

**APRESENTAÇÃO**

Porto Alegre, 06 de Abril de 2010.

Ilmo. Sr. João Gilberto Lotufo  
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos  
Agência Nacional de Águas – ANA  
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco “M” – Brasília/DF.

**Ref.:** Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

**Ass.:** Apresentação do Relatório de Prognóstico quanto aos Recursos Hídricos da Bacia nos Horizontes de Planejamento Considerados do PRH Verde Grande (RP-03).

Prezado Senhor,

A ECOPLAN Engenharia Ltda., detentora do Contrato N° 031/ANA/2008, referente à **Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**, por meio deste documento, apresenta o “Relatório de Prognóstico quanto aos Recursos Hídricos da Bacia nos Horizontes de Planejamento Considerados” (RP-03) do PRH Verde Grande, constante do Plano de Trabalho aprovado no RP-01.

O presente relatório tem por objetivo apresentar, de maneira preliminar, o prognóstico, a compatibilização e a articulação entre os diversos usos diagnosticados na etapa anterior, e compreende as seguintes atividades: a) Montagem do cenário tendencial das demandas hídricas; b) Composição de Cenários Alternativos; c) Estimativa das demandas dos cenários alternativos; d) Balanço hídrico; e) Articulação e compatibilização dos interesses internos e externos à bacia; e f) Síntese e seleção de alternativas de intervenções.

Aproveitamos o ensejo para manifestar votos de estima e apreço.

Atenciosamente.

---

Eng° Alexandre Carvalho  
Gerente do Contrato  
ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE**

**RELATÓRIO DE PROGNÓSTICO QUANTO AOS RECURSOS HÍDRICOS DA  
BACIA NOS HORIZONTES DE PLANEJAMENTO CONSIDERADOS (RP-03)**

**ABRIL / 2010**

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. BASE CONCEITUAL E SOCIOECONOMICA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS .....</b>	<b>4</b>
2.1. Variáveis Demográficas.....	8
2.2. Variáveis Econômicas .....	15
<b>3. CENÁRIO TENDENCIAL DAS DEMANDAS HÍDRICAS .....</b>	<b>20</b>
3.1. Abastecimento Humano .....	21
3.2. Dessedentação Animal .....	25
3.3. Irrigação .....	27
3.4. Indústria .....	28
3.5. Projeção da Demanda total .....	30
<b>4. ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS..</b>	<b>41</b>
4.1. Barramentos .....	41
4.2. Transposições.....	44
<b>5. CENÁRIOS NORMATIVOS .....</b>	<b>63</b>
5.1. Cenários para a bacia .....	64
<b>6. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIO.....</b>	<b>66</b>
<b>7. BALANÇOS HÍDRICOS POR CENÁRIO .....</b>	<b>71</b>
7.1. Balanço Quantitativo por trecho .....	72
7.2. Balanço Qualitativo por trecho.....	101

<b>8. COMENTÁRIOS FINAIS.....</b>	<b>110</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>114</b>
<b>9.1. Metodologia para estimativa de DBO dos Resíduos Sólidos Urbanos .....</b>	<b>114</b>
<b>9.2. Breve descrição do modelo de balanço .....</b>	<b>116</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da Segunda Etapa da elaboração do Plano de Recursos hídricos da Bacia hidrográfica do rio Verde Grande: Prognósticos, Compatibilização e Articulação.

Através de uma abordagem sintética, integrada e dirigida sobre a problemática dos recursos hídricos na bacia, focada nas projeções da situação futura, este relatório se estrutura da seguinte forma:

No Capítulo 2 é apresentada a Base Conceitual e Socioeconômica para a elaboração dos Cenários Considerados descrevendo-se a metodologia utilizada para sua construção.

No capítulo 3 é apresentado o Cenário Tendencial das Demandas Hídricas, no qual são projetadas as demandas de água para os cenários futuros e para os diversos tipos de uso.

No capítulo 4 encontram-se os Cenários de Disponibilidades Hídricas para a bacia considerando as alternativas de incremento destas disponibilidades e, também, as alternativas de atuação sobre as demandas.

No capítulo 5 são construídos os Cenários Normativos para a bacia considerando a gestão dos recursos hídricos e o aumento da oferta hídrica através de transposições de água.

No capítulo 6 são apresentadas as Estimativas de Cargas Poluidoras (DBO de esgoto e resíduos sólidos, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes) para os cenários analisados.

No capítulo 7 é elaborado o Balanço Hídrico por Cenário considerado, identificando as situações críticas de déficit hídrico nas sub-bacias analisadas; propondo e viabilizando ações com vistas a sanar estes déficits.

No capítulo 8 é realizada a Compatibilização das Disponibilidades com as Demandas Hídricas, considerando as alternativas de aumento da disponibilidade, bem como as de redução da demanda.

E por fim o capítulo 9 é destinado aos comentários finais.

## **2. BASE CONCEITUAL E SOCIOECONOMICA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS**

## **2. BASE CONCEITUAL E SOCIOECONOMICA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS**

A divisão da rede hidrográfica principal da Bacia do Rio Verde Grande utilizada para fins de construção de cenários corresponde a oito sub-bacias, incluindo 35 municípios, dos quais 26 com sede na bacia, conforme Quadro 2.1.

Os Cenários Futuros foram projetados para o período de 23 anos, tendo 2030 como último ano da projeção e considerando o ano de 2007 como base para as demandas de abastecimento urbano e rural e dessedentação de animais e 2009 para irrigação e abastecimento industrial. As taxas anuais de crescimento foram utilizadas para calcular as projeções de demanda, conforme o índice utilizado para cada tipo de uso, conforme descrição a seguir. Para fins de apresentação, entretanto, são utilizados apenas os quinquênios a partir de 2010, ou seja, os anos de 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030.

Normalmente, a projeção de cenários se baseia no chamado cenário tendencial, ou seja, a projeção que extrapola para o futuro a tendência de evolução dos indicadores em um período recente para o qual se dispõe de mensuração.

Conceitualmente, trata-se da forma mais isenta de estimar comportamento futuro de variáveis de interesse e se baseia em uma espécie de raciocínio inercial, ou seja, de que o comportamento futuro tenderá a ser mais parecido com o atual do que a hipótese de vir a sofrer grandes variações em relação ao atual. Esta premissa carrega consigo o pressuposto de que não apenas as variáveis do sistema se manterão presentes no futuro, como também de que a relação entre elas tenderá a se manter similar à atual.

Entretanto, o comportamento demográfico e especialmente o econômico, os dois principais planos estruturadores de projeções de cenários, podem sofrer variações significativas em relação à tendência atual. Novas situações ou conjunturas regionais, nacionais ou internacionais podem interferir positivamente no sistema, tais como a descoberta ou viabilidade de exploração de novos recursos naturais; a implantação de empreendimentos com potencial dinamizador sobre a economia; conjunturas nacionais e internacionais favoráveis às vantagens competitivas regionais, entre outras. Podem ser registradas também interferências negativas, a exemplo da transferência de investimentos para outras áreas; crises setoriais com impacto no perfil produtivo local; alterações climáticas e naturais negativas, entre outros fatores.

Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Contrato N° 031/ANA/2008

Quadro 2.1 - Divisão da Bacia do Rio Verde Grande utilizada para construção dos cenários.

Município	UF	Área	AG		AVG		AVP		BVG		BVP		MBG		MVG-TA		MVG-TB		Total da bacia	
			%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área
Iuiú	BA	1.095	-	-	-	-	-	-	26,6	291,2	38,3	419,23	-	-	-	-	-	-	64,9	710,43
Jacaraci	BA	1.244	-	-	-	-	6,5	81,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	81,21
Malhada	BA	2.139	-	-	-	-	-	-	16,4	351,42	-	-	-	-	-	-	-	-	16,4	351,42
Mortugaba	BA	671	-	-	-	-	7,6	50,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,6	50,91
Palmas de Monte Alto	BA	2.789	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	36,46	-	-	-	-	-	-	1,3	36,46
Pindaí	BA	716	-	-	-	-	35,3	252,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,3	252,59
Sebastião Laranjeiras	BA	2.005	-	-	-	-	13	259,7	-	-	77,5	<b>1.554,48</b>	-	-	-	-	-	-	90,5	<b>1.814,18</b>
Urandi	BA	897	-	-	-	-	100	<b>896,6</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>896,6</b>
Bocaiúva	MG	3.232	-	-	6	193,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	193,99
Capitão Enéas	MG	970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>970,18</b>	-	-	100	<b>970,18</b>
Catuti	MG	286	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>286,04</b>	-	-	-	-	100	<b>286,04</b>
Espinosa	MG	1.877	-	-	-	-	49,3	<b>924,7</b>	-	-	50,7	952,41	-	-	-	-	-	-	100	<b>1.877,11</b>
Francisco Sá	MG	2.749	21,1	579,82	30,3	832,71	-	-	-	-	-	-	-	-	48,6	<b>1.336,65</b>	-	-	100	<b>2.749,18</b>
Gameleiras	MG	1.734	-	-	-	-	-	-	-	-	23,2	402,59	71,6	<b>1.240,80</b>	-	-	5,2	90,26	100	<b>1.733,65</b>
Glaucilândia	MG	145	-	-	100	<b>145,45</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>145,45</b>
Guaraciama	MG	392	-	-	25,6	<b>100,46</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,6	<b>100,46</b>
Ibiracatu	MG	359	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	31,51	-	-	8,8	31,51
Jaíba	MG	2.740	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3	939,9	-	-	38,9	<b>1.066,09</b>	73,2	<b>2.005,99</b>
Janaúba	MG	2.189	29,1	<b>637,14</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	30,6	668,72	36,7	803,09	3,6	79,79	100	<b>2.188,73</b>
Juramento	MG	432	-	-	100	<b>431,86</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>431,86</b>
Mamonas	MG	291	-	-	-	-	100	<b>290,51</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>290,51</b>
Matias Cardoso	MG	1.938	-	-	-	-	-	-	66,8	1.294,75	-	-	-	-	-	-	14,6	282,07	81,4	1.576,82

Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Contrato N° 031/ANA/2008

Município	UF	Área	AG		AVG		AVP		BVG		BVP		MBG		MVG-TA		MVG-TB		Total da bacia	
Mato Verde	MG	475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>474,78</b>	-	-	-	-	100	<b>474,78</b>
Mirabela	MG	720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82,3	<b>592,64</b>	-	-	82,3	<b>592,64</b>
Monte Azul	MG	992	-	-	-	-	14,9	147,95	-	-	-	-	85,1	<b>843,9</b>	-	-	-	-	100	<b>991,85</b>
Montes Claros	MG	3.580	-	-	39	<b>1.396,78</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	24,6	881,61	-	-	63,6	<b>2.278,39</b>
Nova Porteirinha	MG	121	74	<b>89,59</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	26	31,47	-	-	-	-	100	<b>121,06</b>
Pai Pedro	MG	785	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>785,33</b>	-	-	-	-	100	<b>785,33</b>
Patis	MG	444	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<b>444,49</b>	-	-	100	<b>444,49</b>
Porteirinha	MG	1.800	19,5	350,88	-	-	-	-	-	-	-	-	80,5	<b>1.449,48</b>	-	-	-	-	100	<b>1.800,35</b>
Riacho dos Machados	MG	1.315	36,4	<b>478,23</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	16,4	215,45	-	-	-	-	52,7	<b>693,67</b>
São João da Ponte	MG	1.848	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,1	<b>1.832,27</b>	-	-	99,1	<b>1.832,27</b>
Serranópolis de Minas	MG	554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82,3	<b>455,83</b>	-	-	-	-	82,3	<b>455,83</b>
Varzelândia	MG	803	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,4	123,52	74,7	<b>600,48</b>	90,1	<b>724</b>
Verdelândia	MG	1.451	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,6	327,31	5,9	85,39	71,6	<b>1.038,67</b>	100	<b>1.451,37</b>
Total		45.778	4,7	2.135,66	6,8	3.101,24	6,3	2.904,16	4,2	1.937,38	7,4	3.365,17	16,9	7.719,01	15,5	7.101,35	6,9	3.157,36	68,6	31.421,31
<b>Sedes</b>				<b>3</b>		<b>4</b>		<b>3</b>		<b>0</b>		<b>1</b>		<b>7</b>		<b>5</b>		<b>3</b>		<b>26</b>

Nota: Valores marcados em negrito correspondem à localização da sede municipal.

Assim, o cenário tendencial oferece basicamente uma ferramenta de projeção da tendência atual para o futuro, não devendo ser tomado como uma previsão, mas como um instrumento de prospecção e planejamento do futuro. No caso da bacia hidrográfica do Verde Grande, esta projeção do cenário tendencial se reveste de aspectos críticos relacionados à identificação, através do Diagnóstico, de que a disponibilidade hídrica se aproxima muito da demanda no cenário atual. Ou seja, qualquer projeção de crescimento positivo da demanda, ainda que modesta, tenderá a esbarrar na falta de disponibilidade hídrica, o que se tornará um limitante físico para qualquer projeção realizada com base em taxas que estimam o comportamento demográfico e econômico futuro.

Nesta perspectiva do prognóstico ser uma ferramenta de planejamento que permite confrontar condições futuras imprevistas com uma tendência que foi definida com base em condições dadas no passado recente é que se tornam úteis e necessários os cenários alternativos. Estimativas de variações do cenário tendencial que apontam para limites superiores e inferiores de oscilação do comportamento das variáveis projetadas oferecem condições de avaliar, no presente, situações hipotéticas futuras que se diferenciam do cenário tendencial. O estabelecimento de limites superiores e inferiores de variação do comportamento da demanda hídrica possibilita prever ações e alternativas para uma faixa de comportamento provável dos fatores que afetam as questões a serem enfrentadas pelo planejamento.

No caso da bacia hidrográfica do Verde Grande, como será possível verificar a partir das projeções realizadas para o cenário tendencial (Capítulo 3), não faz sentido tentar estimar potenciais variações de demanda, por conta de um desempenho melhor ou pior das variáveis econômicas e demográficas, uma vez que há muito pouca elasticidade para variação considerando a oferta hídrica e a demanda já configurada atualmente. Antes disso, os cenários alternativos, ao invés de variar a demanda, devem considerar possíveis incrementos de oferta, por conta de uma maior exploração de águas subterrâneas ou a transposição de outras bacias hidrográficas.

Cenários alternativos que considerassem eventuais ganhos de eficiência no uso e consumo de recursos hídricos nas demandas humanas, animais e industriais teriam pequeno impacto na demanda total, tendo em vista que juntos representam apenas 10% do consumo atual na bacia, sendo que 6,43% é consumido para dessedentação de animais, atividade pouco sensível à redução do consumo por melhorias de manejo, tendo em vista sua pulverização na bacia.

A maior parte do consumo atual de recursos hídricos na bacia do Verde Grande é para irrigação (90,05%). Nesse caso as possibilidades de melhoria de gestão que resultassem em redução do consumo estão relacionadas a práticas de manejo mais eficientes, tais como microaspersão e gotejamento, em substituição aos sistemas de pivô central. Contudo, a área com sistema de pivô central na bacia é reduzida atualmente, representando somente XX% da área total. Considerando uma redução de 20% no consumo total, o ganho

estimado seria da ordem de XXX m<sup>3</sup>/s, ou seja, XX% do consumo total. Embora seja um valor significativo, ainda mais em uma bacia com pouca disponibilidade hídrica, não se justificaria a elaboração de um cenário alternativo específico.

Práticas de manejo como redução da produtividade das lavouras irrigadas, redução da área plantada, entre outras, são de difícil estimação e controle. Tais medidas se justificam enquanto ações ou metas de programas de gestão de recursos hídricos, mas não poderiam ser estimadas objetivamente na forma de um cenário alternativo ao tendencial.

Em vista disso, neste prognóstico será apresentado o cenário tendencial através da projeção das demandas e consumos atuais com base em variáveis demográficas e econômicas que possibilitam inferir sobre o provável comportamento futuro desta demanda se mantidas as condições atualmente conhecidas. Não se trata, portanto, de desenvolver uma reflexão sobre os fatores que determinam estas tendências e avaliar qual a probabilidade de que venham a ocorrer efetivamente no futuro.

Cabe comentar que a metodologia de cenarização se baseia em uma série de estimativas e de hipóteses de comportamento de variáveis com base em parâmetros gerais inferidos para a situação local. Sendo assim, quanto maior o grau de desagregação dos resultados, maior será a possibilidade de erro das estimativas. Ou seja, eventuais distorções e imprecisões, como por exemplo a captação de água ser feita em outra bacia ou as estimativas populacionais conterem distorções por conta de um evento específico local como a implantação de um empreendimento, etc., tenderão a serem compensadas e mesmo se anularem no âmbito do somatório da bacia do rio Verde Grande, resultando em pouco potencial de distorção das estimativas finais.

Contudo, na medida em que a unidade de referência fica menor, detalhando resultados por sub-bacia ou mesmo município, o eventual impacto das imprecisões e distorções implícitas à metodologia utilizada tenderá a ser maior. Assim, observa-se que os resultados específicos para as sub-bacias devem sempre ser ponderados em relação ao conjunto dos resultados da bacia e avaliados pelos interessados em confronto com parâmetros externos à metodologia utilizada, com informações locais detalhadas e conhecimento específico da realidade local.

## 2.1. VARIÁVEIS DEMOGRÁFICAS

As projeções populacionais para o período de cenarização foram realizadas com base em estimativas populacionais que consideraram a taxa de crescimento anual da população para cada município, calculada no período entre 2000 e 2007. As taxas assim obtidas foram ponderadas (corrigidas) pela projeção do crescimento da população de Minas Gerais e da Bahia, respectivamente aos municípios de cada Estado, para o período de 2008 a 2030.

Aspectos metodológicos e de disponibilidade de informação condicionaram a metodologia de estimação utilizada. Conforme diversos estudos realizados pelo IBGE no Brasil e outros em todo o mundo, está se verificando uma significativa queda nas taxas de crescimento populacional motivadas, principalmente, pela redução da taxa de fecundidade (média de filhos por mulher em idade fértil).

A evolução demográfica resulta de um conjunto complexo de variáveis. Resumidamente, a evolução demográfica pode ser compreendida a partir de três fatores inter-relacionados, a saber, a variação da fecundidade, o aumento da longevidade e os movimentos migratórios relacionados ao dinamismo econômico.

Os dois primeiros fatores estão relacionados à chamada inflexão da curva de crescimento. A redução da taxa de fecundidade provoca uma rápida redução do número de nascimentos, o que acarretaria uma rápida diminuição da população total se esta tendência não fosse atenuada pelo aumento da longevidade. No Brasil, a longevidade, ou a expectativa média de tempo de duração da vida dos indivíduos de uma população ainda está crescendo. Assim, se a taxa de fecundidade não se alterasse, a população total cresceria mais por conta das pessoas viverem mais tempo (não abatendo o número de nascimentos pelos óbitos). Ou seja, os fatores redução da taxa de fecundidade e aumento da longevidade possuem efeitos contrários sobre o crescimento da população.

Entretanto, o aumento da longevidade é um processo limitado no tempo. Quando a expectativa média de vida começa a se aproximar dos 100 anos, como é registrado em países desenvolvidos, seu ritmo de crescimento desacelera e seu efeito de retardamento dos óbitos praticamente se anula. A redução da taxa de fecundidade, por sua vez, também tende a desacelerar quanto menor ela é numa população, contudo, seu efeito é mais prolongado no tempo. Assim, a tendência, segundo as projeções de população no Brasil, é de que por volta da década de 2040, a população total do país passará a diminuir, ou seja, morrendo mais pessoas do que nascerão. Até lá, é projetado um crescimento da população total, embora a taxas progressivamente menores, isto é, em um ritmo progressivamente menor que o dos períodos imediatamente anteriores.

Associado a estes dois fatores, os movimentos migratórios impulsionados pelos processos econômicos tendem a ter efeitos regionais e locais diferenciados. Regiões que estão recebendo investimentos produtivos, especialmente no setor industrial, bem como regiões de fronteira agrícola, tendem a registrar taxas de crescimento da população superiores à média, em detrimento de áreas deprimidas economicamente, cuja falta de oferta de emprego tende a expulsar população em idade ativa para outras regiões. No território nacional, considerando apenas as migrações entre países, o impacto populacional dos processos migratórios atualmente é muito pequeno (já foi relevante nas ondas de migração européia no período do império, por exemplo). Contudo, entre diferentes regiões e unidades da federação, ou entre municípios de uma unidade da federação, processos migratórios podem oferecer grande impacto

populacional. Assim, quanto menor a área geográfica de análise, maior tende a ser a interferência do fator migração na evolução demográfica.

