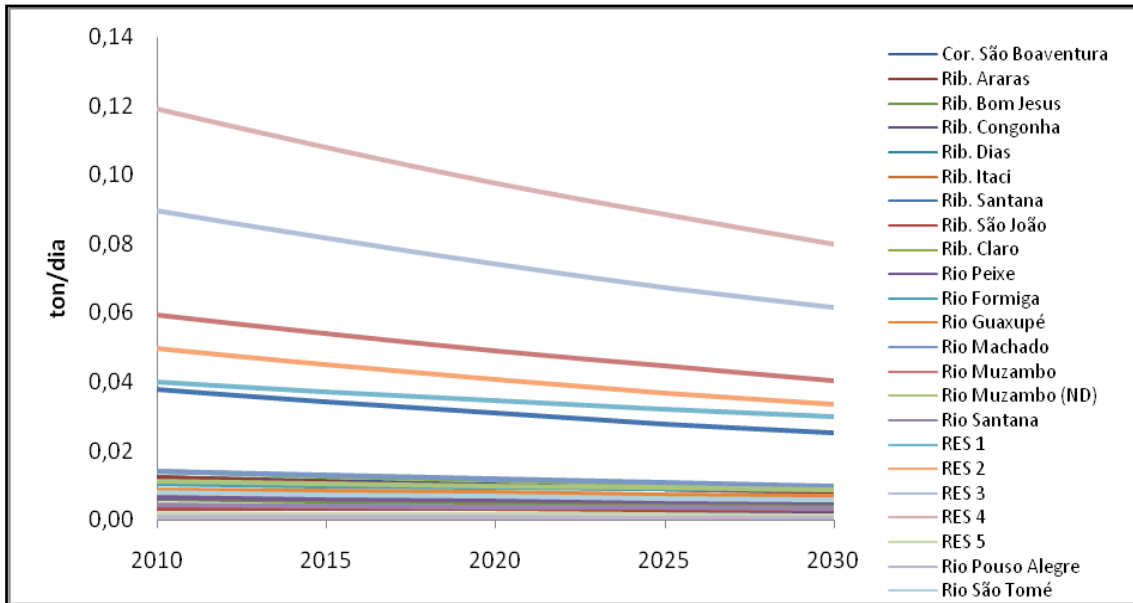


Figura 3.18: Estimativa da carga potencial de fósforo total proveniente da agricultura por sub-bacia – Cenário de Baixa Demanda

4. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS

Conforme apresentado nos itens anteriores, os cenários futuros para a bacia indicam que podem ocorrer conflitos em algumas bacias, pois o percentual de vazão outorgável deve atingir o limite legalmente permitido em Minas Gerais. Portanto, será preciso compatibilizar as demandas e ofertas de água nessas bacias.

Aumentar as disponibilidades hídricas é buscar maneiras de aumentar a oferta de água, de forma que sua disponibilidade seja mais distribuída na bacia, tornando a oferta de água mais regular. Basicamente, este objetivo pode ser atingido através da construção de reservatórios, captação de água subterrânea e revitalização do solo da bacia.

A revitalização ou renaturalização, através de práticas conservacionistas, propicia o controle da erosão e a conservação do solo e da água. Promove a recarga do lençol freático, favorecendo a manutenção de nascentes e a disponibilização de mananciais com água de boa qualidade. De forma geral, os produtores devem ser incentivados a adotar técnicas mais adequadas de manejo, o que pode ser feito através de programas de orientação com visitas às propriedades e confecção de cartilhas explicativas.

A atuação sobre as demandas, da mesma forma que as alternativas de aumento da oferta, também são importantes ações para assegurar disponibilidades hídricas de maneira regular, considerando que a redução do consumo implica em menor pressão sobre os recursos hídricos da bacia. Adicionalmente, este tipo de ação também atua sobre os investimentos públicos, uma vez que posterga obras e ações de gestão necessárias para o aumento da

disponibilidade hídrica para usos consuntivos, que apresentem projeções de consumo crescentes.