Os gráficos a seguir ilustram muito bem os processos demográficos projetados para o futuro próximo. No gráfico de população (Figura 2.1) verifica-se a projeção de crescimento na população total (número de pessoas) dos estados de Minas Gerais e Bahia, representando uma curva que está se suavizando em seu ângulo de inclinação. A tendência destas curvas de crescimento demográfico, para além do período representado, é de se inverter, ocasião que a população passaria a diminuir em números absolutos. Segundo as projeções oficiais, contudo, até 2030 não se registraria ainda o ponto de inflexão mencionado anteriormente.

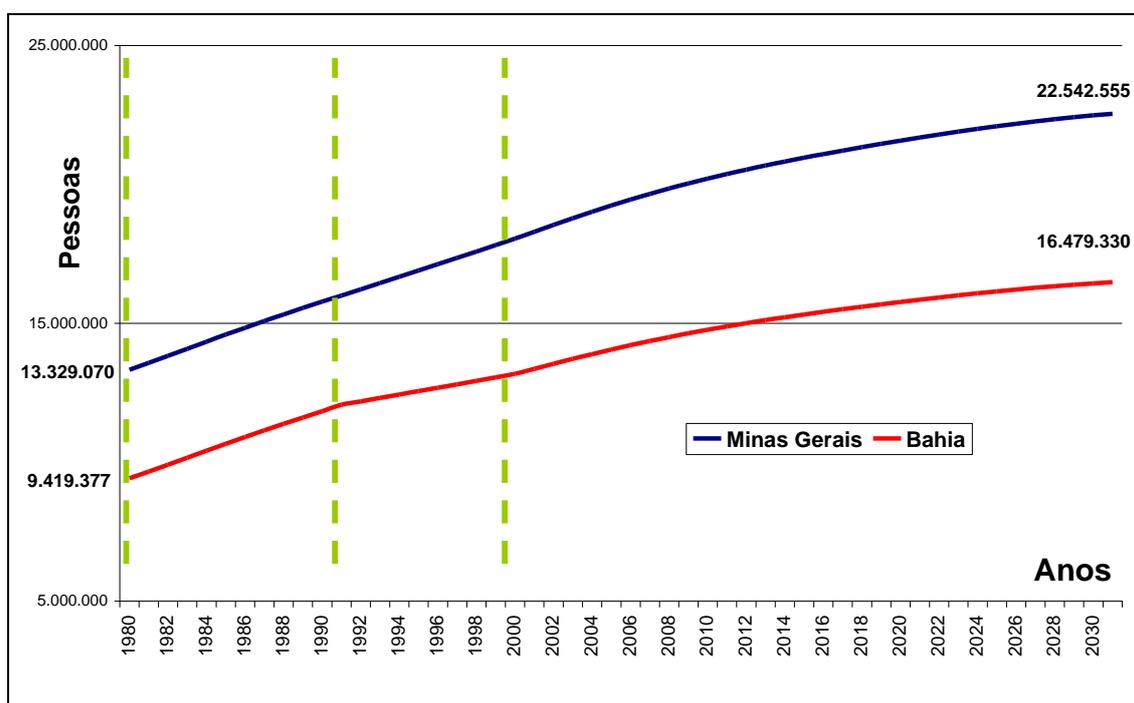
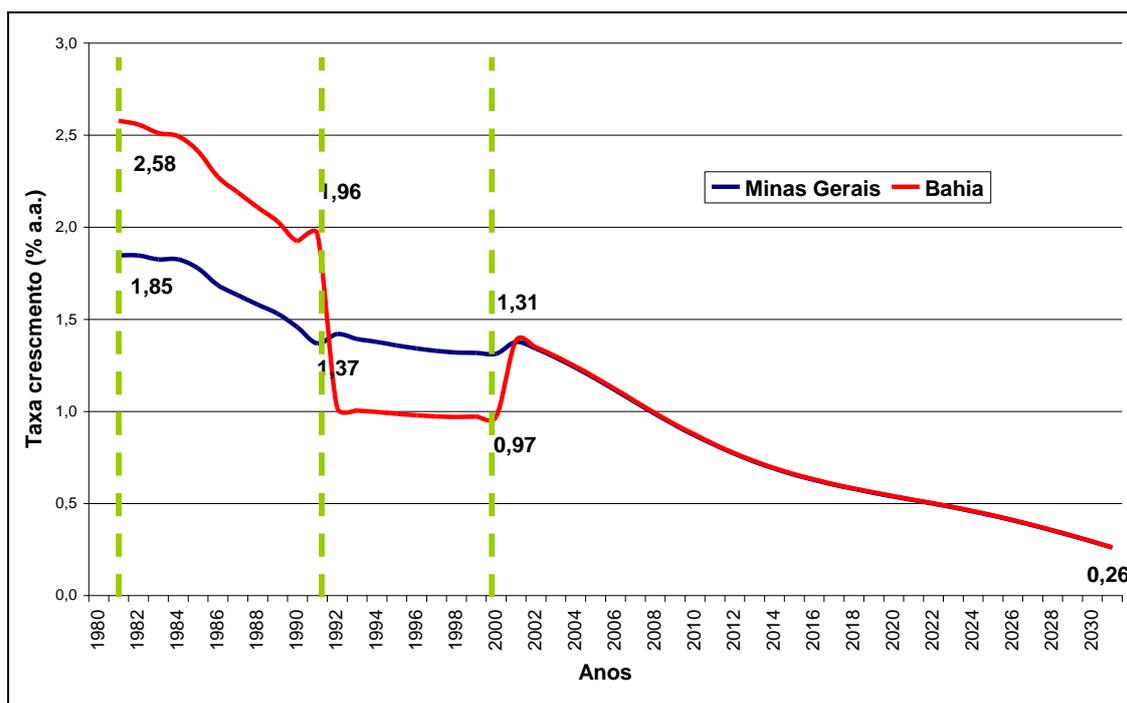


Figura 2.1 – População total recenseada e estimada 1980/2000 e projeção da população 2000/2030 – Minas Gerais e Bahia (Fonte: Projeções IBGE).

No gráfico de evolução relativa da população (Figura 2.2), por sua vez, verifica-se o acentuado decréscimo das taxas de crescimento anual. Observa-se que os valores das taxas projetados de crescimento da população são intercalados por períodos medidos pelos Censos Demográficos (1980, 1991 e 2000). As variações registradas nas taxas destes anos se devem à diferença entre os resultados medidos naqueles anos e os estimados nos períodos intercensitários (o que salienta as imprecisões acarretadas pelas projeções, ainda que amparadas nas melhores técnicas, frente a levantamentos censitários). Após o ano de 2000, as projeções oficiais dão conta de uma forte aproximação entre as taxas de crescimento de Minas Gerais e do Espírito Santo, o que se deve ao fato dos parâmetros de estimação serem nacionais e somente ajustados para os respectivos estados.



**Figura 2.2 – Taxa anual de crescimento demográfico – Minas Gerais e Bahia – 1980/2030 (Fonte: Projeções IBGE).**

Conforme mencionado anteriormente, quanto maior a unidade geográfica (unidade da federação, região ou país), mais precisas tendem a ser estas projeções, as quais incluem também estimativas de migração, entre outros aspectos metodológicos específicos, tais como nascimentos e óbitos registrados. Para o âmbito municipal, contudo, não se dispõem de dados particularizados do conjunto de variáveis utilizado para estas projeções. Assim, a simples projeção da taxa de crescimento populacional verificada em um período recente pode estar expressando também movimentos migratórios de expulsão ou acolhida de população que poderão não se manter no período seguinte, além de computar apenas parcialmente o provável comportamento das taxas de fecundidade e longevidade. Conforme o agrupamento territorial vai aumentando (sub-bacia ou Bacia) estas distorções específicas tendem a se atenuar, especialmente o fator migratório.

Outro aspecto que interfere nas projeções populacionais com base em taxas recentes de crescimento da população são as emancipações e desmembramentos de áreas de municípios para a instalação de novos. Deve-se observar se o período utilizado para projeção corresponde à mesma base territorial, condição que é alcançada plenamente somente em períodos recentes.

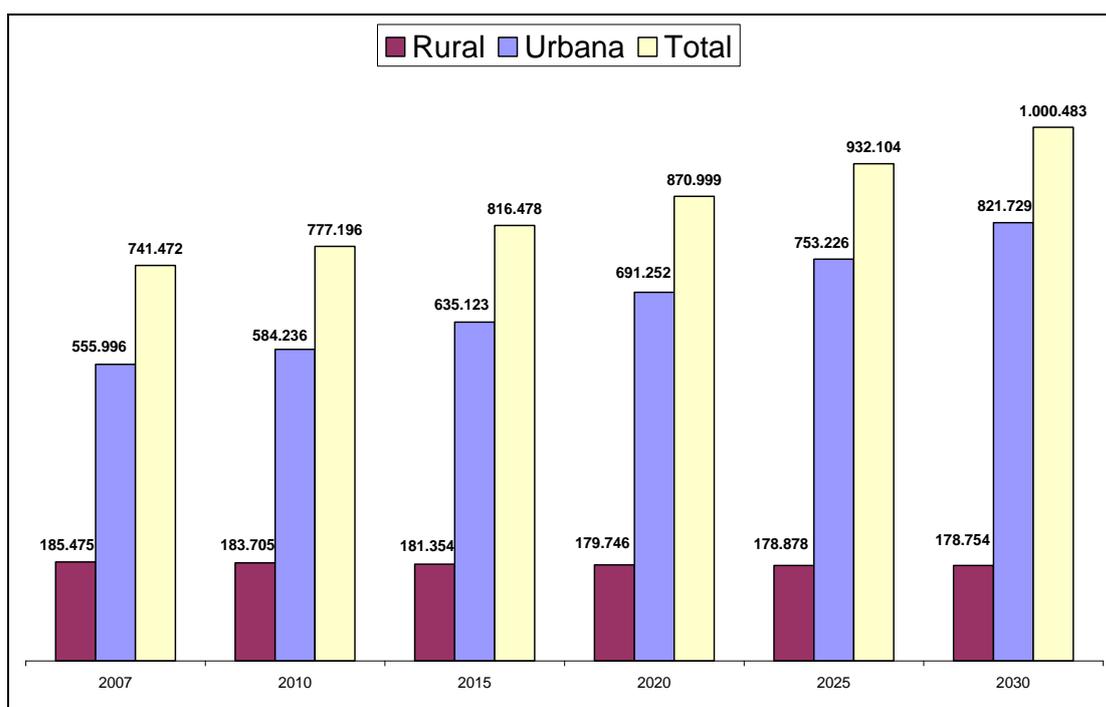
Em vista deste conjunto de aspectos relacionados com as projeções de população, optou-se pela taxa de crescimento verificada no período 2000/2007 como referência para estimar a população a partir de 2008. Assim, as projeções não contariam com processos de emancipação, os quais ocorreram em grande número nas décadas de 80 e 90 do século passado. Além disso, o período recente de 2000 a 2007 reflete melhor a tendência de redução das

taxas de crescimento populacional, aproximando mais a taxa de crescimento que será utilizada como base da projeção à taxa projetada para o futuro em relação aos estados de Minas Gerais e Bahia.

Assim, foram adotadas taxas anuais baseadas no crescimento verificado entre o Censo Demográfico de 2000 e a Contagem da População de 2007, exceto o município de Montes Claros, para o qual foi considerada a população estimada para o período por não ter participado da Contagem da População de 2007. Estas taxas foram projetadas para cada município no período que vai de 2008 a 2030 e corrigidas proporcionalmente à projeção da população total dos respectivos estados. De maneira geral, esta última correção resultou em uma redução nas taxas estimadas, apontando para um cenário tendencial de aumento da população total, porém, com desaceleração da taxa de incremento anual na bacia.

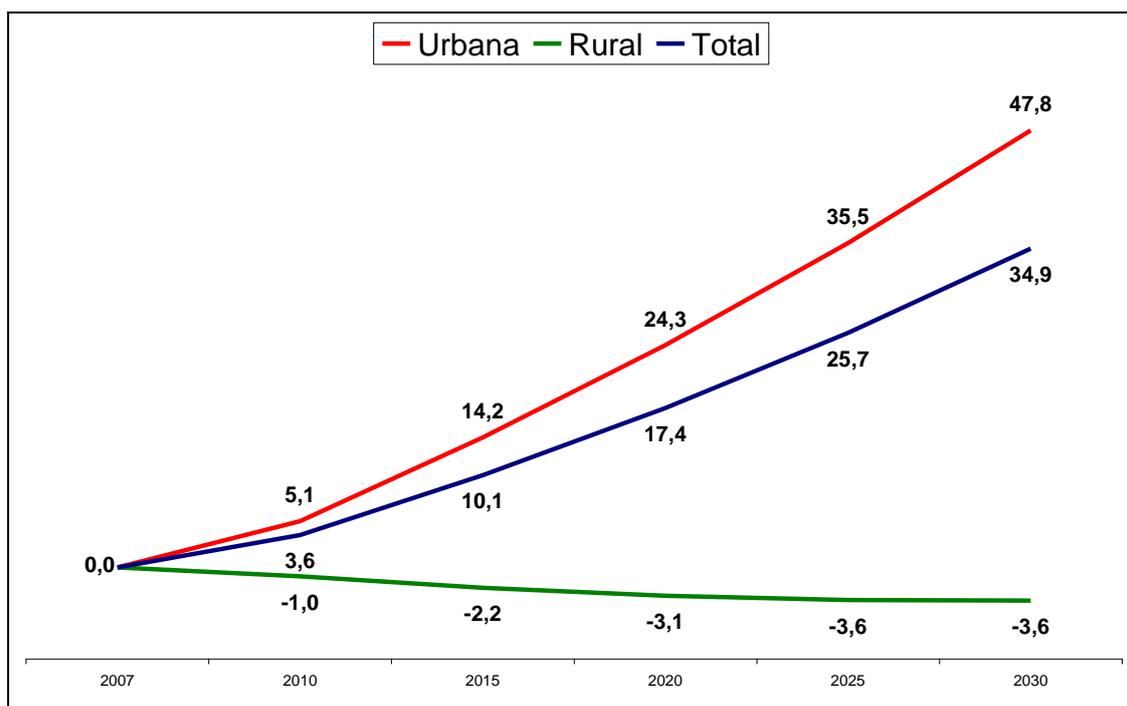
Tendo em vista que o processo de urbanização na bacia não se encontra ainda completamente consolidado e que a demanda hídrica para abastecimento humano é diferenciada para as populações rural e urbana, foram calculadas taxas específicas conforme a situação do domicílio (urbana ou rural), sendo que as estimativas de população total resultaram do somatório das populações rurais e urbanas projetadas separadamente.

Os resultados destas projeções são apresentados nos gráficos que seguem com vistas a salientar as tendências apontadas. Estima-se que a Bacia irá contar com um incremento de população total de 259.011 habitantes no período de 23 anos entre 2007 e 2030 (Figura 2.3). Este incremento será proporcionado principalmente pelo crescimento da população urbana, que é estimado 265.733 habitantes, compensado pela redução da população rural, estimada em 6.722 pessoas.



**Figura 2.3 – Projeção da população na Bacia do Rio Verde Grande (2007-2030).**

Em termos proporcionais (Figura 2.4), estima-se um crescimento total de 47,8% na população urbana no período 2007-2030, que combinado com uma taxa negativa de crescimento da população rural de -3,6% resulta em uma projeção de crescimento total da população de 34,9% em um período de 23 anos, correspondente a uma taxa de 1,31% a.a. A taxa anual de crescimento da população urbana projetada é de 1,71% a.a., enquanto a taxa projetada para a população rural é de -0,16% a.a.



**Figura 2.4 – Crescimento (%) da população na Bacia do Rio Verde Grande (2007-2030).**

A sub-bacia Alto Verde Grande concentra atualmente praticamente a metade de toda a população da Bacia (48,8%) elevando sua participação para 55,1% em 2030. Todas as demais sub-bacias também registram aumento da população, embora em algumas seja muito reduzido e a uma taxa menor que a AVG. (Figura 2.5).

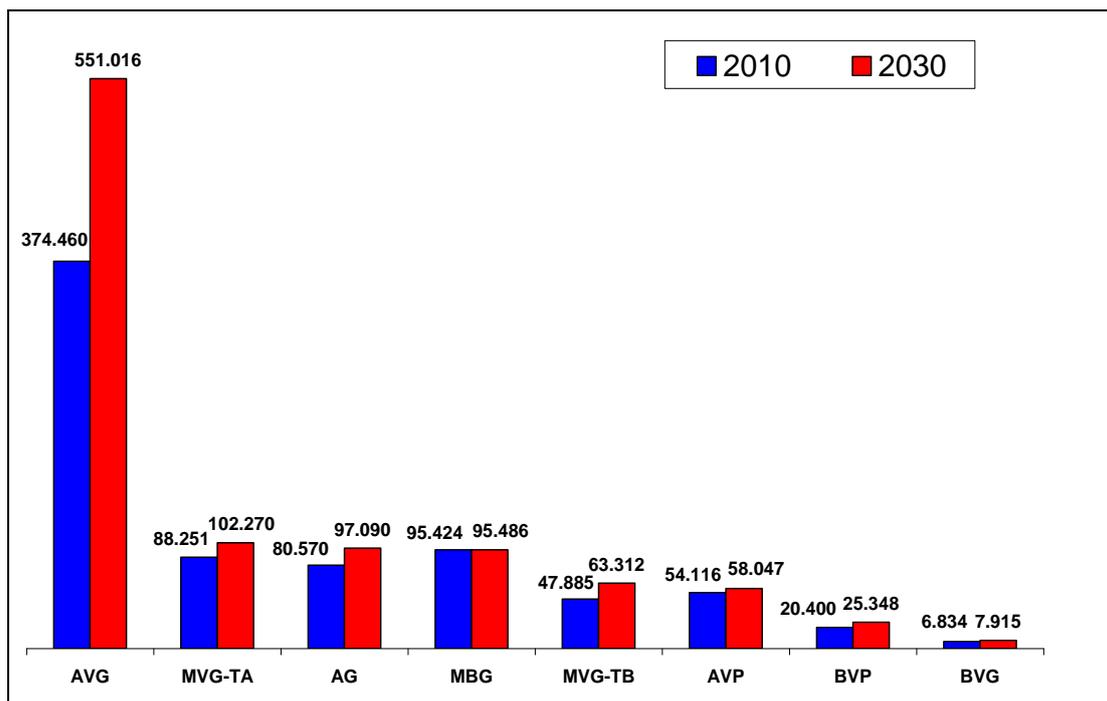


Figura 2.5 – Projeção da população da Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

As projeções apontam para um maior crescimento proporcional da população das sub-bacias Alto Verde Grande (1,95% a.a.) e Médio Verde Grande Trecho Baixo (1,41% a.a.). Todas as demais sub-bacias projetam um crescimento a taxas anuais menores que 1,1%, sendo que na sub-bacia Médio e Baixo Gorutuba praticamente não é projetado crescimento no período (Figura 2.6).

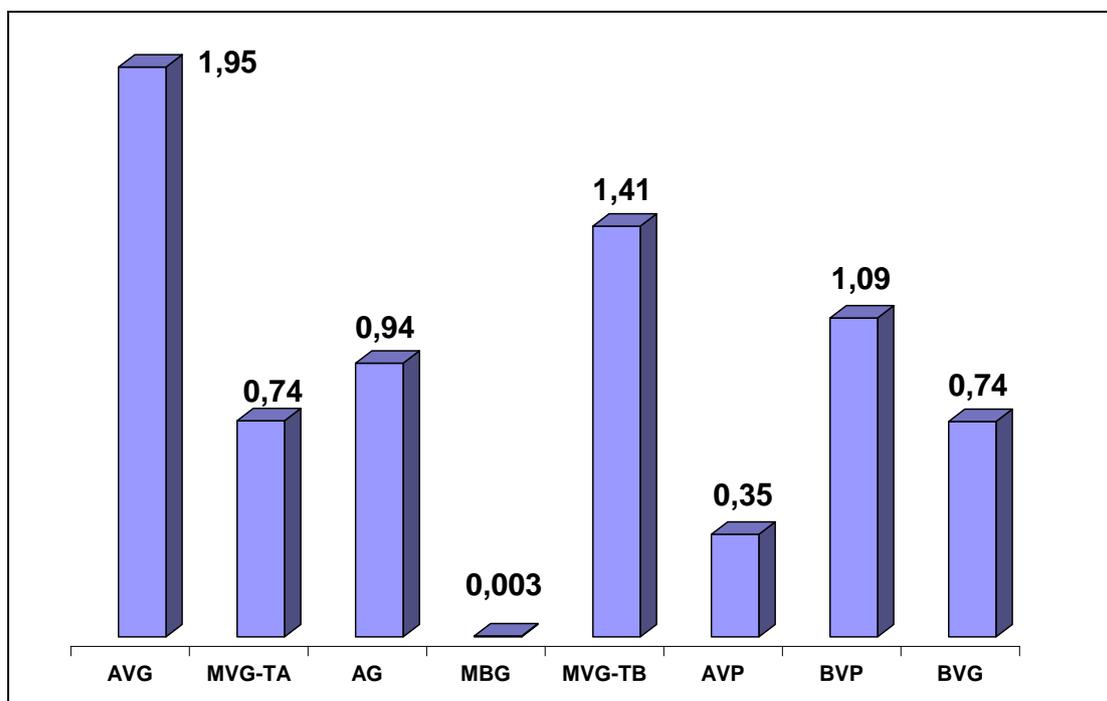


Figura 2.6 – Taxa de crescimento (% a.a.) da população projetada da Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

Com base, portanto, nestas projeções de população, o cenário tendencial da demanda para abastecimento humano se configura de forma similar ao comportamento projetado para o crescimento da população. As sub-bacias mais populosas são as que registram, também, maior volume de demanda, tendo em vista que o volume de água retirado e consumido corresponde basicamente à multiplicação por um valor de referência per capita.

## 2.2. VARIÁVEIS ECONÔMICAS

Para a elaboração do cenário tendencial da demanda de dessedentação de animais, bem como para as demais demandas exceto a humana, normalmente se busca uma metodologia que alie elementos sinalizadores dos movimentos propriamente econômicos da economia local com a evolução recente de parâmetros setoriais, tais como o tamanho dos rebanhos, a área plantada, o emprego industrial, dentre outros.

Com este procedimento procura-se estabelecer uma correlação entre as tendências recentes projetadas para o mercado agropecuário e industrial com a variação efetiva dos rebanhos, áreas de plantio e dos empregos, estabelecendo uma correlação entre estes dois elementos.

É possível supor que as variações nos valores monetários no PIB setorial não expressem diretamente e na mesma proporção um aumento ou redução na intensidade da exploração de recursos naturais, tais como os recursos hídricos. A composição dos valores de mercado dos produtos finais responde a fatores de oferta e procura, ganhos de eficiência produtiva, custos financeiros e tributários, entre outros, que afetam tão diretamente o desempenho econômico dos setores quanto o próprio crescimento da produção física de bens que utilizam recursos naturais. Assim, é possível considerar que a multiplicação do PIB setorial de uma região não signifique que nesta região a retirada ou o consumo de água venha a se multiplicar na mesma proporção. Entretanto, é óbvio que o desempenho geral da economia se reflete, em algum grau, na intensidade da utilização dos recursos naturais, o que justifica o uso deste indicador para o desenvolvimento de cenários futuros.

Outra vantagem deste procedimento é que todos os cálculos podem ser realizados em bases municipais e proporcionais à área do município na bacia e sub-bacia, aproximando ainda mais as estimativas da realidade física da bacia.

Contudo, dois aspectos dificultaram a utilização deste procedimento na bacia do Verde Grande. De um lado, a disponibilidade de água na bacia, como foi diagnosticado, é reduzida e se aproxima do limite em relação à demanda. Neste sentido, as taxas a serem utilizadas nas projeções seriam muito artificiais se fossem elevadas, estimando um crescimento que não teria condições de ocorrer tendo em vista a indisponibilidade de água para tal. De outro lado, o período recente de atividade econômica na bacia registrou crescimento intenso.

Conforme é possível observar na Figura 2.7, o crescimento do PIB Municipal na bacia do Verde Grande é da ordem de 3,86% a.a. no período 2002/2006, impulsionado pelo crescimento do setor de serviços (5,22% a.a.) e também pelo setor industrial (1,85% a.a.). O único setor que registrou crescimento negativo foi justamente o setor agropecuário com taxa na bacia de -0,52% a.a. no período. Cabe observar, contudo, que o desempenho do setor agropecuário na bacia não é homogêneo.

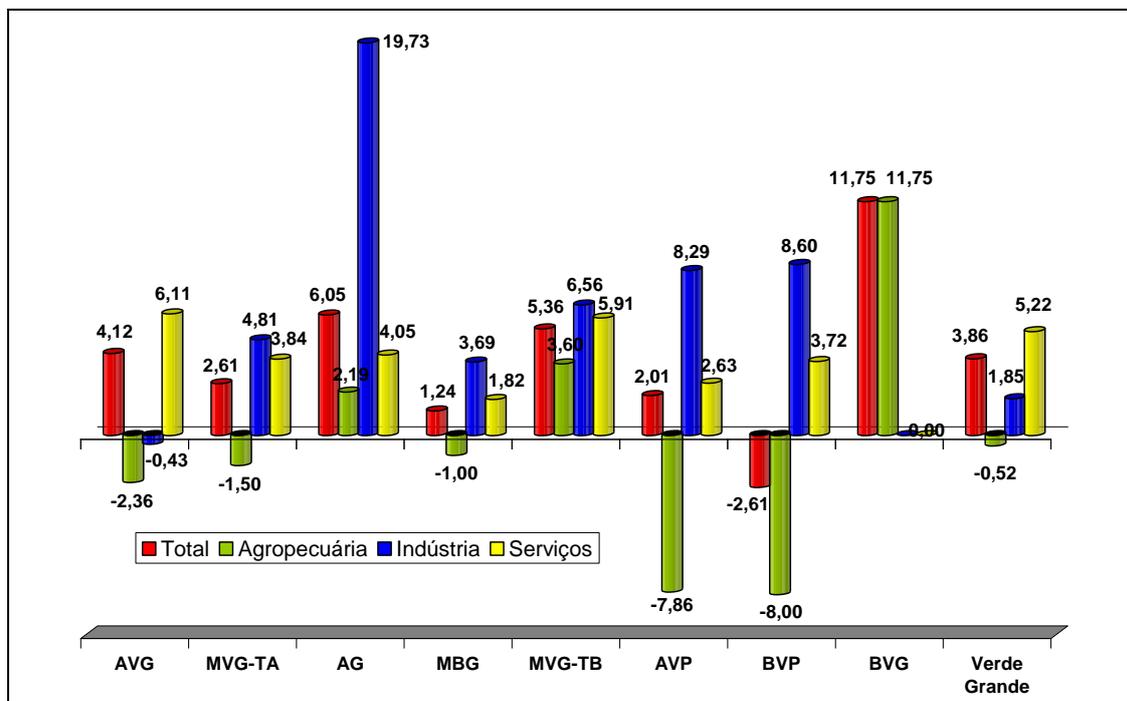


Figura 2.7 – Variação (% a.a.) do PIB Municipal e setorial por sub-bacia da Bacia do Rio Verde Grande (2002-2006).

O desempenho do setor agropecuário é o de maior impacto sobre a demanda hídrica, formada principalmente pela irrigação. Neste caso, uma avaliação mais detida do comportamento do setor agropecuário se justifica. Inicialmente, avaliando-se o crescimento dos rebanhos e das áreas de plantio, registra-se um padrão de desempenho (Figura 2.8), no qual crescem os rebanhos e a área de plantio de cultivos permanentes enquanto diminui a área de plantio de cultivos temporários. Ou seja, o desempenho negativo do PIB Agropecuário está associado principalmente ao desempenho dos cultivos temporários, enquanto os cultivos permanentes e a pecuária expandiram-se no período, registrando taxas mais elevadas na Bacia do Verde Grande do que comparativamente com os estados de Minas Gerais e da Bahia.

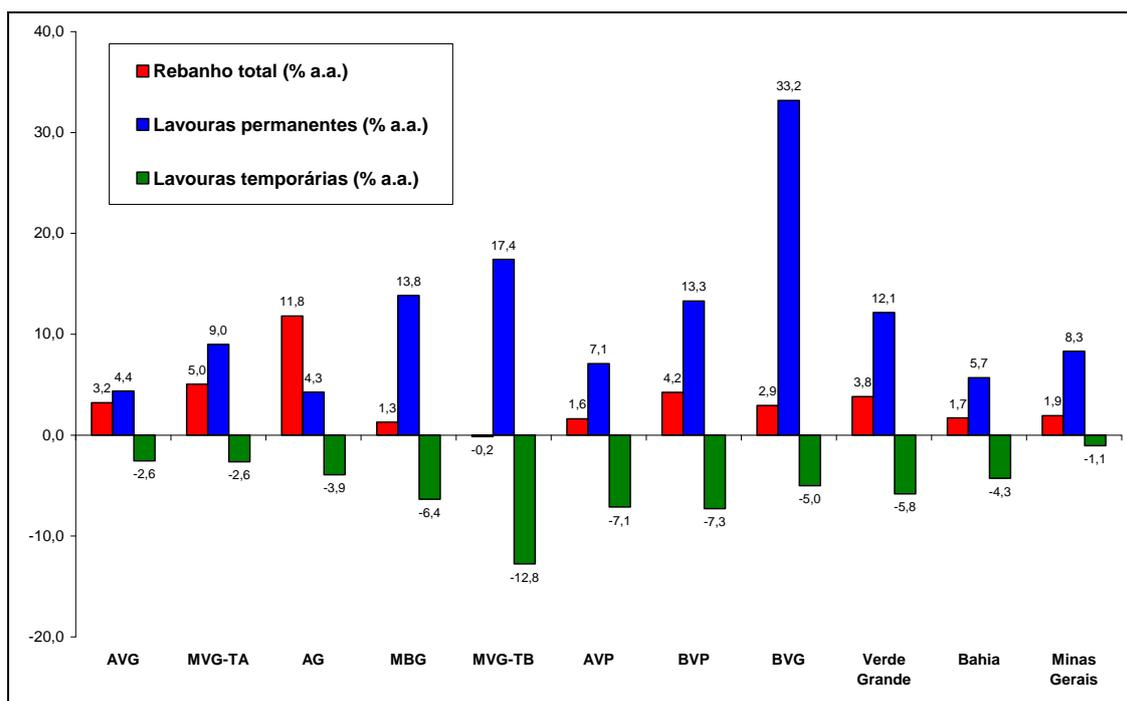


Figura 2.8 – Variação do total dos rebanhos e das áreas plantadas de lavouras temporárias e permanentes por sub-bacia da Bacia do Rio Verde Grande (Censo Agropecuário 1996/2006).

Considerando que a demanda hídrica, no caso da Bacia do Verde Grande, está associada fortemente com os cultivos permanentes, considerar a taxa do PIB agropecuário seria privilegiar o desempenho dos cultivos temporários, precisamente os que demandam menor volume de água. Além disso, projetaria um desempenho negativo para a demanda de água, ou seja, a projeção seria de redução da demanda de água, o que não parece consistente com a realidade da bacia atualmente.

Em vista disso, foram realizadas diversas projeções considerando, de um lado, as taxas de crescimento dos rebanhos e das áreas de cultivos permanentes e, de outro lado, as taxas de crescimento do PIB total e setorial, exceto o PIB agropecuário, pelas razões expostas acima. Além disso, foram realizadas projeções considerando os valores por município (calculados município a município e posteriormente somados), bem como projeções utilizando taxas agregadas (para a bacia e para as sub-bacias).

Em todas as projeções realizadas, os valores de demanda mais que dobrariam no período até 2030 (ou seja, registrariam crescimento superior a 100% neste período), chegando, em diversos casos, a demandas de sete ou oito vezes maior que a atual.

Considerando-se a disponibilidade hídrica da bacia, mantido o cenário atual de oferta de água, não seria sustentável imaginar um crescimento da demanda que dobrasse a retirada atual. Assim, qualquer destes cenários tendenciais representaria um valor muito superior à disponibilidade na bacia.

Assim, optou-se pela projeção que resultasse no menor índice de crescimento da demanda na bacia, a qual corresponde à aplicação da taxa de crescimento do PIB Municipal do período 2002/2006 aos valores de demanda para dessedentação de animais, bem como para irrigação e demanda industrial.

Para o cálculo deste indicador, portanto, utilizou-se como referência a evolução recente do PIB Municipal, verificado no período entre 2002 e 2006. Os valores foram ajustados para a mesma base comparativa (descontado o deflator implícito do PIB) e foi calculada a taxa de crescimento no período resultando em 3,86 % a.a. Esta taxa foi aplicada sobre demanda hídrica informada pelo Cenário Atual, resultando nos valores de demanda apresentados no item a seguir.

### **3. CENÁRIO TENDENCIAL DAS DEMANDAS HÍDRICAS**

### 3. CENÁRIO TENDENCIAL DAS DEMANDAS HÍDRICAS

O presente capítulo trata das quantificações das demandas e consumos de água para situações futuras da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, avaliando tais situações em cada uma das Sub-Bacias.

Além da importância na obtenção dos balanços hídricos, a determinação das demandas e dos consumos hídricos futuros servirão também para subsidiar a simulação da qualidade das águas superficiais.

O presente estudo baseia-se na existência de duas grandes classes de usos da água: os usos consuntivos e os usos não-consuntivos, sendo que as estimativas das demandas hídricas futuras foram baseadas nas tendências de evolução previstas nos diferentes usos consuntivos identificados na Bacia do Rio Verde Grande – irrigação, abastecimento humano, dessedentação animal e abastecimento industrial.

Neste contexto, é importante ressaltar a distinção entre demanda hídrica e consumo hídrico. Entende-se por demanda hídrica a quantidade de água necessária ou que é solicitada para a execução de uma determinada atividade; representa, assim, a quantidade de água que é **retirada** do manancial.

O conceito de **consumo** hídrico, por sua vez, é entendido como a parcela da demanda que é efetivamente utilizada (ou gasta) no desenvolvimento dessa atividade, seja por sua inclusão como matéria-prima no processo, seja por perdas como a evaporação e infiltração, ou mesmo a degradação da água demandada de tal forma que seja impossível sua utilização posterior.

A diferença quantitativa entre a demanda e o consumo é denominada de **retorno**, representando a parcela restante da demanda que volta ao manancial, através do sistema de drenagem e/ou sistemas de esgotamento sanitários, e em condições de ser utilizada a jusante, ainda que possa contar com perdas de qualidade.

A quantificação dos usos consuntivos utiliza ambos os conceitos. Quando o conceito utilizado for 'demanda', os valores apresentados referem-se à parcela retirada do manancial, independentemente do percentual que é efetivamente utilizado; já quando se fizer referência ao 'consumo', estar-se-á considerando o montante que realmente será consumido, excluindo-se do valor a parcela de água que retorna ao manancial.

Os usos consuntivos, assim como as próprias disponibilidades hídricas, apresentam variação, em termos quantitativos, ao longo do ano. Essa variação é associada à sazonalidade, seja da atividade usuária, seja das condições em que se processa essa atividade. Contudo, neste estudo, as demandas e consumos associados aos usos consuntivos foram determinados somente em termos anuais, o que pode acarretar em algumas distorções, especialmente no consumo para irrigação, o qual tende a se elevar justamente no período de escassez de água.

O detalhamento da metodologia adotada para o cálculo das demandas e consumos hídricos associados aos usos consuntivos é apresentado no Diagnóstico, sendo que os valores obtidos nestes cálculos são assumidos como Cenário Atual para efeitos deste Prognóstico.

Assim, a estimativa das vazões de retirada informada pelo Cenário Atual está distribuída para cada um dos municípios segundo o tipo de demanda (humana, animal, industrial e irrigação). Sobre esta base de valores de demandas municipais foram aplicados coeficientes que projetam os cenários futuros. Ou seja, assim como o Cenário Atual, os Cenários Futuros disponibilizam estimativas por tipo de demanda por município.

A demanda distribuída por sub-bacia é calculada conforme a localização da sede urbana (para as demandas de abastecimento urbano e industrial) e a proporção da área rural que faz parte da sub-bacia (para as demandas de abastecimento rural, dessedentação animal e irrigação). Desta forma, as vazões de retirada são tabuladas, através de somatórios, por tipo de usuário (humana, animal, industrial e irrigação) e por localização geográfica (sub-bacia

No caso da bacia hidrográfica do Verde Grande, como foi verificado a partir das projeções realizadas para o cenário tendencial, não faz sentido tentar estimar potenciais variações de demanda, por conta de um desempenho melhor ou pior das variáveis econômicas e demográficas, uma vez que há muito pouca elasticidade para variação considerando a oferta hídrica e a demanda já configurada atualmente. Antes disso, os cenários alternativos, ao invés de variar a demanda, devem considerar possíveis incrementos de oferta, por conta de uma maior exploração de águas subterrâneas ou a transposição de outras bacias hidrográficas.

A seguir, portanto, são apresentados os resultados da quantificação da demanda hídrica relativa às projeções para cada uso consuntivo na Bacia do Rio Verde Grande considerando o cenário tendencial para o período entre 2007 e 2030. Ao final, tais resultados são apresentados em conjunto, a fim de possibilitar uma comparação quanto à representatividade de cada um dos usos frente à situação hídrica total da Bacia.

Por ser o uso prioritário da água – por força de lei – o abastecimento humano é o primeiro uso consuntivo abordado, seguido pela dessedentação de animais, pela agricultura irrigada e pelo uso industrial. Para cada uso, será apresentada a metodologia utilizada e os resultados obtidos pelas projeções.

### 3.1. ABASTECIMENTO HUMANO

A estimativa de demanda para o abastecimento humano subdivide-se em Demanda Urbana e Demanda Rural, sendo que esta última refere-se exclusivamente ao consumo de água das comunidades rurais, não incluindo o abastecimento demandado para a criação de animais e irrigação, os quais foram calculados separadamente.

Partindo das demandas hídricas calculadas no Diagnóstico para cada

município, as demandas futuras de água para abastecimento humano nos horizontes temporais do cenário tendencial foram estimadas com base na projeção da evolução demográfica para o período de cearização.

Como as fontes de dados demográficos têm como unidade os municípios, as estimativas populacionais foram calculadas primeiramente para estes e, após, as percentagens de área rural e urbana de cada município nas sub-bacias foram aplicadas sobre as respectivas demandas de água superficial para atendimento às populações dos municípios da Bacia, possibilitando o cálculo da demanda para abastecimento humano.

Foi considerado que todos os municípios captam água dentro da Bacia do Rio Verde Grande, desprezando-se eventuais captações fora da bacia. Assim, também, as demandas foram consideradas de acordo com a localização das populações e não de acordo com os locais de captação, os quais, em alguns casos, podem ocorrer em uma sub-bacia diferente daquela que a população se localiza.

As projeções das demandas hídricas para abastecimento humano, tanto urbano quanto rural, pressupõem somente a projeção da população. As demandas per capita foram mantidas fixas, ou seja, no cenário tendencial não se está considerando ganhos de eficiência por conta da redução de perdas ou racionalização do consumo.

A seguir serão apresentados e comentados gráficos que expressam as tendências projetadas e a magnitude dos volumes retirados pelas sub-bacias e pelos tipos de demanda de água. O conjunto completo dos valores de retirada, retorno e consumo para cada tipo de demanda e para cada sub-bacia encontra-se desde o Quadro 3.3 ao Quadro 3.8 no final deste capítulo.

A Figura 3.1 apresenta a retirada projetada no período 2010/2030 para abastecimento humano da população urbana da Bacia do Rio Verde Grande. Em 2010 é estimada uma retirada de 1,194 m<sup>3</sup>/s, a qual corresponde um consumo de 0,238 m<sup>3</sup>/s. Considerando as projeções de população, em 2030 a retirada total da bacia é estimada em 1,703 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a um consumo estimado de 0,340 m<sup>3</sup>/s, ou seja, registra-se um crescimento de 42,5% na demanda no período de 20 anos (1,8% a.a.).