A Tabela 2.35 apresenta as vazões estimadas de consumo de água nas sub-bacias do Entorno de Furnas, para a situação atual e para o cenário futuro Tendencial, no ano de 2030, determinadas nos itens anteriores. Essa vazões são comparadas com a vazão de referência $Q_{7,10}$ de cada uma das sub-bacias, através do percentual que representam da vazão de referência.

Para a situação atual se observa que algumas bacia já ultrapassam o limite atual, que corresponde a 30% da $Q_{7,10}$. Entretanto, deve salientar que esses valores correspondem a estimativas de consumo baseadas em dados secundários, que são valores maiores do que as vazões atualmente outorgadas, pois consideram todo o consumo, seja outorgável ou não. Oficialmente, essas bacias não se encontram em conflito pelo uso da água. Apesar de algumas dessas sub-bacias já estarem, teoricamente, com usos elevados. Quando se analisa o valor total, verifica-se que a bacia como um todo apresenta um percentual de consumo igual a 24% da $Q_{7,10}$. Para o ano de 2030 esse percentual será de 50%, sendo que somente em 2020 é que se ultrapassa o limite atual de 30% da $Q_{7,10}$, pois a demanda é estimada em 32% da referência.

A compatibilização entre demandas e disponibilidades hídricas irá requer ações de aumento da produção de água pelas bacias e de redução das demandas, tanto atuais como futuras. A produção de água nas bacias hidrográficas pode ser aumentada através de ações de recuperação vegetal e de manejo adequado dos solos em áreas rurais. Dentre as medidas que podem ser adotada destacam-se: construção de bacias de captação de enxurradas em estradas rurais, construção de terraceamento em áreas agricultáveis, proteção e recomposição de matas ciliares e áreas de nascentes. Essas são medidas que visam minimizar o impacto de modificações no uso solo sobre o balanço de água no solo, mantendo ou recuperando a capacidade de infiltração, com conseqüente aumento da disponibilidade hídrica no solo.

Entretanto, essas são medidas extensivas, que precisam ser implantadas em grandes áreas para que tenham efeitos significativos, e os resultados serão sentidos somente a longo prazo. Apesar disso, são ações necessárias e indispensáveis para todas as sub-bacias, pois melhoram não somente a quantidade disponível de água, mas também a qualidade das águas.

Resultados de curto prazo podem ser obtidos através de ações sobre as demandas de recursos hídricos, principalmente sobre os usos principais, que no Entorno do Lago de Furnas são a irrigação e o abastecimento público. Esses usos, além de serem grandes consumidores,

também são, de maneira geral, pouco eficientes no uso da água. As perdas médias dos sistemas públicos brasileiros estão em torno de 40%. Dentre as medidas possíveis estão: a redução dos índices de perdas em sistemas urbanos de distribuição de água, adoção de técnicas eficientes de irrigação, reúso de água e captação de água da chuva. A implementação dessas ações podem trazer resultados significativos de redução da demanda em curto prazo de tempo, contribuindo de forma significativa para a compatibilização com as disponibilidades hídricas.

Tabela 2.35: Disponibilidade hídrica para as sub-bacias do Entorno do Lago de Furnas