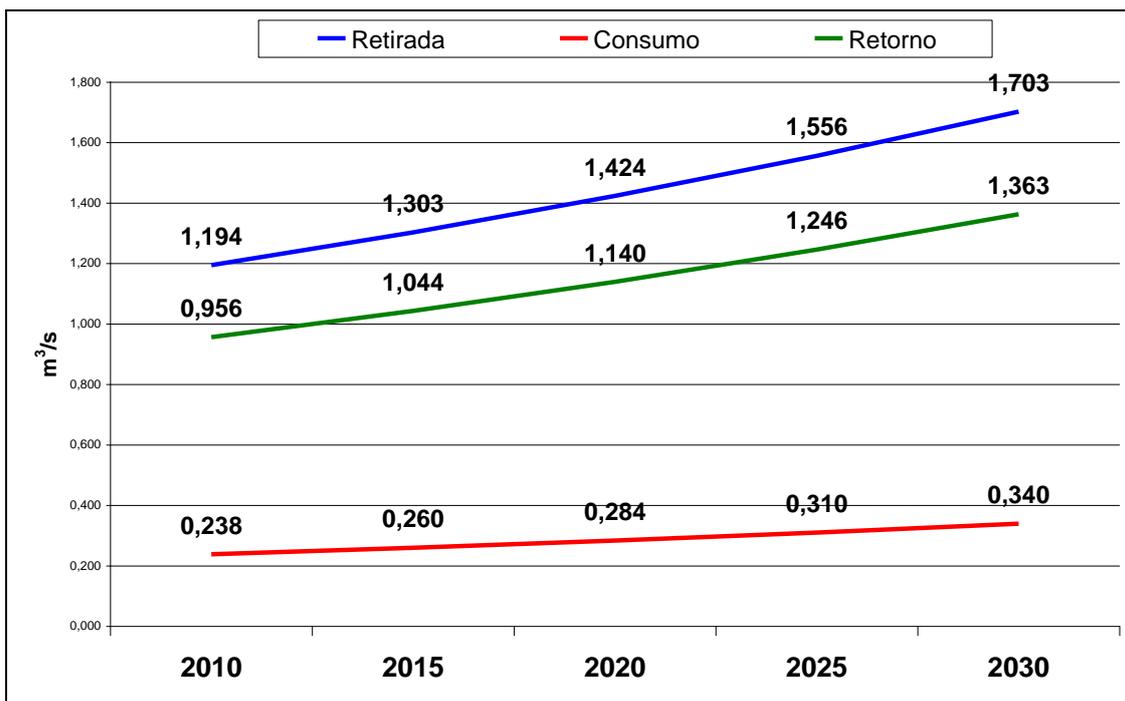


Figura 3.1 – Demanda projetada para abastecimento humano da população urbana da Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

A sub-bacia Alto Verde Grande (AVG), que abriga o município de Montes Claros, é responsável por 73,1% da demanda de abastecimento urbano atualmente na bacia (0,873 m<sup>3</sup>/s). Considerando que a taxa de crescimento da população urbana é maior nesta sub-bacia, estima-se que em 2030 a participação desta sub-bacia represente 76,1% de demanda total de abastecimento urbano, conforme pode ser observado na Figura 3.2.

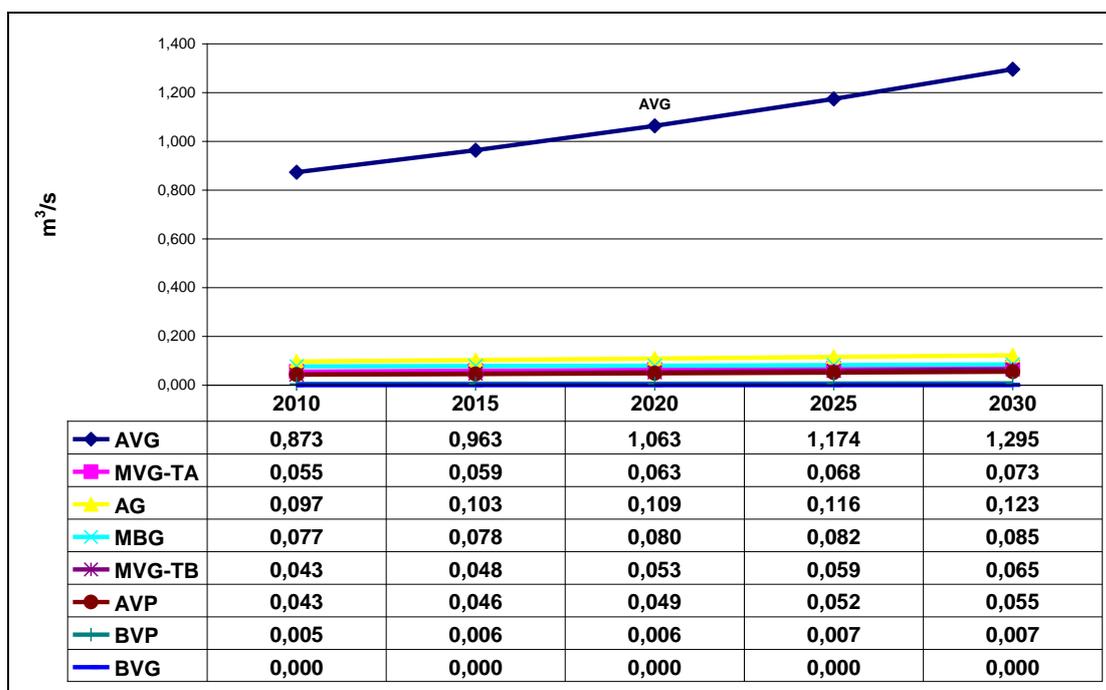


Figura 3.2 – Retirada projetada para abastecimento humano da população urbana da Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

A Figura 3.3 apresenta a retirada projetada no período 2006/2030 para abastecimento humano da população rural da Bacia do Rio Verde Grande. Como a população rural registra índices de crescimento negativos, a demanda para abastecimento desta população também é declinante no cenário tendencial projetado. Estima-se que em 2030 a atual retirada de 0,124 m<sup>3</sup>/s passe a ser de 0,119 m<sup>3</sup>/s, representando uma redução de -3,8%. O consumo deste tipo de demanda é em torno da metade da retirada.

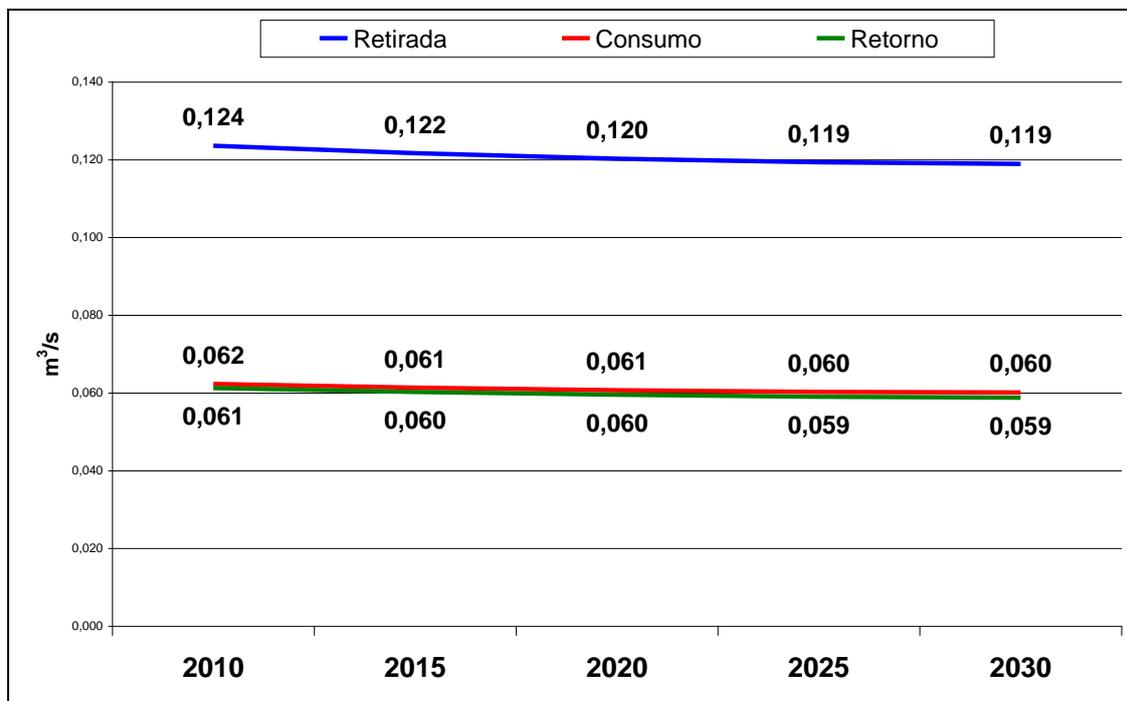


Figura 3.3 – Demanda projetada para abastecimento humano da população rural da Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

As sub-bacias Médio e Baixo Gorutuba (MBG), Médio Verde Grande Trecho Alto (MVG-TA) e Alto Verde Pequeno (AVP) são responsáveis por 65,7% da retirada para abastecimento da população rural da bacia, conforme pode ser observado na figura que segue (Figura 3.4).

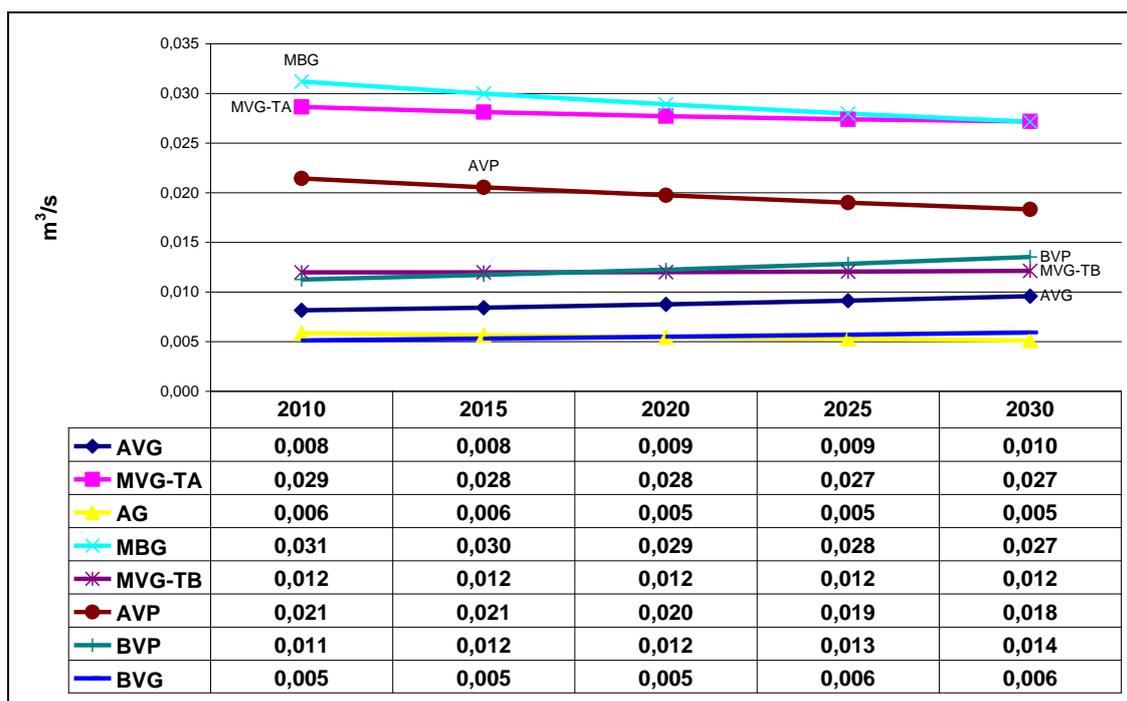


Figura 3.4 – Retirada projetada para abastecimento humano da população rural da Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

### 3.2. DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

Para a elaboração do cenário tendencial da demanda de dessedentação de animais, bem como para as demais demandas exceto a humana, normalmente se busca uma metodologia que alie elementos sinalizadores dos movimentos propriamente econômicos da economia local com a evolução recente de parâmetros setoriais, tais como o tamanho dos rebanhos, a área plantada, o emprego industrial, dentre outros.

Para o cálculo deste indicador, conforme explicado no capítulo anterior, utilizou-se como referência a evolução recente do PIB Municipal, verificado no período entre 2002 e 2006. Os valores foram ajustados para a mesma base comparativa (descontado o deflator implícito do PIB) e foi calculada a taxa de crescimento no período resultando em 3,86 % a.a. Esta taxa foi aplicada sobre demanda hídrica informada pelo Cenário Atual, resultando nos valores de demanda apresentados a seguir.

O resultado das projeções assim realizadas é apresentado nos gráficos que seguem, sendo que a tabela completa de valores encontra-se no final deste capítulo (Quadro 3.5).

A demanda total estimada para dessedentação de animais em 2010, que é de 0,833 m<sup>3</sup>/s é projetada para 1,776 m<sup>3</sup>/s em 2030, ou seja, um crescimento de 113,1%. A maior parte desta retirada será consumida (1,423 m<sup>3</sup>/s), representando 80% do total, conforme Figura 3.5.

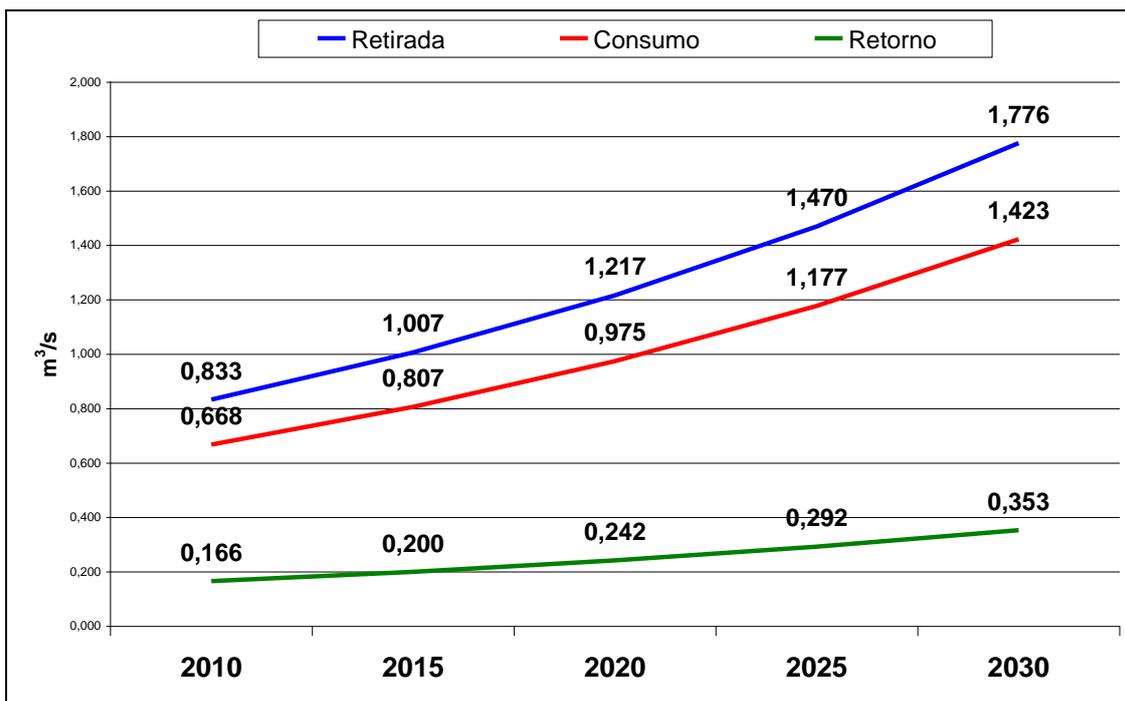


Figura 3.5 – Demanda projetada de dessedentação de animais na Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

A retirada projetada para dessedentação de animais é mais elevada, atualmente, nas sub-bacias Médio Verde Grande Trecho Alto (MVG-TA), correspondendo a 32,9% do total em 2010, Médio e Baixo Gorutuba – MBG (19,8%) e Alto Verde Grande – AVG (13,3%) (Figura 3.6).

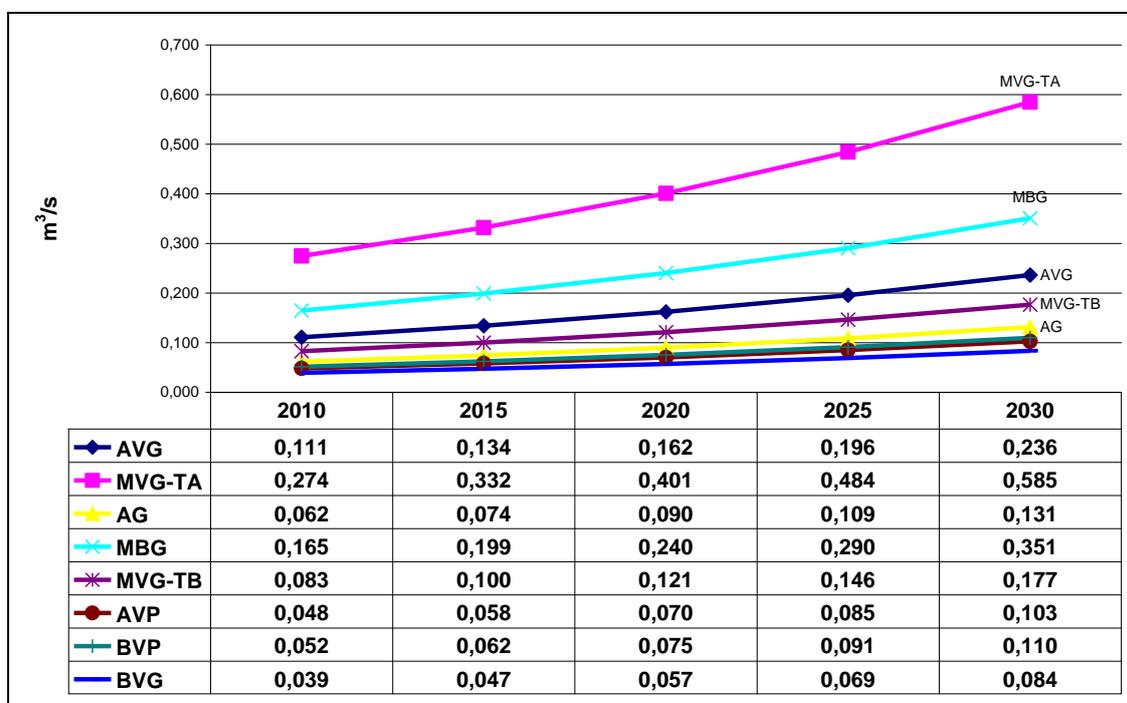


Figura 3.6 – Retirada projetada de dessedentação de animais na Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

### 3.3. IRRIGAÇÃO

Para a projeção do cenário tendencial da demanda hídrica para irrigação foi utilizada a mesma metodologia descrita anteriormente para a dessedentação de animais, ou seja, foi considerada a taxa de 3,86% a.a. correspondente ao PIB Municipal da Bacia aplicada aos valores de demanda para irrigação registrados no Cenário Atual.

O resultado das projeções realizadas é apresentado nos gráficos que seguem, sendo que a tabela completa de valores encontra-se no final deste capítulo (Quadro 3.6).

A demanda hídrica para irrigação projetada para o cenário 2010/2030, considerando a taxa utilizada, resulta em um crescimento de 113,1% (Figura 3.7). Ou seja, em um período de 20 anos a demanda mais que dobraria se fosse mantido o ritmo de crescimento da economia registrado no período recente. A demanda total estimada em 2010 de 10,832 m<sup>3</sup>/s é projetada para 23,082 m<sup>3</sup>/s em 2030. Destaca-se na demanda para irrigação o elevado consumo associado, estimado em 2010 em 8,672 m<sup>3</sup>/s e projetado para 18,479 m<sup>3</sup>/s em 2030.

Cabe observar, contudo, que se trata de uma projeção que considera apenas a taxa de incremento da retirada, sem considerar ainda a disponibilidade hídrica, a qual, sendo mantido o cenário atual, não seria suficiente para atender a esta demanda.