Sub-bacia	Q _{7,10} (m ³ /s)	Vazão de Demanda (m ³ /s)		Percentual da Q _{7,10} (%)	
		Atual	Futura (2030)	Atual	Futura (2030)
Córrego São Boaventura	0.45	0.23	0.90	52.0	199.0
Ribeirão Araras	0.87	0.75	1.18	86.7	136.2
Ribeirão Bom Jesus	0.51	0.24	0.59	46.8	115.4
Ribeirão da Congonha	1.00	0.49	0.73	48.6	73.3
Ribeirão dos Dias	0.88	0.08	0.11	9.0	12.3
Ribeirão Itaci	0.83	0.18	0.24	22.0	29.2
Ribeirão Santana	2.29	0.66	1.45	29.0	63.2
Ribeirão São João	0.85	0.66	0.77	77.9	90.7
Rio Claro	1.04	0.30	0.45	28.4	43.0
Rio do Peixe	1.69	0.44	1.21	25.9	71.9
Rio Formiga	1.73	0.79	0.93	45.7	53.6
Rio Guaxupé	0.74	1.01	1.44	136.5	194.6
Rio Machado	3.26	0.95	1.80	29.1	55.3
Rio Muzambo	5.14	1.03	2.02	20.1	39.3
Rio Muzambo (Divisa Nova)	1.44	0.26	0.64	17.9	44.7
Rio Santana	2.86	0.26	0.31	9.1	10.9
Margens do Lago - Braço Rib. São João	3.80	1.67	2.92	43.9	76.9
Margens do Lago – Braço Verde/Sapucaí	4.00	0.67	3.53	16.8	88.2
Margens do Lago – Braço Rio Grande	16.67	2.26	3.28	13.5	19.7
Margens do Lago – Braço Sapucaí	9.85	1.96	6.35	19.9	64.5
Margens do Lago – Montante da UHE Furnas	1.23	0.05	0.05	3.8	3.8
Pouso Alegre	1.48	0.04	0.06	2.7	4.2
São Tomé	0.94	0.25	0.81	26.2	86.3
TOTAL	63.55	15.22	31.78	24.0	50.0

5. ESTIMATIVA DA COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é respaldada pela legislação brasileira e baseia-se no princípio do direito ambiental do poluidor-pagador e usuário-pagador: a água é um bem de todos e para garantia da existência em quantidade e qualidade, deve ser utilizada racionalmente. Inferindo-se um custo monetário ao uso do recurso água, os usuários o farão de maneira menos impactante para a bacia hidrográfica em questão.

A lei nº 9433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, traz a cobrança como instrumento para a valoração e conseqüente utilização racional da água e também como forma de obtenção de receita para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. O valor a ser pago depende da quantidade de água captada, da quantidade consumida em relação à vazão do manancial, e da qualidade do efluente que é devolvido. Sendo assim, serão cobrados somente os usuários sujeitos à outorga, que no geral são grandes usuários que utilizam os recursos hídricos para enriquecimento privado.

No modelo brasileiro, os Comitês de Bacias Hidrográficas possuem a atribuição de definir os valores da cobrança, com base em preços unitários e limites máximos e mínimos estabelecidos. Os valores limites serão estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, no caso de corpos de água de domínio da União, ou pelos governos estaduais, para águas sob seu domínio.

5.1. Legislação que Tratam da Cobrança pelo Uso da Água

A seguir são listadas as leis, decretos e resoluções que abordam a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em âmbito federal e estadual.

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.

Decreto 44.046, de 13 de junho de 2005 - Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado.

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.

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.

Portaria IGAM nº 038, de 21 de dezembro de 2009 - Institui o valor mínimo anual da 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.

5.2. Metodologias de Cobrança

Um dos pressupostos mais importantes para a definição da metodologia de cobrança é sua simplicidade conceitual/operacional, que possibilite sua aplicação em curto prazo. Além disso, a simplicidade da formulação propicia aos usuários o pleno entendimento e controle do processo, minimizando a insegurança dos pagadores frente à novidade da cobrança. Estes fatos são importantes para facilitar a aprovação da cobrança. As metodologias de cobrança aprovadas pelo CERH-MG são as seguintes:

Deliberação CERH nº 184 de 26 de agosto de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, na forma da Resolução do CBH Araguari nº 12, de 25 de junho de 2009.

Deliberação CERH nº 185, de 26 de agosto de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, na forma da Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 03, de 20 de março de 2009, com redação dada pela Deliberação Normativa do CBH Velhas nº 04, de 06 de julho de 2009.

Deliberação CERH nº 213, de 27 de março de 2009 - Aprova a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari, na forma da Deliberação Normativa dos Comitês PCJ nº 021, de 18 de dezembro de 2008.

O IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) disponibiliza no seu site (<http://www.igam.mg.gov.br/cobranca/simulcao>) uma planilha de simulação do potencial de arrecadação de cada unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos (UPGRH) do Estado de Minas Gerais, bem como um manual que explica como foi feita a planilha. Para tal simulação, foi adotada a metodologia aprovada no Comitê Federal do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), a qual entrou em vigor no início do ano de 2007. A seguir serão explicadas as fórmulas do CEIVAP para a captação, consumo e diluição.

Para a simulação em questão, foram considerados somente três setores preponderantes, a saber: saneamento, agropecuária (irrigação) e indústria.

- **Captação**

A cobrança pela captação de água será feita de acordo com a Eq. 4.1, que toma como base as vazões outorgadas:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{cap out}} \cdot \text{PPU}_{\text{cap}} \cdot K_{\text{cap classe}} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde:

Valor_{cap} é o pagamento anual pela captação de água em R\$/ano;

Q_{cap out} é o volume anual de água em m³/ano, captado segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante, em processo de regularização;

PPU_{cap} é o preço público unitário para captação em R\$/m³;

K_{cap classe} é o desconto dado para a captação de água de acordo com a classe em que o curso de água se enquadra.

O Preço Público Unitário é atribuído pelo comitê de bacia. O valor que será adotado para a captação, seguindo a metodologia do CEIVAP é de R\$ 0,01 para cada m³ de água captado.

Os valores de K_{cap classe}, por classe de uso do manancial, são definidos conforme a Tabela 5.1:

Tabela 5.1: K_{cap} por classe do corpo d'água

CLASSE DO CORPO D'ÁGUA	K _{cap classe}
1	1,0
2	0,9
3	0,9
4	0,7

Para a simulação do potencial de arrecadação da bacia do GD3 será adotado K_{cap classe} = 0,9.

Quando houver medição do volume anual de água captado, a cobrança será feita de acordo com a Eq. 4.2:

$$\text{Valor}_{\text{cap}} = [K_{\text{out}} \cdot Q_{\text{cap out}} + K_{\text{med}} \cdot Q_{\text{cap med}} + K_{\text{med extra}} \cdot (0,7 \cdot Q_{\text{cap out}} - Q_{\text{cap med}})] \cdot \text{PPU}_{\text{cap}} \cdot K_{\text{cap classe}} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Onde:

K_{out} é peso atribuído ao volume anual de captação outorgado;

K_{med} é o peso atribuído ao volume anual de captação medido;

$K_{med\ extra}$ é o peso atribuído ao volume anual disponibilizado no corpo d'água;

$Q_{cap\ med}$ é o volume anual de água captado em m^3/ano , segundo dados de medição.

Para o cálculo dos coeficientes K_{out} , K_{med} e $K_{med\ extra}$, usa-se a Tabela 5.2:

Tabela 5.2: Estimativa dos coeficientes da Eq. 4.2

RELAÇÃO $Q_{cap\ med}/Q_{cap\ out}$	K_{out}	K_{med}	$K_{med\ extra}$
$\geq 0,7$	0,2	0,8	0,0
$< 0,7$	0,2	0,8	1,0
$> 1,0$	0,0	1,0	0,0

- **Consumo**

A cobrança pelo consumo de água por dominialidade será feita de acordo com a Eq. 4.3:

$$\text{Valor}_{cons} = (Q_{capT} - Q_{lan\zeta T}) \cdot PPU_{cons} \cdot (Q_{cap}/Q_{capT}) \quad (\text{Eq. 4.3})$$

Onde:

Valor_{cons} é o pagamento anual pelo consumo de água em R\$/ano;

Q_{capT} é o volume anual de água captado total em m^3/ano , igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao

$Q_{cap\ out}$, se não existir medição;

Q_{cap} é o volume anual de água captado em m^3/ano , igual ao $Q_{cap\ med}$ ou igual ao

$Q_{cap\ out}$, se não existir medição;

$Q_{lan\zeta T}$ é o volume anual de água lançado total em m^3/ano ;

PPU_{cons} é o preço público unitário para o consumo de água em R\$/ m^3 .