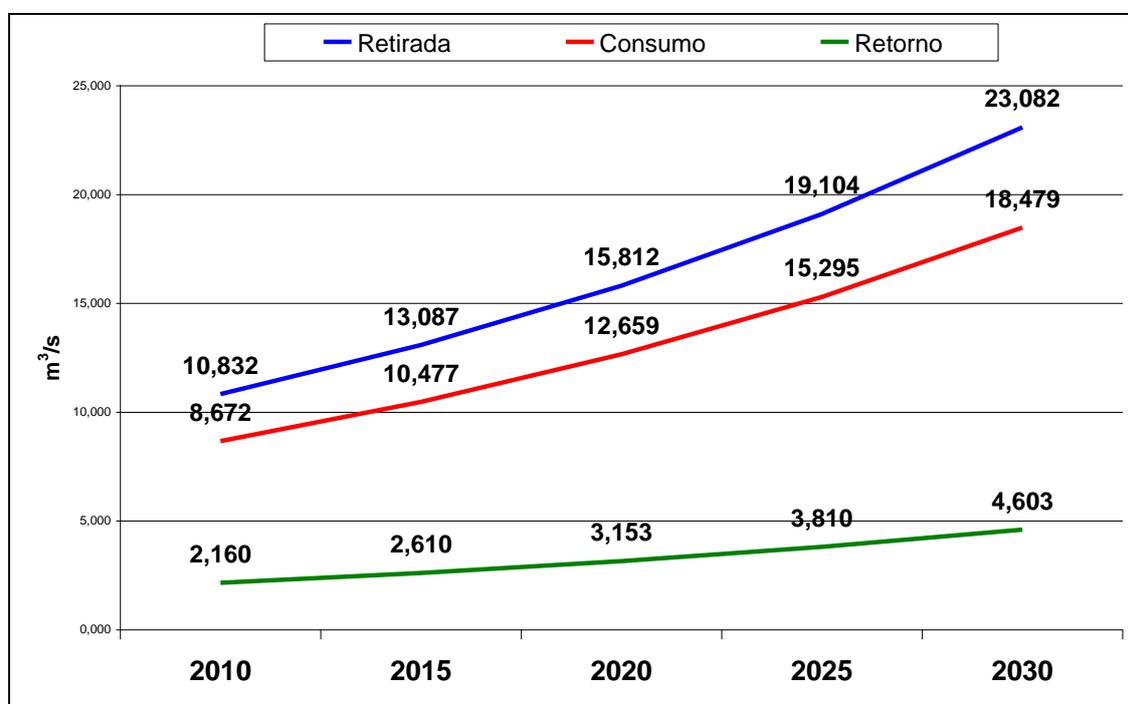


Figura 3.7 – Demanda projetada de irrigação na Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

A retirada projetada para irrigação é mais elevada, atualmente, nas sub-bacias do Gorutuba (AG e MBG perfazem 45,4% da retirada total em 2010) e Verde

Pequeno (AVP registra 20,6% da retirada em 2010) (Figura 3.8). A menor retirada registrada atualmente para irrigação é na sub-bacia Alto Verde Grande (0,114 m<sup>3</sup>/s).

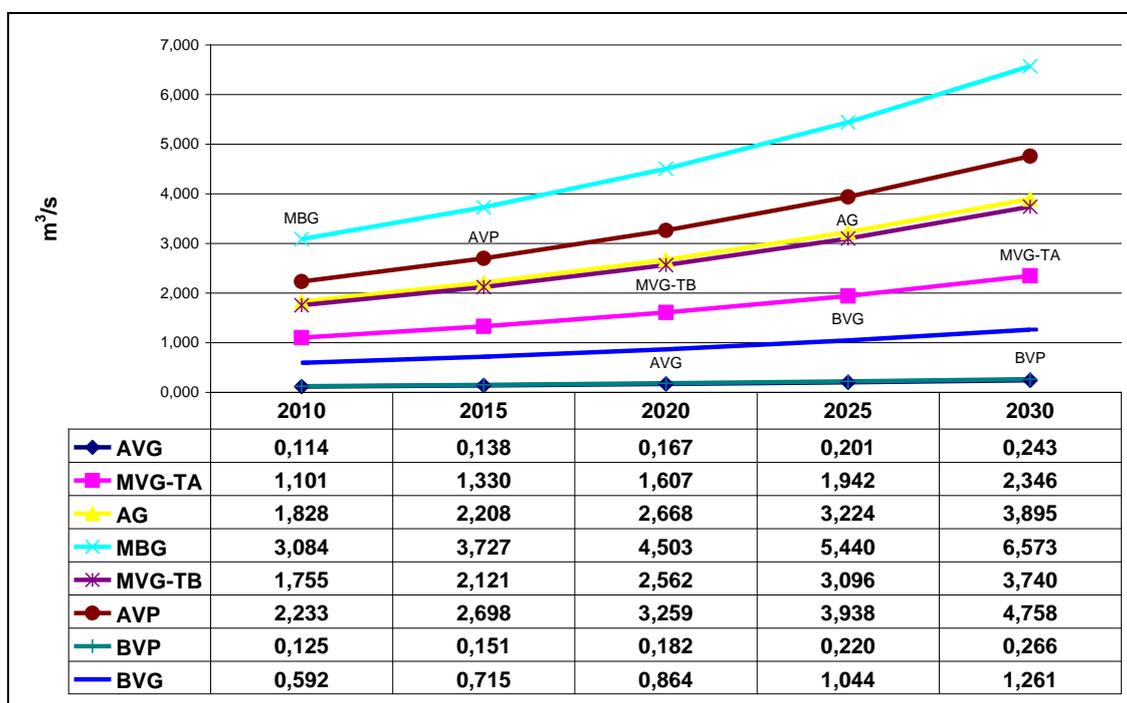


Figura 3.8 – Retirada projetada de irrigação na BHVG por sub-bacia (2010-2030).

### 3.4. INDÚSTRIA

Para a projeção dos cenários de demanda de água para a atividade industrial foi utilizada a mesma base metodológica das demandas de dessedentação animal e irrigação, ou seja, foi considerada a taxa de 3,86% a.a. correspondente ao PIB Municipal da Bacia aplicada aos valores de demanda para abastecimento industrial registrados no Cenário Atual.

O resultado das projeções realizadas é apresentado nos gráficos que seguem, sendo que a tabela completa de valores encontra-se no final deste capítulo (Quadro 3.8).

A demanda hídrica para a indústria projetada para o cenário 2010/2030 parte de uma retirada total estimada em 2010 de 0,198 m<sup>3</sup>/s projetando um crescimento para 0,423 m<sup>3</sup>/s em 2030, do qual o consumo representa apenas 0,084 m<sup>3</sup>/s (Figura 3.9).

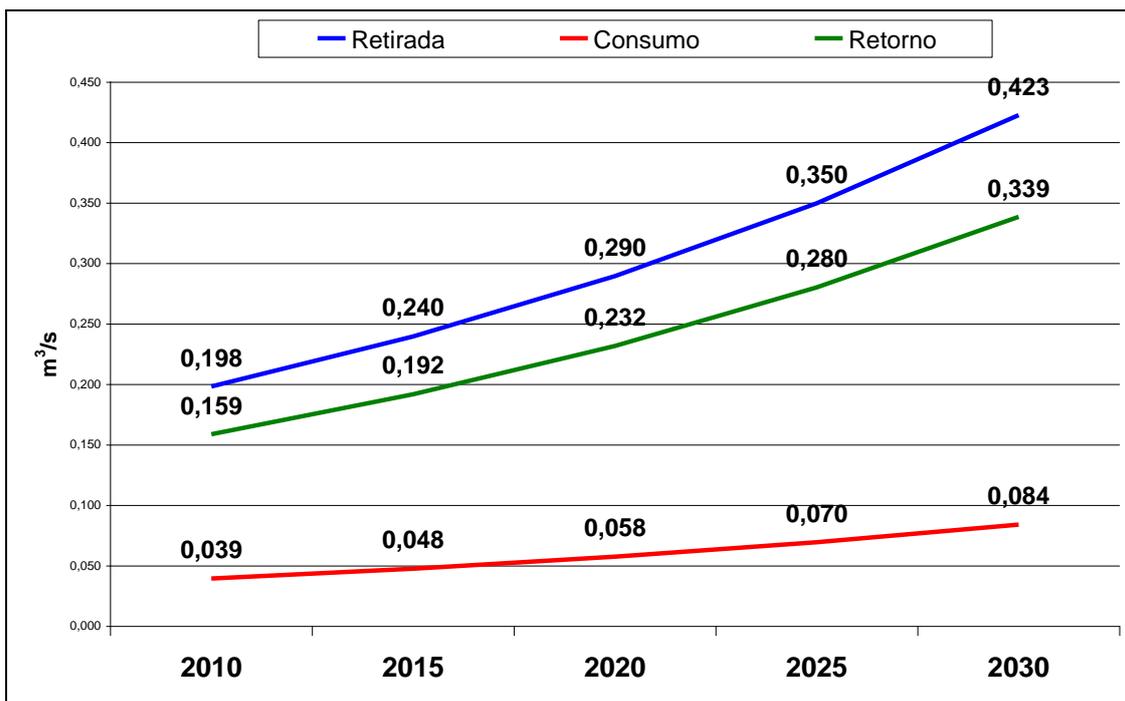


Figura 3.9 – Demanda industrial projetada na Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

A retirada projetada para a indústria é registrada, atualmente, apenas nas sub-bacias Alto Verde Grande (86,9% do total em 2010) e Alto Gorutuba (13,1%) (Figura 3.10).

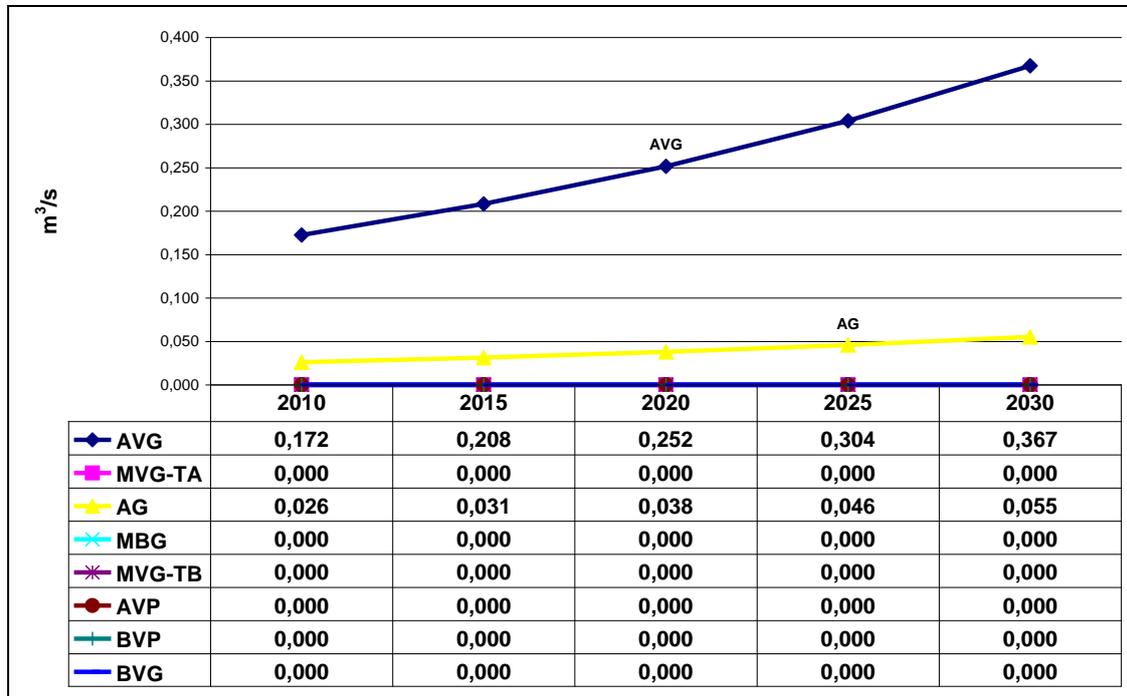


Figura 3.10 – Retirada projetada para a indústria na Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

### 3.5. PROJEÇÃO DA DEMANDA TOTAL

Considerando todos os tipos de demanda analisados anteriormente, a retirada total projetada na Bacia do Rio Verde Grande em 2010, estimada em 13,182 m<sup>3</sup>/s passará em 2030 para 27,102 m<sup>3</sup>/s (Figura 3.11). Estima-se que a maior parcela desta retirada será consumida (75,2% no cenário projetado de 2030), por conta da grande participação da irrigação na demanda total.

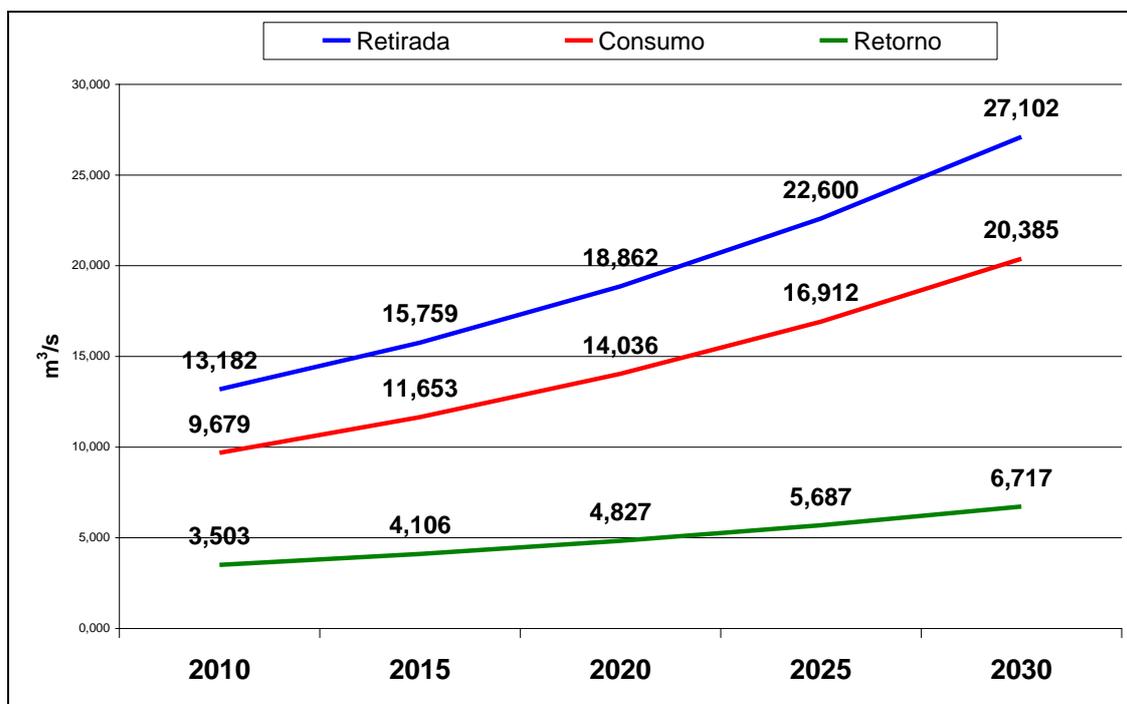


Figura 3.11 – Demanda projetada total na Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).

Conforme foi mencionado, o tipo de demanda com maior participação na retirada é para irrigação, que tenderá a manter sua participação atual no cenário de 2030 (próximo de 85,2%, conforme Figura 3.12). A segunda maior parcela de demanda é constituída pela retirada para dessedentação de animais projetando uma participação de 6,6% em 2030, seguida pelo abastecimento urbano (6,3% em 2030).

Em termos de consumo de água, a participação projetada para 2030 da demanda de irrigação é de 90,6% do consumo projetado, seguido da dessedentação de animais (7,0%) e do abastecimento urbano (1,7%).

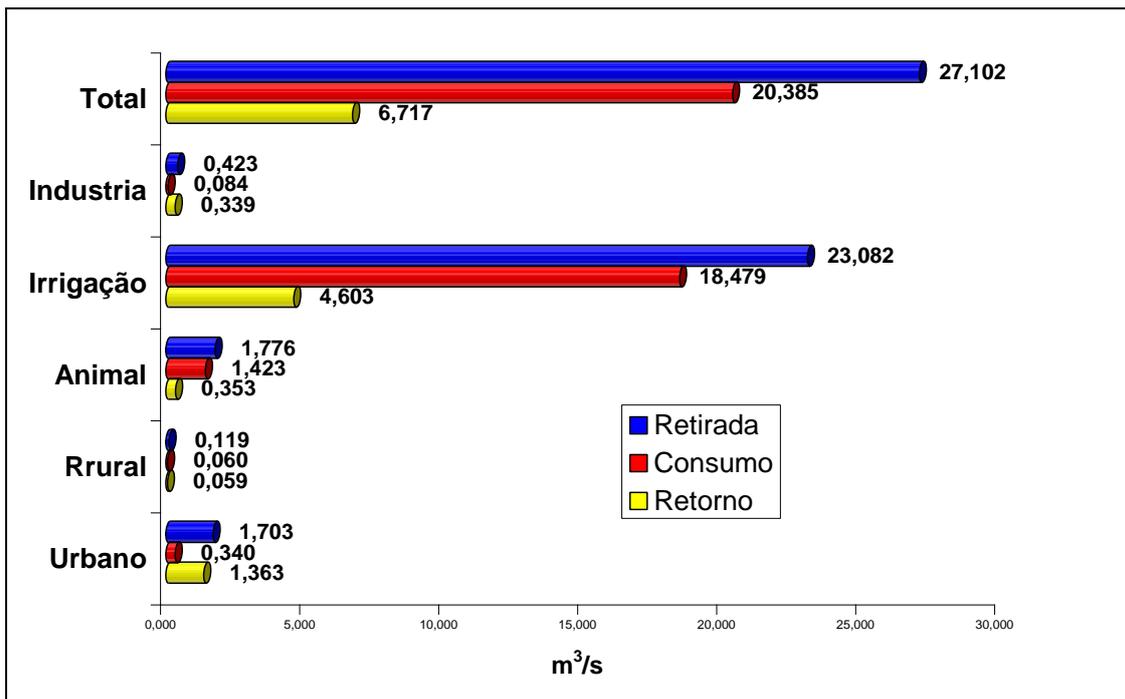


Figura 3.12 – Demanda projetada na Bacia do Rio Verde Grande por tipo de demanda (2030).

Os maiores volumes de retirada por sub-bacia estão concentrados nas sub-bacias com maior demanda de irrigação, nos rios Gorutuba e Verde Pequeno (Figura 3.13).

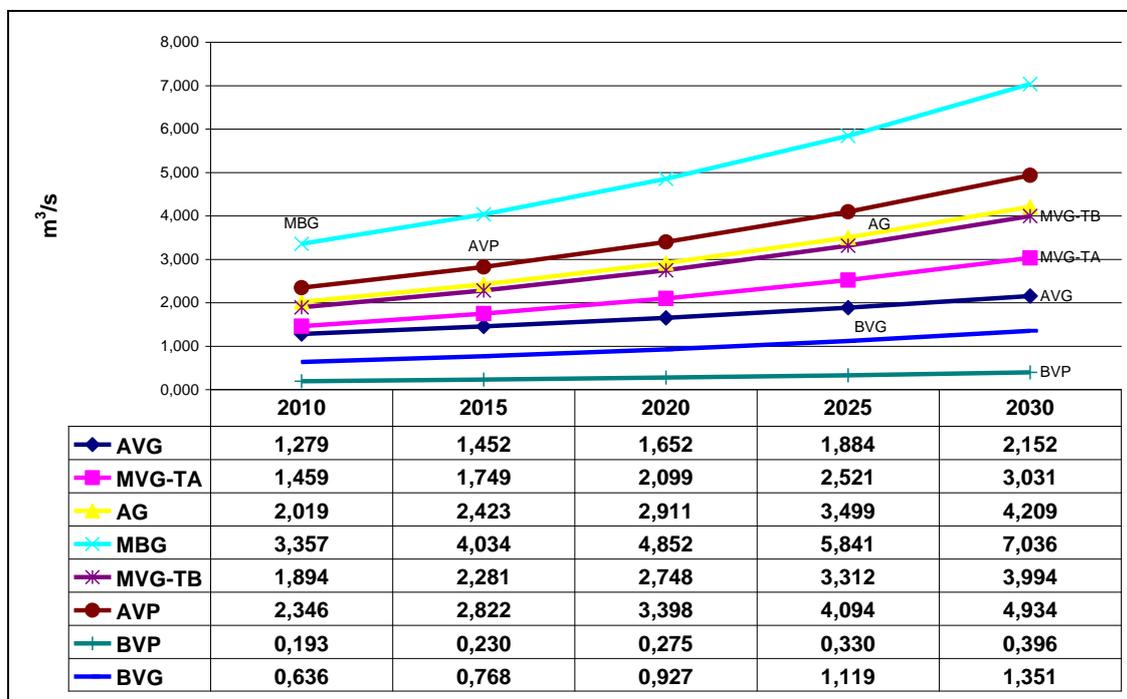


Figura 3.13 – Retirada projetada na Bacia do Rio Verde Grande por sub-bacia (2010-2030).