O cálculo do $Q_{lan\zeta T}$ é dado pela Eq. 4.4 e pela Eq. 4.5:

- Quando não houver medição do volume de água captado:

$$Q_{\text{lançT}} = (1 - k_{\text{cons}}) \cdot Q_{\text{cap out}} \quad (\text{Eq.4.4})$$

- Quando houver medição do volume de água captado:

$$Q_{\text{lançT}} = (1 - k_{\text{cons}}) \cdot Q_{\text{cap med}} \quad (\text{Eq. 4.5})$$

O K_{cons} representa a porcentagem da vazão captada (outorgada ou medida, quando houver medição) que é consumida. Serão adotados para a simulação de arrecadação os valores apresentados na Tabela 5.3:

Tabela 5.3: Valores adotados para K_{cons}

SETOR	K_{cons}
Saneamento	0,2 (20%)
Indústria	0,2 (20%)
Agropecuária (Irrigação)	0,5 (50%)

O valor que será adotado para o PPU_{cons} , seguindo a metodologia do CEIVAP é de R\$ 0,02 para cada m^3 de água consumido.

- **Diluição**

A cobrança pelo lançamento de carga orgânica será feita de acordo com a Eq. 4.6:

$$\text{Valor}_{\text{dil}} = \text{CO}_{\text{DBO}} \cdot Q_{\text{lançT}} \cdot \text{PPU}_{\text{dil}} \quad (\text{Eq. 4.6})$$

Onde:

$\text{Valor}_{\text{dil}}$ é o pagamento anual pelo lançamento de carga orgânica em R\$/ano;

CO_{DBO} é a carga orgânica anual de $\text{DBO}_{5,20}$ (Demanda Bioquímica de Oxigênio após 5 dias a 20°C) efetivamente lançada em kg/m^3 ;

PPU_{dil} é o preço público unitário para diluição de carga orgânica em R\$/kg.

Para o setor de saneamento será adotado uma carga orgânica de $0,3 \text{ kg/m}^3$ (equivalente a 300 mg/L , DBO média para esgotos domésticos). Para o setor industrial e de irrigação, despreza-se a carga orgânica lançada.

O valor que será adotado para o PPU_{dil} , seguindo a metodologia do CEIVAP é de R\$ 0,07 para cada kg de DBO lançada.

- **Arrecadação Total Anual**

Nos setores de saneamento e industrial, o valor anual arrecadado será igual a (Eq. 4.7):

$$\text{Arrecadação Anual} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{cons}} + \text{Valor}_{\text{dil}}) \quad (\text{Eq. 4.7})$$

Já a cobrança pela captação e pelo consumo de água para os usuários do setor de agropecuária (irrigação), será efetuada de acordo com a Eq. 4.8:

$$\text{Valor}_{\text{agropec}} = (\text{Valor}_{\text{cap}} + \text{Valor}_{\text{cons}}) \cdot K_{\text{agropec}} \quad (\text{Eq. 4.8})$$

Onde:

$\text{Valor}_{\text{agropec}}$ é o pagamento anual pela captação e pelo consumo de água para usuários do setor de agropecuária (irrigação) em R\$/ano;

K_{agropec} é o coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água na propriedade rural onde se dá o uso de recursos hídricos.

O CEIVAP adota o $K_{\text{agropec}} = 0,05$ ou 5%. Nessa simulação foi adotado o mesmo valor utilizado pelo CEIVAP.

5.3. Estimativa do Potencial de Arrecadação na Unidade de Gestão GD3

Para obter a estimativa do potencial de arrecadação da Bacia Hidrográfica do Entorno do Reservatório de Furnas, foram levadas em conta as vazões outorgadas tanto do IGAM, quanto do CNARH (Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos). Na Tabela 5.4 encontram-se as vazões de captação outorgadas pelo IGAM e pelo CNARH na Unidade de Gestão GD3, nos diferentes setores. Foi considerada para o cálculo a vazão total outorgada, ou seja, a soma da vazão superficial com a vazão subterrânea. As outorgas do IGAM apresentadas são as que foram deferidas até agosto de 2008, enquanto que as outorgas do CNARH são as deferidas até janeiro de 2008.

Tabela 5.4: Vazões de captação outorgadas na Unidade de Gestão GD3

SETOR	VAZÃO TOTAL OUTORGADA (m ³ /ano)		
	OUTORGA IGAM	OUTORGA CNARH	TOTAL
Abastecimento Público	31.680.890,4	-	31.680.890,4
Consumo Agroindustrial	434.145,6	-	434.145,6
Consumo humano	1.567.602,0	-	1.567.602,0
Consumo industrial	7.236.986,4	-	7.236.986,4
Irrigação	24.321.702,0	236.782.800,0	261.104.502,0

Para a vazão de saneamento, foram consideradas as outorgas para o abastecimento público e consumo humano. Já para a vazão industrial, foram levados em conta o consumo industrial e o consumo agroindustrial. Desta forma, tem-se a Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Vazões de captação outorgadas nos 3 setores considerados

SETOR	Q _{cap out} (m ³ /ano)
Saneamento	33.248.492,40
Irrigação	261.104.502,00
Indústria	7.671.132,00

Aplicando as equações que foram apresentadas na metodologia de cobrança do CEIVAP, obteve-se a estimativa de arrecadação em cada setor (saneamento, indústria e irrigação) para cada parcela (captação, consumo e diluição). Os resultados encontram-se na Tabela 5.6. Nessa estimativa considerou-se que 100% da vazão outorgada foi efetivamente captada (medida).

Tabela 5.6: Estimativa do potencial de arrecadação nos diferentes setores

SETOR	Valor _{cap} (R\$/ano)	Valor _{cons} (R\$/ano)	Valor _{dil} (R\$/ano)	Total (R\$/ano)
Saneamento	299.236,43	132.993,97	558.574,67	990.805,07
Agropecuária (Irrigação)	2.349.940,52	2.611.045,02	-	248.049,28*
Indústria	69.040,19	30.684,53	-	99.724,72
Total	2.718.217,14	2.774.723,52	558.574,67	1.338.579,07

* Foi usado $K_{\text{agropec}} = 0,05$

O resultado obtido mostra um potencial de arrecadação em torno de R\$ 1,3 milhões anuais. Desse total, 74,0% é derivado do setor de saneamento, 18,5% vem do setor de irrigação e o restante (7,5%) é obtido do setor industrial, como ilustrado na Figura 5.1.