Em termos proporcionais, portanto, projeta-se um aumento da vazão de

retirada da ordem de 105,6% na Bacia do Verde Grande no período 2010-2030 (Quadro 3.1). Entretanto, cabe lembrar novamente que se trata de uma projeção com base nas taxas, de crescimento da economia e da população no período recente. Em termos de economia, diga-se de passagem, a menor taxa entre as possíveis de serem utilizadas, pois a utilização de outros indicadores, como foi comentado anteriormente, resultaria em taxas ainda maiores. Contudo, mantida a disponibilidade hídrica atual, este cenário tendencial aponta para um processo de escassez, o que resultaria em uma redução da demanda por pura e simples indisponibilidade de recursos hídricos.

**Quadro 3.1 – Variação (%) dos vazões de retirada projetadas na Bacia do Rio Verde Grande (2010-2030).**

Sub-Bacia	Urbano	Rural	Animal	Irrigação	Industrial	Total
AVG	48,4	17,5	113,1	113,1	113,1	68,3
MVG-TA	31,7	-5,0			-	107,7
AG	26,0	-12,9			113,1	108,5
MBG	10,4	-13,0			-	109,6
MVG-TB	49,3	1,3			-	110,9
AVP	27,3	-14,5			-	110,3
BVP	36,1	20,3			-	105,6
BVG	0,0	15,9			-	112,3
Total	42,5	-3,8			113,1	105,6

Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Contrato N° 031/ANA/2008

**Quadro 3.2 – Projeções de População na Bacia do Rio Verde Grande.**

Sub-Bacia	2007			2010			2015			2020			2025			2030		
	Urbana	Rural	Total															
AVG	337.707	15.871	353.578	358.273	16.187	374.460	395.395	16.791	412.186	436.401	17.497	453.897	481.704	18.313	500.017	531.766	19.250	551.016
MVG-TA	46.693	40.050	86.743	48.623	39.628	88.251	52.052	39.040	91.092	55.767	38.592	94.359	59.795	38.281	98.076	64.163	38.107	102.270
AG	66.216	12.298	78.514	68.529	12.041	80.570	72.590	11.639	84.229	76.923	11.269	88.192	81.545	10.929	92.474	86.474	10.616	97.090
MBG	47.098	48.905	96.003	47.695	47.730	95.424	48.817	45.950	94.767	50.142	44.380	94.522	51.731	43.008	94.738	53.666	41.820	95.486
MVG-TB	29.081	17.058	46.139	30.849	17.036	47.885	34.056	17.036	51.092	37.622	17.081	54.703	41.591	17.170	58.761	46.009	17.303	63.312
AVP	25.148	28.817	53.965	26.023	28.093	54.116	27.629	26.969	54.598	29.446	25.943	55.389	31.513	25.011	56.525	33.876	24.170	58.047
BVP	4.053	15.783	19.836	4.245	16.156	20.400	4.584	16.849	21.433	4.951	17.643	22.594	5.347	18.547	23.893	5.775	19.573	25.348
BVG	0	6.694	6.694	0	6.834	6.834	0	7.080	7.080	0	7.341	7.341	0	7.620	7.620	0	7.915	7.915
Bacia	555.996	185.475	741.472	584.236	183.705	777.196	635.123	181.354	816.478	691.252	179.746	870.999	753.226	178.878	932.104	821.729	178.754	1.000.483

Quadro 3.3 – Projeções de Demandas Para Abastecimento Humano Urbano – Cenário Tendencial (m³/s).

Sub-bacia	2007			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.															
AVG	0,823	0,658	0,165	0,873	0,698	0,175	0,963	0,770	0,193	1,063	0,850	0,213	1,174	0,938	0,235	1,295	1,036	0,260
MVG-TA	0,053	0,043	0,010	0,055	0,045	0,010	0,059	0,048	0,011	0,063	0,051	0,012	0,068	0,055	0,013	0,073	0,059	0,014
AG	0,094	0,075	0,019	0,097	0,078	0,020	0,103	0,082	0,021	0,109	0,087	0,022	0,116	0,092	0,023	0,123	0,098	0,025
MBG	0,076	0,061	0,015	0,077	0,062	0,015	0,078	0,063	0,015	0,080	0,064	0,016	0,082	0,066	0,016	0,085	0,068	0,017
MVG-TB	0,041	0,033	0,008	0,043	0,035	0,008	0,048	0,039	0,009	0,053	0,043	0,010	0,059	0,047	0,011	0,065	0,052	0,013
AVP	0,042	0,034	0,008	0,043	0,035	0,008	0,046	0,037	0,009	0,049	0,039	0,009	0,052	0,042	0,010	0,055	0,045	0,011
BVP	0,005	0,004	0,001	0,005	0,004	0,001	0,006	0,005	0,001	0,006	0,005	0,001	0,007	0,005	0,001	0,007	0,006	0,001
BVG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bacia	1,134	0,908	0,226	1,194	0,956	0,238	1,303	1,044	0,260	1,424	1,140	0,284	1,556	1,246	0,310	1,703	1,363	0,340

Quadro 3.4 – Projeções de Demandas Para Abastecimento Humano Rural – Cenário Tendencial (m<sup>3</sup>/s).

Sub-bacia	2007			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.															
AVG	0,008	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,009	0,005	0,005	0,010	0,005	0,005
MVG-TA	0,029	0,014	0,015	0,029	0,014	0,015	0,028	0,014	0,015	0,028	0,013	0,014	0,027	0,013	0,014	0,027	0,013	0,014
AG	0,006	0,003	0,003	0,006	0,003	0,003	0,006	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003
MBG	0,032	0,016	0,016	0,031	0,016	0,016	0,030	0,015	0,015	0,029	0,014	0,014	0,028	0,014	0,014	0,027	0,014	0,014
MVG-TB	0,012	0,007	0,005	0,012	0,007	0,005	0,012	0,007	0,005	0,012	0,007	0,005	0,012	0,007	0,005	0,012	0,007	0,005
AVP	0,022	0,011	0,011	0,021	0,011	0,011	0,021	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,019	0,009	0,009	0,018	0,009	0,009
BVP	0,011	0,005	0,006	0,011	0,005	0,006	0,012	0,005	0,006	0,012	0,006	0,007	0,013	0,006	0,007	0,014	0,006	0,007
BVG	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,002	0,003	0,006	0,002	0,003	0,006	0,002	0,004
Bacia	0,125	0,062	0,063	0,124	0,061	0,062	0,122	0,060	0,061	0,120	0,060	0,061	0,119	0,059	0,060	0,119	0,059	0,060

**Quadro 3.5 – Projeções de Demandas Para Dessedentação Animal – Cenário Tendencial (m<sup>3</sup>/s).**

Sub-bacia	2007			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.															
AVG	0,099	0,019	0,080	0,111	0,021	0,090	0,134	0,026	0,108	0,162	0,031	0,131	0,196	0,038	0,158	0,236	0,045	0,191
MVG-TA	0,245	0,050	0,195	0,274	0,056	0,218	0,332	0,068	0,264	0,401	0,082	0,319	0,484	0,099	0,385	0,585	0,119	0,465
AG	0,055	0,011	0,044	0,062	0,012	0,049	0,074	0,015	0,060	0,090	0,018	0,072	0,109	0,022	0,087	0,131	0,026	0,105
MBG	0,147	0,030	0,117	0,165	0,034	0,131	0,199	0,041	0,158	0,240	0,049	0,191	0,290	0,059	0,231	0,351	0,072	0,279
MVG-TB	0,074	0,014	0,060	0,083	0,016	0,067	0,100	0,019	0,081	0,121	0,023	0,098	0,146	0,028	0,119	0,177	0,033	0,143
AVP	0,043	0,008	0,035	0,048	0,009	0,039	0,058	0,011	0,047	0,070	0,013	0,057	0,085	0,016	0,069	0,103	0,019	0,084
BVP	0,046	0,010	0,036	0,052	0,011	0,040	0,062	0,014	0,049	0,075	0,016	0,059	0,091	0,020	0,071	0,110	0,024	0,086
BVG	0,035	0,006	0,029	0,039	0,007	0,032	0,047	0,008	0,039	0,057	0,010	0,047	0,069	0,012	0,057	0,084	0,014	0,069
Bacia	0,744	0,148	0,596	0,833	0,166	0,668	1,007	0,200	0,807	1,217	0,242	0,975	1,470	0,292	1,177	1,776	0,353	1,423

Quadro 3.6 – Projeções de Demandas Para Irrigação – Cenário Tendencial (m³/s).

Sub-bacia	2009			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.
AVG	0,110	0,020	0,090	0,114	0,021	0,093	0,138	0,025	0,113	0,167	0,030	0,136	0,201	0,037	0,165	0,243	0,044	0,199
MVG-TA	1,060	0,210	0,850	1,101	0,218	0,883	1,330	0,264	1,067	1,607	0,318	1,289	1,942	0,385	1,557	2,346	0,465	1,881
AG	1,760	0,350	1,410	1,828	0,363	1,464	2,208	0,439	1,769	2,668	0,531	2,138	3,224	0,641	2,583	3,895	0,775	3,120
MBG	2,970	0,590	2,380	3,084	0,613	2,472	3,727	0,740	2,986	4,503	0,894	3,608	5,440	1,081	4,359	6,573	1,306	5,267
MVG-TB	1,690	0,340	1,350	1,755	0,353	1,402	2,121	0,427	1,694	2,562	0,515	2,047	3,096	0,623	2,473	3,740	0,752	2,988
AVP	2,150	0,420	1,730	2,233	0,436	1,797	2,698	0,527	2,171	3,259	0,637	2,623	3,938	0,769	3,169	4,758	0,929	3,829
BVP	0,120	0,030	0,090	0,125	0,031	0,093	0,151	0,038	0,113	0,182	0,045	0,136	0,220	0,055	0,165	0,266	0,066	0,199
BVG	0,570	0,120	0,450	0,592	0,125	0,467	0,715	0,151	0,565	0,864	0,182	0,682	1,044	0,220	0,824	1,261	0,266	0,996
Bacia	10,430	2,080	8,350	10,832	2,160	8,672	13,087	2,610	10,477	15,812	3,153	12,659	19,104	3,810	15,295	23,082	4,603	18,479

Quadro 3.7 – Projeções de Demandas Para Abastecimento Industrial – Cenário Tendencial (m<sup>3</sup>/s).

Sub-bacia	2009			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.															
AVG	0,166	0,133	0,033	0,172	0,138	0,034	0,208	0,167	0,041	0,252	0,202	0,050	0,304	0,244	0,060	0,367	0,294	0,073
MVG-TA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AG	0,025	0,020	0,005	0,026	0,021	0,005	0,031	0,025	0,006	0,038	0,030	0,008	0,046	0,037	0,009	0,055	0,044	0,011
MBG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MVG-TB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AVP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BVP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BVG	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bacia	0,191	0,153	0,038	0,198	0,159	0,039	0,240	0,192	0,048	0,290	0,232	0,058	0,350	0,280	0,070	0,423	0,339	0,084

Quadro 3.8 – Projeções de Demandas (Total) – Cenário Tendencial (m³/s).

Sub-bacia	Base			2010			2015			2020			2025			2030		
	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.	Retir.	Retor.	Cons.
AVG	1,206	0,834	0,372	1,279	0,882	0,396	1,452	0,992	0,460	1,652	1,118	0,535	1,884	1,261	0,623	2,152	1,424	0,728
MVG-TA	1,387	0,317	1,070	1,459	0,333	1,126	1,749	0,393	1,356	2,099	0,465	1,634	2,521	0,552	1,969	3,031	0,656	2,374
AG	1,940	0,459	1,481	2,019	0,477	1,541	2,423	0,564	1,859	2,911	0,669	2,242	3,499	0,794	2,705	4,209	0,945	3,264
MBG	3,225	0,697	2,528	3,357	0,724	2,634	4,034	0,859	3,175	4,852	1,022	3,830	5,841	1,220	4,621	7,036	1,459	5,577
MVG-TB	1,817	0,394	1,423	1,894	0,411	1,483	2,281	0,491	1,790	2,748	0,588	2,160	3,312	0,705	2,608	3,994	0,845	3,149
AVP	2,257	0,473	1,784	2,346	0,491	1,855	2,822	0,585	2,237	3,398	0,699	2,699	4,094	0,836	3,257	4,934	1,002	3,932
BVP	0,182	0,049	0,133	0,193	0,052	0,141	0,230	0,061	0,169	0,275	0,072	0,203	0,330	0,086	0,244	0,396	0,102	0,294
BVG	0,610	0,128	0,482	0,636	0,133	0,503	0,768	0,161	0,607	0,927	0,194	0,733	1,119	0,234	0,885	1,351	0,282	1,069
Bacia	12,624	3,351	9,273	13,182	3,503	9,679	15,759	4,106	11,653	18,862	4,827	14,036	22,600	5,687	16,912	27,102	6,717	20,385

#### **4. ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

#### 4. ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

A dispersão das deficiências hídricas pela Bacia do Verde Grande e seu histórico de conflito pelos recursos hídricos impõem a adoção de uma estratégia de aumento de oferta de água, com vistas ao atendimento às demandas insatisfeitas.

Este item consiste na proposição de implantação de novos reservatórios na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, através da construção de barragens, com o objetivo de aumentar a vazão regularizada na rede hidrográfica, a jusante dos locais selecionados, e também propõe a adução de água para a BHVG, tendo como origem o Rio São Francisco, através da infra-estrutura hidráulica de projetos existentes na bacia, com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica em determinados pontos localizados da rede hidrográfica.

##### 4.1. BARRAMENTOS

A implantação de novos reservatórios e suas respectivas barragens, na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, justifica-se pela evidente necessidade de aumento na regularização de vazões, face aos déficits hídricos verificados nos balanços confrontando disponibilidades hídricas com demandas de água. O histórico da Bacia é marcado por problemas associados à deficiência hídrica, notadamente frente ao seu potencial hidroagrícola.

Também a dispersão das deficiências hídricas pela Bacia impõe a adoção de uma estratégia de distribuição das regularizações, com vistas ao atendimento às demandas insatisfeitas.

Igualmente importante, é a variação pluviométrica ao longo da Bacia, resultando em zonas com maior pluviosidade (nos trechos do Alto Verde Grande, Alto Gorutuba e Alto Médio Verde Grande) onde a implantação de reservatórios de regularização é mais eficiente em termos hidrológicos. Essa é a razão, inclusive, para a concentração dos reservatórios propostos nestes segmentos da Bacia (12 reservatórios encontram-se nos segmentos supracitados).

Ainda é importante destacar que, atualmente, na Bacia, a vazão regularizada pelos reservatórios existentes é muito próxima das vazões  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90\%}$  e  $Q_{95\%}$ , demonstrando claramente a influência da regularização no regime fluviométrico atual.

A Construção de Barragens integra o Sub-Programa Regularização de Vazões que, por sua vez, pertence ao Programa Incremento da Oferta Hídrica do Componente Estrutural do Plano de Ações que será tratado posteriormente.

Os reservatórios de regularização de vazões propostos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande serão obtidos através da construção de barragens. Como base de informações sobre as possibilidades de implantação de novas barragens na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, foram considerados os estudos realizados entre os anos de 1999 e 2001, pela CODEVASF – Companhia de

Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, através da sua 1ª Superintendência Regional, localizada em Montes Claros/MG.

Inicialmente, em março de 1999, a 1ª Superintendência Regional da CODEVASF elaborou um estudo denominado Barragens Construídas e a Serem Construídas na Área Mineira da SUDENE – Informações Apresentadas à Assembléia Legislativas do Estado de Minas Gerais, que continha um levantamento dos reservatórios existentes na Bacia, bem como daqueles que apresentavam potencialidade ou viabilidade técnica preliminar para futura implantação.

Nesta última categoria, foram identificados 28 reservatórios/barragens, distribuídos pela Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com características técnicas bastante distintas: alturas variando entre 4,5 e 45 m; volumes de maciço entre 700 e 450.000 m<sup>3</sup>; áreas de inundação dos reservatórios entre 3,5 e 936 ha; áreas de drenagem entre 1,5 e 500 km<sup>2</sup>; e estudos em estágios variando entre preliminar e básico.

Desta relação, previamente estudada pela Divisão de Engenharia da CODEVASF, inicialmente foram selecionados os reservatórios com maior capacidade de acumulação, face à restrita capacidade de regularização imposta pela forte variabilidade pluviométrica e evaporimétrica regional. Ou seja, mesmo reservatórios com maiores volumes acumulados apresentam regularização de vazões limitadas.

Nesta ótica, foram selecionados apenas os reservatórios com volume acumulado superior à 10.000.000 m<sup>3</sup>. Nessa categoria, foram identificados 10 reservatórios/barragens: Mamonas, Canoas, Prata, Rio Verde, Água Limpa, Cerrado, Peixe, Sítio, Sítio Novo e Suçupara. Embora a barragem de Brejinho também apresente volume acumulado considerável (16.000.000 m<sup>3</sup>), foi desconsiderado pela falta de informações técnicas.

Tais reservatórios, de forma conjunta, totalizam um volume acumulado de 206 Hm<sup>3</sup>, regularizando uma vazão teórica de 1,63 m<sup>3</sup>/s. Posteriormente, as simulações hidrológicas mostraram que a capacidade de regularização de alguns reservatórios era inferior à inicialmente calculada, em razão das pequenas áreas das bacias de contribuição. Como decorrência deste fato e em busca de uma maior vazão regularizada para a Bacia, foram identificados três novos reservatórios, com áreas de contribuição superiores a 150 km<sup>2</sup>, mas que não tinham sido anteriormente selecionados por apresentarem volumes acumulados inferiores a 10 Hm<sup>3</sup>. As barragens formadoras desses reservatórios são: Pedras, Tábua e Cocos.

As treze barragens selecionadas para integrar a presente proposta são apresentadas, com suas principais características técnicas, no Quadro a seguir.

**Quadro 4.1 - Reservatórios/Barragens Selecionadas – Principais Características Técnicas**

Ordem	Barragem	Município	Vol (hm <sup>3</sup> )	Maciço	Altura (m)	Extensão (m)	BH (km <sup>2</sup> )	Alague (ha)	Vol. Mac. (m <sup>3</sup> )
1	Mamonas	Mamonas/Espinosa	15	CCR	24	220	172	206	38.900
2	Canoas	Juramento/Canoas	10	Terra	25	350	120	177	460.000
3	Prata	Juramento	16	CCR	25	340	48	114	64.800
4	Rio Verde	Juramento	22	Terra	20	400	646	330	345.000
5	Água Limpa	Mirabela/Montes Claros	12	Terra	25	500	474	146	660.000
6	Cerrado	Montes Claros	18	Terra	25	350	35	126	460.000
7	Peixe	Montes Claros	17,6	Terra	25	340	40	144	450.000
8	Sítio	Montes Claros	24,5	Terra	25	500	38	190	660.000
9	Sítio Novo	Porteirinha	60	Terra	45	400	250	936	1.680.000
10	Suçupara	São João da Ponte/Patos	11,1	Terra	40	280	415	85	930.000
11	Pedras	Juramento	5	Terra	15	300	250	80	146.800
12	Tábua	Montes Claros	6	Terra	25	365	156	73	482.500
13	Cocos	Porteirinha	0,3	Terra	13	112	500	5	41.600
			<b>217,5</b>				<b>3.144</b>	<b>2.612</b>	<b>6.419.600</b>

O conjunto das treze barragens, e seus respectivos reservatórios, acumulam um total de 217,5 Hm<sup>3</sup>, regularizando uma vazão teórica de 1,77 m<sup>3</sup>/s e uma vazão efetiva (obtida de simulação hidrológica) de 1,1 m<sup>3</sup>/s. O volume total do somatório dos maciços é da ordem de 6,4 milhões de metros cúbicos e o alague totaliza cerca de 2.600 ha. Importante ressaltar, que o somatório das bacias de contribuição dos novos reservatórios propostos atinge 3.140 km<sup>2</sup>, 10% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, o que representa uma abrangência de regularização considerável.

Importante destacar, também, que os volumes dos maciços das barragens foram recalculados, com base em fórmulas paramétricas que consideram as variáveis altura e extensão do maciço para o cálculo do volume, com vistas a eliminar possíveis distorções e homogeneizar os critérios de cálculo.

A distribuição espacial dos reservatórios/barragens na Bacia é apresentada no **Mapa a seguir**, mostrando que há uma concentração (oito reservatórios) no Alto Verde Grande.

A implantação das 13 barragens e seus reservatórios exigirá o investimento de cerca de R\$ 297,7 milhões. Considerando que a vazão regularizada conjunta desses reservatórios é de 1,1 m<sup>3</sup>/s, tem-se um custo unitário de regularização de R\$ 361.550.000,00/m<sup>3</sup>/s e um custo unitário médio por barragem de R\$ 30,5 milhões. Maiores informações sobre custos, fontes de financiamento e cronograma dos barramentos serão detalhados no Programa de Ações em relatório futuro.

**INSERIR MAPA 4.1 – Localização dos Reservatórios/Barragens Propostos**

adicionar os 3 novos barramentos!!!

#### 4.2. TRANSPOSIÇÕES

As transposições sugeridas consistem na proposição de adução de água para a Bacia do Rio Verde Grande, tendo como origem o Rio São Francisco, através da infra-estrutura hidráulica dos Projetos Jaíba e do Projeto Iuiú, com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica em determinados pontos localizados da rede hidrográfica, conforme itens a seguir.

##### 4.2.1. Adução de Água – Rio São Francisco / Projeto Jaíba

Esta ação consiste na proposição de adução de água para a Bacia do Rio Verde Grande, tendo como origem o Rio São Francisco, através da infra-estrutura hidráulica do Projeto Jaíba, com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica em determinados pontos localizados da rede hidrográfica.

A adução de água para a rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, partindo de fonte externa, no caso o maior manancial hídrico regional, o Rio São Francisco, pode ser obtida através de estruturas hidráulicas de condução com o objetivo de materializar a referida transposição.

Inicialmente, cabe comentar que o manancial hídrico superficial regional, por excelência, consiste no Rio São Francisco, face à magnitude das suas vazões mínimas, que nas proximidades da confluência com o Rio Verde Grande variam entre 1.000 e 800 m<sup>3</sup>/s.

Nesse sentido, a possibilidade de se aduzir (ou transpor) água a partir de uma fonte confiável (no caso o próprio Rio São Francisco), torna essa alternativa obrigatória com vistas à resolução ou minimização dos déficits hídricos (nos confrontos disponibilidades *versus* demandas) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Outra obrigatoriedade no estudo de alternativas de transposição de água a partir do Rio São Francisco é a consideração do sistema adutor do Projeto Jaíba, face ao seu porte, estágio de implantação e localização.

Com efeito, o Projeto Jaíba localiza-se na porção noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, estando parcialmente situado dentro da própria Bacia, nas proximidades da cidade homônima (Jaíba), e as margens do Rio São Francisco.

Com vazão inicial de 80 m<sup>3</sup>/s (junto à captação no Rio São Francisco), o sistema adutor principal, constituído de canais principais e estações de bombeamento, atinge as proximidades do Rio Verde Grande, no município de Jaíba, em área denominada de Etapa 4, com vazão da ordem de 22 m<sup>3</sup>/s.

Seu atual estágio de implantação, também consiste em importante fator de atratividade, visto que o sistema adutor principal do Projeto Jaíba encontra-se implantado até as proximidades do Rio Verde Grande, no município de Jaíba, onde o canal CP-3 deriva para o canal CS-21.

Importante mostrar um breve histórico desse importante Projeto promovido pela CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba:

O surgimento do Projeto Jaíba remonta ao início da década de 50, quando foram realizados os primeiros esforços de ocupação e colonização, através do Instituto Nacional de Imigração e Colonização - INIC, antigo Órgão Federal, do Vale do Rio São Francisco. Entretanto, somente na década de 60 as potencialidades agrícolas da região, denominada Mata da Jaíba, foram analisadas com alguma profundidade.

Nos estudos apresentados em 1965, reunidos sob o título de "Reconhecimento dos Recursos Hidráulicos e de Solos da Bacia do Rio São Francisco", o *Bureau of Reclamation* identificou uma área de cerca de 230.000 ha para aproveitamento agropecuário na Mata da Jaíba.

O Governo de Minas Gerais, de posse de dados básicos para estabelecimento de um programa de desenvolvimento e colonização da região noroeste do Estado, lançou, em 1966, o Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Noroeste (PLANOROESTE), criando para administrá-lo a Fundação Rural Mineira - Colonização e Desenvolvimento Agrário (RURALMINAS). Nos 115.000 km<sup>2</sup> abrangidos pelo PLANOROESTE, a área da Mata do Jaíba foi eleita para transformar-se no mais importante pólo agroindustrial da região.

Nos anos subseqüentes, as primeiras ações sugeridas pela RURALMINAS na área da Jaíba, inseridas no PLANOROESTE, previam a reformulação e ampliação do Núcleo de Colonização do Rio Verde Grande e a implantação de um projeto piloto de irrigação na região de Mocaminho, numa área de 5.680 ha. Entretanto, uma idéia mais precisa do que deveria ser realizado só veio consolidar-se quando, com apoio do Governo Federal, em 1972, a área dos 230.000 ha da Mata da Jaíba passou a chamar-se oficialmente Distrito Agroindustrial do Jaíba (DAIJ). Dos 230.000 ha do DAIJ, cerca de 100.000 ha foram selecionados para projetos de irrigação de empresários e pequenos produtores. Nesta época, a RURALMINAS teve sua proposta de divisão das terras do Jaíba em glebas de, no máximo, 30.000 ha, aprovada pelo Senado Federal, que autorizou a alienação para aproveitamento agroindustrial orientado pela RURALMINAS.

Em 1972 a RURALMINAS contratou a elaboração do projeto executivo de irrigação de Mocaminho, 1ª etapa, com 1.680 ha (a 2ª etapa abrangeria os restantes 4.000 ha).

Em dezembro de 1974 a RURALMINAS contratou a execução das obras da infraestrutura de irrigação de Mocaminho, cujo início deu-se em maio de 1975, com recursos do BID.

Em novembro de 1975 foi assinado um convênio entre a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, e a RURALMINAS, que oficializou e definiu atribuições gerais do Governo Federal e do Governo de Minas Gerais na área do Projeto.

Em 1979, foi ratificado o convênio CODEVASF/ RURALMINAS para dar novo impulso à implementação das obras do Projeto Jaíba. Nesta época, foi contratado o projeto básico de irrigação e drenagem do 2º patamar.

Em 1980, foram concluídos o projeto básico da estação de bombeamento EB-2, o projeto executivo da estação de bombeamento EB-1 e o projeto básico e executivo do canal principal CP-2.

No ano de 1981 o Projeto Jaíba estava com as obras do sistema de irrigação de Mocambinho e as obras principais do canal CP-1 concluídas, estando em andamento as escavações da estação EB-1 e as obras complementares do canal CP-1 (tomadas d'água e obras para suprimento das áreas da AGROCERES e AGRIVALE).

A fim de reforçar uma posição já tomada em anos anteriores, mas prejudicada pela falta de recursos, é firmado um novo convênio, em fevereiro de 1986, entre o Ministério do Interior/CODEVASF e o Governo do Estado de Minas Gerais/RURALMINAS, para dar continuidade ao desenvolvimento integrado do Distrito Agroindustrial do Jaíba.

Em 1986, a RURALMINAS contratou a elaboração de um projeto detalhado de aspersão convencional para a área F de 2.300 ha. Este projeto foi entregue em março de 1987, sendo que a implantação das obras ocorreu no período de março a novembro de 1988. A ocupação e operação da área "F" teve início em 1989.

Ainda em 1986, coube a CODEVASF lançar um edital de concorrência para elaboração dos estudos de viabilidade técnico-econômica e projeto básico para implantação do sistema de irrigação da 1ª Etapa do Perímetro Irrigado do Jaíba. A área objeto do estudo de viabilidade compreendia os 28.200 ha e o projeto básico de irrigação de aproximadamente 22.000 ha.

Em 1988, a CODEVASF lançou um edital de concorrência para revisão do projeto básico, elaboração de projetos complementares, elaboração do projeto executivo e para supervisão da construção das infra-estruturas dos perímetros irrigados ABC3 e C2.

Em 1987 o perímetro de Mocambinho teve que passar por um processo de recuperação de parte de suas obras e, finalmente, em 1988 estava em operação. Ainda em 1988 (13 de abril) foi criado o DIJ - Distrito de Irrigação do Jaíba, uma associação civil de irrigantes, com participação da CODEVASF e RURALMINAS, com o objetivo de gerenciar o desenvolvimento da agricultura irrigada na região.

Em 1989/90 foram reiniciadas as obras de implantação do restante do canal CP-2, para atendimento da 2ª Etapa do Projeto Jaíba, porém as obras foram paralisadas alguns meses depois. Em agosto de 1995 a CODEVASF recebeu o projeto executivo do trecho do canal CP-2, necessário para conduzir 55,2 m³/s até o limite da área do 2º patamar do Projeto Jaíba.

Em 1990 iniciaram-se os trabalhos de implantação da gleba C3, e em fevereiro de 1993 os 60 lotes que constituem o perímetro foram ocupados pelas famílias dos irrigantes. O aproveitamento da gleba C3 foi possível com a recuperação do canal L11 e do sifão projetado para atender a AGRIVALE. A conclusão do restante da implantação da 1ª Etapa do Projeto Jaíba (glebas A, B e C2) ocorreu em 1997.

Em 1990 o DIJ contratou o projeto executivo de reabilitação do perímetro irrigado de Mocambinho, prevendo a recuperação da infra-estrutura hidráulica e a substituição do método de irrigação gravitatório (sulcos) para aspersão convencional. O projeto foi concluído em 1991, sendo que a implantação das obras ocorreu em 1997.

Das glebas que compõem a 1ª Etapa do Projeto Jaíba, encontram-se em operação, além dos perímetros de Mocambinho, área F e glebas C3, A (parte), B e C2 (parte), as áreas pertencentes à fazenda YAMADA (antiga Agrocere) e AGRIVALE (C1 e C4). Estas últimas duas áreas estão em operação há alguns anos.

Em novembro de 1988 foi elaborado um estudo de aproveitamento hidroagrícola das áreas da 2ª Etapa do Projeto Jaíba, denominadas "Morro Solto", pertencentes ao Grupo Ometto, contratado pela SEPLAN/MG.

Em 1989 foram realizados novos estudos sobre a área da 2ª Etapa do Projeto Jaíba. Com isto, a Formulação Preliminar, entregue na sua versão final à SEPLAN/MG, em março de 1989, foi reformulada com algumas mudanças na concepção e projeto da infraestrutura hidráulica principal. Este novo trabalho, denominado Projeto Básico do Jaíba - Etapa 2, foi entregue à SEPLAN/MG em novembro de 1989.

O prosseguimento das negociações com o OECF resultou no acordo de empréstimo firmado entre a SEPLAN/MG e aquele banco japonês, que levou à contratação do detalhamento do projeto básico, estudos ambientais, supervisão de obras e apoio ao gerenciamento e treinamento. A conclusão do detalhamento do projeto e dos estudos ambientais em 1997 permitiu contratar a implantação das obras em 1998 e iniciar a sua execução no primeiro trimestre de 1999. A implantação das obras civis foi concluída em 2001. Em agosto de 2002, iniciaram os trabalhos de montagem dos equipamentos hidromecânicos e elétricos, sendo que recentemente foram concluídos os trabalhos de comissionamento e testes. Segundo planejamento da RURALMINAS, as áreas irrigáveis da Etapa 2 deveriam entrar em operação em outubro de 2005.

O Estudo de Viabilidade da Etapa 3 do Projeto Jaíba foi contratado pela CODEVASF em maio de 1998, com previsão para sua conclusão em maio de 1999. No entanto, em 23/12/98, quando restavam 130 dias para o término dos trabalhos, o contrato foi paralisado, sendo que os trabalhos foram reiniciados em 14/08/02, com término em fevereiro de 2003.

Tendo em conta a necessidade de prolongar a infra-estrutura hidráulica principal para atendimento das Etapas 3 e 4, a CODEVASF contratou, em dezembro de 2004, a elaboração dos estudos ambientais e projeto básico para o prolongamento dos canais CP-3, CS-19 e CS-21 do Projeto Jaíba. Os trabalhos foram concluídos em julho de 2005.

Em termos gerais, o sistema adutor principal do Projeto Jaíba pode ser descrito da seguinte forma:

A fonte hídrica do Projeto Jaíba é o Rio São Francisco, com abastecimento através do complexo hidráulico principal já implantado EB-1/CP-1/EB-2/CP-2/EB-3/CP-3. A estação de bombeamento EB-1 faz a captação através de um canal de chamada, com extensão da ordem de 1,0 km, e eleva água até o canal principal CP-1, que se desenvolve ao longo do 1º patamar, com nível d'água na cota aproximada de 454 m.

A estação EB-1 foi projetada para captar, em regime de funcionamento contínuo, a vazão máxima de 80 m<sup>3</sup>/s. No entanto, a capacidade instalada é de 75 m<sup>3</sup>/s (cinco conjuntos motor-bomba de 10 m<sup>3</sup>/s e cinco conjuntos de 5 m<sup>3</sup>/s).

O canal principal CP-1, com extensão de 6,98 km, foi construído para conduzir a vazão de 80 m<sup>3</sup>/s, até atingir a estação de bombeamento EB-2. Porém, ao longo do percurso, em ambas as margens, atende ao perímetro de Mocambinho (gleba D), através de nove tomadas d'água de canal (canais L1 a L9), a Fazenda YAMADA (gleba E), as glebas B, C2 e C3, mais a AGRIVALE (glebas C1 e C4) que, juntas, perfazem 17.846 ha irrigáveis, com demanda hídrica de 22,107 m<sup>3</sup>/s.

A estação de bombeamento EB-2, posicionada no final do canal principal CP-1, foi concebida e implantada com capacidade nominal de 65 m<sup>3</sup>/s, a serem elevados ao 2º patamar, atendido pelo canal principal CP-2. Atualmente a capacidade instalada é suficiente para atendimento das demandas das Etapas 1 e 2.

O canal principal CP-2, com extensão de 13,30 km (8,67 km na Etapa 1 e 4,63 km na Etapa 2), foi projetado e implantado para conduzir a vazão de 65 m<sup>3</sup>/s no seu início. Ao longo de seu percurso atende as glebas F (a esquerda) e A (a direita) da Etapa 1, as glebas G1 (a esquerda), G2 e H2 (a direita) da Etapa 2, e a gleba L (Toca da Onça) da Etapa 3. Na 1ª Etapa atende 8.029 ha irrigáveis, com demanda de 9,801 m<sup>3</sup>/s, enquanto que na 2ª Etapa atende 7.544 ha, com demanda de 9,129 m<sup>3</sup>/s.

A estação de bombeamento EB-3 localiza-se no final do canal CP-2 e foi concebida para atender 11.754 ha da Etapa 2, mais as áreas irrigáveis das Etapas 3 e 4. A obra civil foi totalmente implantada, sendo que atualmente estão sendo montados os equipamentos hidromecânicos e elétricos responsáveis pela elevação de 15,006 m<sup>3</sup>/s até o canal principal CP-3 para atendimento das glebas H1, I, J e K (Grupo Ometto) da Etapa 2. São cinco conjuntos motor-bomba (um de 5,672 m<sup>3</sup>/s, dois de 3,187 m<sup>3</sup>/s e dois de 1,594 m<sup>3</sup>/s), com potência total instalada de 2.362 cv.

O canal principal CP-3, com extensão de 11,92 km (já implantado), foi projetado para conduzir a vazão de 43,591 m<sup>3</sup>/s no seu início. Após o atendimento das glebas H1, I, J e K da Etapa 2, mais as glebas L e M (parcialmente, cerca de 5.000 ha), da Etapa 3, possui seção, no seu final, para conduzir a vazão de 22,401 m<sup>3</sup>/s. Portanto, no seu percurso atende cerca de 11.788 ha irrigáveis das Etapas 2 e 3.

No Estudo de Viabilidade da Etapa 3 o canal CP-3 foi prolongado em 1,46 km, com vistas a permitir a derivação de água (7,125 m<sup>3</sup>/s) para o canal secundário CS-21, responsável pelo atendimento hídrico de parte (5.408 ha) das áreas irrigáveis da gleba M (Nova Cachoeirinha). Conseqüentemente, restará ainda no final do sistema condutor principal a vazão de 15,276 m<sup>3</sup>/s para atendimento da Etapa 4.

As principais características do Projeto Jaíba são apresentadas no Quadro 4.2, a seguir.

**Quadro 4.2 – Principais características do Projeto Jaíba**

<b>Etapas</b>	<b>Glebas</b>	<b>Área Bruta (ha)</b>	<b>Área SAU (ha)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
I	A, B, C3, C2, C1 + C4, E, F, 4 (1)	33.998	25.375	31,91
II	G1, G2, H1, H2, I, J, K (2)	34.773	19.276	24,12
III	Nova Cachoeirinha, Toca da Onça e Outros (3)	17.415	12.000	15,30
IV	Soc. Civil Rio Verde, Linha Seca e Outros (4)	19.922	13.849	15,28
<b>Total</b>		<b>106.108</b>	<b>70.500</b>	<b>80,00</b>

(1) Em operação; (2) Implantada; (3) Em fase de estudo; (4) Planejada.

Os segmentos de canal do sistema adutor principal apresentam a seguinte capacidade hidráulica máxima individual: CP-1: 80 m<sup>3</sup>/s; CP-2: 65 m<sup>3</sup>/s; e CP-3: 43,6 m<sup>3</sup>/s. Ou seja, a EB-3 tem capacidade de bombeamento de 43,6 m<sup>3</sup>/s, mas no segundo sub-trecho do canal CP-3, a vazão de adução cai para 22,4 m<sup>3</sup>/s, suficiente para atender ao canal CS-21 (7,125 m<sup>3</sup>/s) e Etapa 4 (15,276 m<sup>3</sup>/s).

Importante ressaltar, que o Projeto Jaíba foi dimensionado com demanda unitária da ordem de 1,4 L/s/ha, valor esse não condizente com o atual estágio dos procedimentos de irrigação regional e no próprio Projeto. Atualmente, demandas unitárias da ordem de 1,1 L/s/ha são aceitáveis tecnicamente. Essa “otimização” no consumo da água, possibilita uma folga na vazão bombeada pela EB-3, em relação aos valores de projeto, da ordem de 21%, o que resulta em uma vazão disponível adicional (mantendo-se as áreas originalmente projetadas para serem irrigadas no Projeto Jaíba) de 4,7 m<sup>3</sup>/s (21% de 22,4 m<sup>3</sup>/s).

Assim, é possível afirmar que há uma disponibilidade adicional de 4,7 m<sup>3</sup>/s no canal CP-3 (junto à derivação do canal CS-21), em razão de uma redução na demanda hídrica unitária de irrigação. Para fins práticos, considerou-se uma vazão de **4,5 m<sup>3</sup>/s** para adução a partir do ponto supramencionado, em direção ao Rio Verde Grande junto à cidade de Jaíba.

Com base nesta disponibilidade hídrica adicional, que deverá ser devidamente negociada com a CODEAVSF e com o DIJ – Distrito de Irrigação Jaíba, foram estudadas diferentes situações de adução de água (complementares) ao longo da rede hidrográfica da Bacia, a saber:

- ✓ Adução CP-3/CS-21 à cidade de Jaíba (denominada de adução 1);
- ✓ Adução da cidade de Jaíba à cidade de Verdelândia (adução 2);
- ✓ Adução da cidade de Verdelândia às proximidades da cidade de Janaúba (adução 3).

Essas situações de adução são independentes e complementares entre si, seguindo a ordem numérica. Ou seja, é necessário implantar a adução numericamente anterior a fim de possibilitar a implantação da adução desejada.