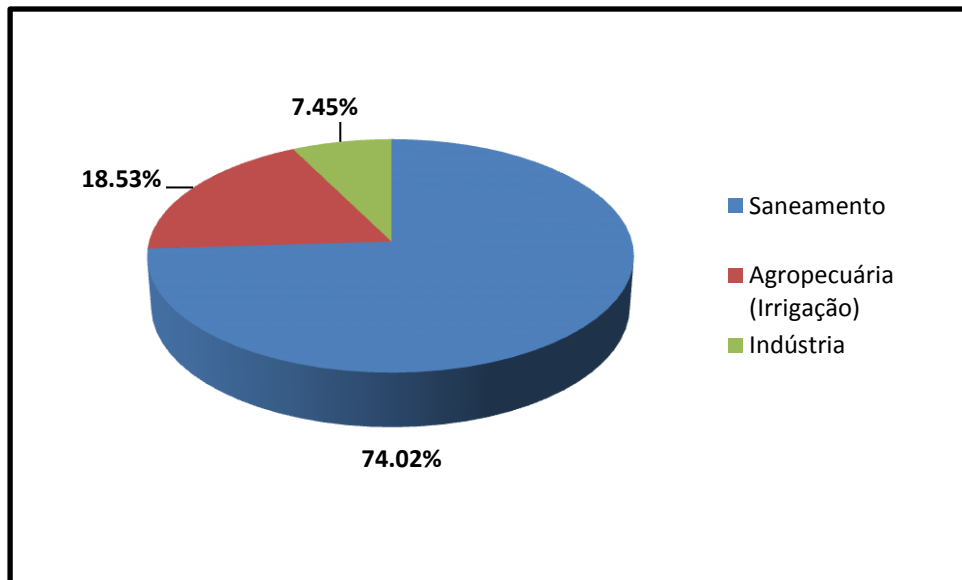


Figura 5.1: Distribuição do potencial de arrecadação, segundo os tipos de uso

A Figura 5.2 ilustra o potencial de arrecadação considerando a variação no percentual de vazão de captação medida em relação à vazão de captação outorgada ($Q_{\text{cap med}}/Q_{\text{cap out}}$), ou seja, quantos por cento do valor outorgado é efetivamente captado. Um percentual que pode ser considerado realista, caso se tenha um sistema de fiscalização e cobrança eficiente é de 70%.

Para análise do impacto desses valores, deve-se considerar que a Lei nº 9.433/97 define que os recursos obtidos com a cobrança serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e que para manutenção da Agência de Bacia, o limite é de 7,5% (sete e meio por cento) do total arrecadado. Ou seja, esse é o limite que poderá ser

usado no pagamento de despesas como funcionários, alugueis, contas de água, luz e telefone, dentre outras (Art. 22, I, II e § 1º).

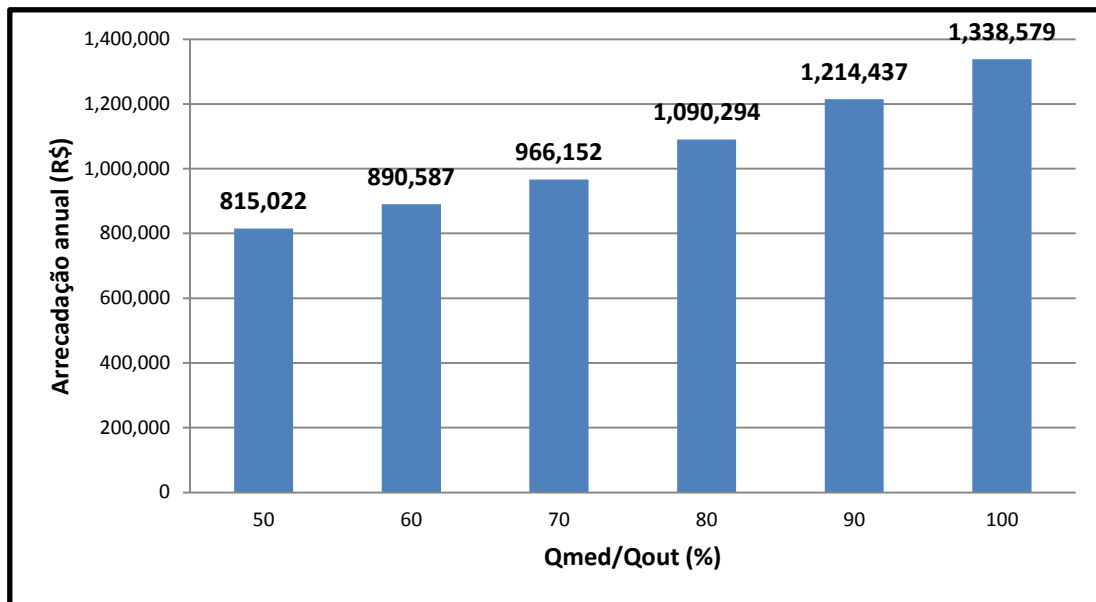


Figura 5.2: Estimativa do potencial arrecadação para diferentes relações Q_{med}/Q_{out}

Analisando a Figura 5.2, e considerando uma vazão medida em torno de 70% da vazão outorgada é possível verificar que o valor anual arrecadado na bacia (aproximadamente R\$ 966 mil) é baixo se comparado aos custos de manutenção de agência, disponibilizando cerca de R\$ 6.038 mensais (7,5% do total mensal, conforme legislação) para cobrir tais custos. Tal valor arrecadado também é considerado baixo para a implementação de medidas mitigadoras de impactos ambientais. Esses resultados mostram que o caminho a ser seguido para o arranjo institucional da Unidade de Gestão deverá ser a criação de uma Agência de Bacia em conjunto com outras bacias do estado de Minas Gerais.

A capacidade do instrumento de influenciar o comportamento dos usuários do recurso decorre do nível de eficiência e efetividade da cobrança. Outros aspectos considerados de suma importância para que a cobrança possa gerar impactos positivos na gestão de recursos hídricos dizem respeito a sua praticabilidade e aceitabilidade por parte dos setores usuários e demais interessados. A experiência em outros países e nas bacias hidrográficas brasileiras que já adotam esse instrumento de gestão dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças para economia da água, redução de perdas e para a gestão com justiça ambiental. Isso porque é cobrado de quem usa ou polui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto. Rio de Janeiro, 1986.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop Evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements.* Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Código Florestal. *Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965.* Dispõe sobre as áreas de preservação permanente e reserva legal. Disponível em <<http://www.ecologia.dbi.ufla.br/site%20ecoaplicada/legisla%C3%A7%C3%A3o/LEI%20N%C2%BA%204771-1965.htm>>. Acesso em mai. 2010.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 302 de 20 de março de 2002* – Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>. Acesso em mai. 2010.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 303 de 20 de março de 2002* – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em mai. 2010.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. In: Plano Integrado De Recursos Hídricos Da Bacia do Rio Doce E Dos Planos De ações De Recursos Hídricos Para As Unidades De Planejamento E Gestão De Recursos Hídricos No Âmbito Da Bacia Do Rio Doce - relatório final, Belo Horizonte, jun. 2007.

CONSÓRCIO FAHMA-DREER. Metodologia e Resultados consolidados. In: Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do sistema interligado nacional – SIN – Relatório Final (Minuta 6), dez. 2003.

EMBRAPA – SISTEMAS DE PRODUÇÃO. CEVADA. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cevada/CultivodeCevada_3ed/index.htm> Acesso em mai. 2010.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Disponível em <<http://www.fjp.gov.br>>. Acesso em 29 abr. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em mai. 2010.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI Jr., R.; GALETI, P. A.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de. *Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços.* In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas, 1988. *Anais...* Campinas, SP: Fundação Cargill, 1989. p. 99-124.

MACROPLAN. Quatro Cenários para o Brasil 2008-2014. Disponível em: <<http://www.macroplan.com.br/Estudos/quatro-cenarios-economicos-para-o-brasil-2008-2014-1.aspx>>. Acesso em abr. 2010.

Manual de conservação e reuso da água na indústria. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, 2007, 29p.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.023 de 09 de janeiro de 2009. Dá nova redação ao artigo 2º da Lei 7.302 de 21 de julho de 1978, que altera o Art. 10 da Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. *Diário do Executivo – Minas Gerais*, Belo Horizonte, 2 p., 2009.

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARACATU. Resumo executivo. Belo Horizonte : Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, 2006. 384p.

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. Resumo executivo dezembro 2004. Belo Horizonte : Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228p.

PORTAL GOVERNO DE MINAS GERAIS. HOME. Disponível em <<http://www.mg.gov.br/governomg/comunidade/governomg/pagina-inicial/5145/>> Acesso em mai. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSOS. HOME. Disponível em <<http://www.passos.mg.gov.br/>> Acesso em mai. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERABA. HOME. Disponível em <<http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/principal>> Acesso em mai. 2010.

SARZEDAS, G.L.; RAMOS, A.N; MATSUGUMA, S. “Pesquisa de Vazamentos ou Redução de Pressão. Como investir na redução de perdas físicas.” In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, Rio de Janeiro, 1999. Anais. p.1451-1461.