Importante destacar que face ao relevo local mostrar-se bastante aplainado, as situações de adução se mostraram possíveis e viáveis, mesmo a distâncias consideráveis (entre o ponto de partida, no canal CP-3, e a cidade de Janaúba).

O objetivo destas aduções foi atingir pontos da rede hidrográfica com sérios déficits hídricos, que apresentam poucas alternativas para a resolução desse problema. Assim, foram simuladas as seguintes situações: adução de 4,5 m<sup>3</sup>/s até a cidade de Jaíba, adução de 3,0 m<sup>3</sup>/s até a cidade de Verdelândia e adução de 1,5 m<sup>3</sup>/s até as proximidades da cidade de Janaúba. Ou seja, a cada um dos três pontos referenciais considerados destinou-se 1,5 m<sup>3</sup>/s.

Para cada situação de adução foram concebidas e dimensionadas as estruturas hidráulicas principais e orçados os seus custos de implantação e operação & manutenção. Entre alternativas para determinada adução, optou-se, sempre, pela menos onerosa financeiramente, em termos globais.

A **adução 1**, entre a derivação do canal CP-3 com o CS-21, na área do Projeto Jaíba, e a cidade de Jaíba, junto ao Rio Verde Grande, foi dimensionada com as seguintes características principais:

- **Vazão:** 4,5 m<sup>3</sup>/s
- **Extensão:** 20 km (2,6 km até a rodovia MG-401 e 17,4 km pela rodovia MG-401 até a ponte sobre o Rio Verde Grande, na cidade de Jaíba).
- **Desnível manométrico total:** 3,0 m (2,0 m para perdas de carga na adução [0,1 m/km] e 1,0 m de desnível geométrico, lançando as águas no Rio Verde Grande).
- **Estruturas principais:**
  - ✓ Canal: seção trapezoidal de máxima vazão, taludes 1V:1,5H, revestido em concreto, declividade de fundo de 0,1m/km, base de 1,06 m, tirante de 1,74 m, free-board de 0,50 m, Manning de 0,013 e velocidade de escoamento de 0,7 m/s.
  - ✓ Estação de Bombeamento: Potência instalada total de 165 kW, em 2 conjuntos moto-bomba de 2,25 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica total de 3,0 m, área construída de 75 m<sup>2</sup>, subestação e linha de transmissão.

A **adução 2**, entre a cidade de Jaíba, junto ao Rio Verde Grande e a cidade de Verdelândia, também junto ao Rio, ao longo da rodovia MG-401, foi dimensionada com as seguintes características principais:

- **Vazão:** 3,0 m<sup>3</sup>/s (sendo que 1,5 m<sup>3</sup>/s é derivado junto à cidade de Jaíba).
- **Extensão:** 31 km (ao longo da rodovia MG-401 até a cidade de Verdelândia, junto ao Rio Verde Grande).
- **Desnível manométrico total:** 8,1 m (3,1 m para perdas de carga na adução [0,1 m/km] e 5,0 m de desnível geométrico, lançando as águas no Rio Verde Grande, na cota 475 m).
- **Estruturas principais:**
  - ✓ Canal: seção trapezoidal de máxima vazão, taludes 1V:1,5H, revestido em concreto, declividade de fundo de 0,1m/km, base de 0,91 m, tirante de 1,50 m, free-board de 0,50 m, Manning de 0,013 e velocidade de escoamento de 0,63 m/s.
  - ✓ Estação de Bombeamento: Potência instalada total de 300 kW, em 2 conjuntos moto-bomba de 1,50 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica total de 8,1 m, área construída de 80 m<sup>2</sup>, subestação e linha de transmissão.

No caso da adução 2 foi simulada a alternativa com adução através de tubulação, mas além de haver significativo incremento no custo da energia e do bombeamento (da ordem de 4 vezes relativamente à alternativa com canal), o próprio custo da tubulação é 2,5 vezes superior.

A **adução 3**, entre a cidade de Verdelândia, junto ao Rio Verde Grande e as proximidades da cidade de Janaúba (8 km antes, lançando em pequeno reservatório existente em aflente do Rio Gorutuba, ao longo da rodovia MG-401, foi dimensionada com as seguintes características principais:

- **Vazão:** 1,5 m<sup>3</sup>/s (sendo que 1,5 m<sup>3</sup>/s é derivado junto à cidade de Verdelândia).
- **Extensão:** 32,5 km (ao longo da rodovia MG-401 até 8 km antes da cidade de Janaúba, lançando as águas em reservatório existente em aflente do Rio Gorutuba).
- **Desnível manométrico total:** 87,5 m (32,5 m para perdas de carga na adução [0,1 m/km] e 55,0 m de desnível geométrico, lançando as águas no reservatório existente do aflente do Rio Gorutuba, na cota 530 m).
- **Estruturas principais:**
  - ✓ Tubulação: diâmetro 1.100 mm, em PRFV ou PVC, perda de carga de 1,0m/km e velocidade de escoamento de 1,7 m/s.
  - ✓ Estação de Bombeamento: Potência instalada total de 1.600 kW, em 2 conjuntos moto-bomba de 0,75 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica total de 87,5 m, área construída de 100 m<sup>2</sup>, subestação e linha de transmissão.

Conforme os estudos desenvolvidos, observa-se a viabilidade técnica de adução de vazões, a partir do Projeto Jaíba (Etapa 4), até as proximidades da cidade de Janaúba, às margens do Rio Gorutuba. As aduções propostas apresentam vazões decrescentes, derivando em cada ponto de referência (cidades de Jaíba, Verdelândia e Janaúba), vazão da ordem de 1, 5 m<sup>3</sup>/s.

A localização espacial dos segmentos de adução propostos é apresentada no **Mapa a** seguir, possibilitando observar a distância total das três aduções (da ordem de 83 km), abrangendo tanto o Rio Verde Grande, quanto o Gorutuba.

#### **INSERIR MAPA 1 – Adução Jaíba**

A adução de água para diversos pontos ao longo da rede hidrográfica do Rio Verde Grande, a partir do Projeto Jaíba, que tem sua captação direta no Rio São Francisco, justifica-se pela ocorrência generalizada de déficits hídricos verificados nos balanços: disponibilidades hídricas *versus* demandas de água.

Importante destacar que mesmo esgotando-se as possibilidades de regularização de vazões através de barragens, o incremento na disponibilidade hídrica da Bacia é insuficiente. Não havendo disponibilidade hídrica “interna” na Bacia para atender às demandas futuras (tão pouco às atuais), a “importação” de água torna-se imperativa com vistas a equilibrar os balanços hídricos.

Enquanto as 13 novas barragens propostas podem regularizar cerca de 1,8 m<sup>3</sup>/s na Bacia (e ainda assim com garantia limitada – 90%), a adução a partir do Projeto Jaíba pode crescer 4,5 m<sup>3</sup>/s com plena garantia de atendimento.

Estima-se um valor total de R\$ 132 milhões para a implantação e operação das aduções 1, 2 e 3, acrescentados ao valor da tarifa de água do Projeto Jaíba, resultando em R\$ 161,2 milhões. O detalhamento das questões relativas a custos, financiamento, prazos e cronogramas destas transposições serão abordadas no Programa de Ações do Plano.

#### **4.2.2. Adução de Água – Rio São Francisco / Projeto Iuiú**

Esta ação consiste na proposição de adução de água para a Bacia do Rio Verde Grande, tendo como origem o Rio São Francisco, através da infra-estrutura hidráulica do Projeto Iuiú, com o objetivo de aumentar a disponibilidade hídrica em determinados pontos localizados da rede hidrográfica, notadamente junto ao Projeto Estreito, no Alto Verde Pequeno.

A adução de água para a rede hidrográfica da Bacia do Rio Verde Grande, partindo de fonte externa, no caso o maior manancial hídrico regional, o Rio São Francisco, pode ser obtida através de estruturas hidráulicas de condução com o objetivo de materializar a referida transposição.

O manancial hídrico superficial regional, por excelência, consiste no Rio São Francisco, face à magnitude das suas vazões mínimas, que nas proximidades da confluência com o Rio Verde Grande variam entre 1.000 e 800 m<sup>3</sup>/s.

Nesse sentido, a possibilidade de se aduzir (ou transpor) água a partir de uma fonte confiável (no caso o próprio Rio São Francisco), torna essa alternativa obrigatória com vistas à resolução ou minimização dos déficits hídricos (nos confrontos disponibilidades *versus* demandas) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, notadamente para a região do Alto Verde Pequeno, onde se localiza o Projeto Estreito. Nesta região, situada no extremo norte da Bacia do Rio Verde Grande, a baixa pluviosidade e elevada evaporação, associadas a condições geológico-geotécnicas adversas, tornam a acumulação de água em reservatórios, uma ação de baixa viabilidade técnica e financeira.

Os problemas no atendimento das demandas hídricas do Projeto Estreito IV são comentados a seguir:

O Açude Estreito foi construído há mais de 50 anos, barrando o rio Verde Pequeno no local denominado Estreito. Esse reservatório tinha a finalidade de regularizar a vazão do rio Verde Pequeno para fins de irrigação de terras localizadas na sua margem direita, constituindo o “Perímetro de Irrigação do Estreito”, mais tarde denominado Estreito I.

Alguns anos depois, foram adicionadas terras para irrigação nessa mesma margem, num platô que era atingido por uma estação de bombeamento construída no final do Canal Principal do Estreito I. Este novo perímetro, então denominado Estreito II, era suprido por uma rede de tubulação com origem na estação de bombeamento citada.

Posteriormente, foram incorporados cerca de 2.400 ha numa faixa de terras na mesma margem direita, mais a jusante, constituindo-se, assim, no denominado Estreito III. Seu longo canal de adução era alimentado indiretamente do rio, a partir de um bombeamento de água retirada da Lagoa Grande. Essa lagoa se localiza no caminho do leito do rio Cova da Mandioca, afluente, de regime intermitente, da margem direita do Verde Pequeno, que nele deságua um pouco mais a jusante. Seu estudo hidrológico nunca foi bem definido; sabe-se que é alimentada pelo rio Cova da Mandioca e pelo próprio Verde Pequeno, quando extravasa, nos períodos de cheias.

O projeto Estreito III foi logo reduzido para 1.200 ha, quando se percebeu que não haveria água suficiente. Foram implantados cerca de 600 ha, verificando-se, já no primeiro ano, que a disponibilidade de água não atendia mais do que 150 ha. Uma das razões desta limitação foi que as bombas que alimentavam o canal principal foram posicionadas de maneira inadequada, de forma que deixavam de operar bem antes de esgotar a capacidade da Lagoa Grande, por falta de submergência.

A CODEVASF resolveu então ampliar o projeto, incorporando os afluentes da margem direita do Verde Pequeno: os rios intermitentes Cova da Mandioca e São Domingos, contratando os estudos necessários. De início, foi constatado que esses cursos d'água tinham vazão insuficiente para justificar seu aproveitamento através de barragens. Porém, verificou-se que havia uma sela topográfica entre os traçados do Verde Pequeno e do Cova da Mandioca, a montante do Açude Estreito, que permitira a abertura de um canal comunicando seus leitos. Baseado neste fato, foi concebido o aproveitamento do conjunto desses rios através de uma transposição de bacia, conforme se descreve. No rio Cova da Mandioca foi projetada uma barragem, num estrangulamento do vale localizado a jusante da citada sela. Nesta foi projetado um canal de interligação dos dois rios, permitindo que os volumes captados nas enchentes do rio Verde Pequeno, em vez de se perderem pelo vertedouro da barragem do Estreito, fossem desviados e retidos no reservatório criado no rio Cova da Mandioca, que tem um formato que lhe permite um volume de armazenamento maior do que o do Estreito. A Barragem do Cova da Mandioca não tem vertedouro próprio, sendo que seus hidrogramas de cheias seriam desviados, pelo canal de interligação, para o reservatório do Estreito, vertendo pelo extravasor de cheias existente.

A partir desta concepção foi criado o projeto Estreito IV, com o canal principal – CP-0 – iniciando na barragem de Cova da Mandioca e alimentando um lago artificial – batizado de Gabriela – nas margens do qual se situam estações de pressurização para setores de lotes irrigados por aspersão. Do lago Gabriela partem dois canais: o CP-1 dirige-se para o lado esquerdo, abastecendo outras área irrigáveis e terminando por despejar a vazão necessária no canal principal do Estreito III, viabilizando, assim, este projeto que havia se tornado inoperante. O canal principal CP-2 inicia no lago Gabriel e demanda as terras irrigáveis localizadas na região da direita.

A área do projeto é parte integrante das bacias hidrográficas dos rios Verde Grande e Cova da Mandioca, cujas áreas de drenagem são respectivamente de 6.170 km<sup>2</sup> e 419 km<sup>2</sup>. O principal contribuinte do reservatório de Cova da Mandioca é o rio de mesmo nome, com área de drenagem na seção do barramento de 308 km<sup>2</sup>. Os principais

contribuintes do reservatório do Estreito são os rios Verde Pequeno e Galheiros, cujas bacias de drenagem na seção do barramento totalizam uma área de 1.680 km<sup>2</sup>.

Anterior à implantação do reservatório de Cova da Mandioca os perímetros de irrigação denominados Estreito I, II e III já operavam, e eram supridos pelo reservatório do Estreito. A implantação de um novo reservatório possibilitaria a expansão dos perímetros já existentes e a criação de um novo perímetro, Estreito IV, com área irrigada próxima a 7.000 ha. A partir desta idéia projetou-se um novo sistema no qual o reservatório já existente (Estreito) seria interligado a um novo reservatório (Cova da Mandioca) através de um canal/túnel, permitindo assim a transferência de água de um para o outro a partir de uma determinada cota. Abaixo desta cota os reservatórios funcionariam isoladamente. Esta transferência ocorreria preferencialmente do reservatório do Estreito para o de Cova da Mandioca, já que o primeiro tem menor capacidade de armazenamento e sua bacia contribuinte é pelo menos cinco vezes maior.

Quando do projeto (CODEVASF, 1986) a operação do sistema previa o atendimento dos perímetros de irrigação do Estreito I e II pelo reservatório do Estreito, e dos perímetros do Estreito III e IV pelo reservatório de Cova da Mandioca. As simulações hidrológicas realizadas na época atribuíram as seguintes características a cada um destes perímetros de irrigação:

Estreito I e II: Aspersão – 870 ha; Sulcos – 528 ha.

Estreito III e IV: Aspersão – 7.241 ha; Sulcos – 643 ha.

Os dados acima são apresentados em relatório da CODEVASF (1986), e totalizam uma área de 9.282 ha. Em relatório posterior, CODEVASF (1998), a área total dos perímetros aparece limitada a 8.101 ha.

As demandas de cada reservatório foram estimadas com base nestas áreas no plano de cultivos, no abastecimento do município de Espinosa e de outros pequenos núcleos habitacionais e na eventual necessidade de reposição de água à algumas lagoas situadas no perímetro Estreito IV.

Desde a implantação do reservatório de Cova da Mandioca o comportamento dos níveis dos dois reservatórios é de recessão. A exceção aconteceu em março de 1997, quando a ocorrência de uma cheia permitiu a recuperação dos níveis. Isto, entretanto, não se deu de uma forma plenamente satisfatória devido a uma falha operacional. Grande parte do volume da cheia não foi transferido para o reservatório de Cova da Mandioca, tendo escoado pelo vertedor do Estreito. A irrigação passou a ocorrer através das duas tomadas d'água a partir de agosto de 1997, sem que fosse possível cumprir até hoje as metas estabelecidas quando do projeto. Ao longo deste período foram feitas modificações na sua concepção original em busca de uma melhor eficiência, o que permitiria uma diminuição nas demandas para a irrigação. Estas e outras medidas não mostraram-se suficientes, e a oferta d'água do sistema tem-se mantido muito abaixo do necessário para contemplar toda a área do projeto. Esta situação obriga a que as regras operacionais propostas não venham sendo aplicadas. Hoje a água é retida no Estreito até que o volume armazenado seja suficiente para a irrigação dos perímetros do Estreito I e II, e só após o excedente é transferido para o reservatório de Cova da Mandioca.

As áreas irrigadas em 1998, no conjunto dos perímetros, foram de 1.587,5 ha e em 1999 de 1.563,9 ha. A média das áreas totais de 1998 e 1999 representa menos de 20 % da área total prevista com a implantação do Estreito IV.

A CODEVASF contratou, em 1999, o IPH (Instituto de Pesquisas Hidráulicas do Rio Grande do Sul) para “desenvolver um estudo que conduza a uma avaliação quantitativa

das causas que têm feito o sistema operar muito aquém das expectativas iniciais, e ainda apontar medidas que possam viabilizar o crescimento da área irrigada”.

Neste estudo, foram analisadas as seguintes situações, com vistas a resolução do problema de falta de água nos perímetros Estreito: elevação da soleira do vertedor do Açude Estreito (incremento de 31 Hm<sup>3</sup> nos dois reservatórios); armazenamento de água acima da cota do vertedor do Açude Estreito, no reservatório Cova da Mandioca; instalação de comporta no canal de interligação dos reservatórios; bombeamento de água abaixo da cota da tomada de água da barragem da Cova da Mandioca (incremento de 9,5 Hm<sup>3</sup>); construção da barragem de São Domingos (incremento de 19 Hm<sup>3</sup> úteis); e aporte de água através do Projeto Iuiú. Foi, ainda estudada alternativa de redução de demanda para irrigação, resultando em um área máxima irrigada, na situação de disponibilidade hídrica atual de 2.500 ha, frente aos 8.100 ha previstos.

Como conclusões deste estudo tem-se que:

**Quadro 4.3 - Resumo das soluções propostas para aumentar o volume de água para irrigação**

Soluções	Custo	Tempo para implantação	Facilidade para implantação	Eficiência	Confiabilidade resultados	Facilidade para operação
1 - Alteamento do vertedouro Estreito	grande	longo	problemática	média	razoável	fácil
2 - Comporta grande no canal	médio	médio	problemática [Nota 1]	baixa [Nota 2]	duvidosa [Nota 2]	problemática [Nota 3]
3 - Comporta pequena no canal	pequeno	curto	problemática [Nota 1]	baixa [Nota 4]	razoável	média
4 - Bombeamento na Tomada do Cova	médio	médio	fácil [Nota 5]	média [Nota 6]	razoável	problemática [Nota 7]
5 - Barragem São Domingos	grande	médio	fácil [Nota 5]	alta	alta	fácil
6 - Aporte de água do Iuiú	grande	longo	média	alta	alta	média

Notas:

- [1] As comportas somente podem ser executadas quando o nível estiver abaixo da cota 488,00 m.
- [2] Necessitam-se estudos bastante mais detalhados para avaliar os possíveis benefícios.
- [3] A operação exige um "timing" rigoroso, e será feita em época de enchentes e chuvas. Qualquer erro na sua operação poderá comprometer o resultado ou pôr em risco a segurança da barragem.
- [4] Não agrega novo volume de água. Apenas redistribui o prejuízo entre os dois perímetros.
- [5] Sua implantação não interfere nas atividades normais do Perímetro
- [6] O volume de água conquistado terá de ser repostado por meio das chuvas posteriores. Além disso, a vazão de bombeamento será provavelmente inferior à máxima demanda do Perímetro.
- [7] Depende de acionamento de motobombas que ficam inoperantes durante meses e até anos.

Considerando que a área total irrigada dos perímetros é de 8.100 ha e de que há possibilidade de atender, com as disponibilidades hídricas atuais apenas 2.500 ha, tem-se uma área não atendida de 5.600 ha. Considerando o conjunto de soluções estudadas pelo IPH, pode-se incrementar o volume acumulado em 60 Hm<sup>3</sup> (elevação da soleira do vertedor da barragem do Estreito, aproveitamento de volume abaixo da cota da tomada de água na barragem da Cova da Mandioca e construção da barragem do São Domingos). Esse volume

adicional permite atender cerca de 1.000 ha adicionais. Assim, o aporte de água através do Projeto Iuiú, deverá atender cerca de 4.600 ha, o que representa uma vazão de adução de  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

O Projeto Iuiú, teve sua concepção geral definida através de um Estudo de Viabilidade Sócio-Técnico-Econômico e Ambiental (CODEVASF, 1997) visando a implantação de um empreendimento de aproveitamento hidro-agrícola voltado para a exploração de terras aptas para agricultura irrigada, em uma área bruta de 50.113 ha localizada no sudoeste do estado da Bahia, no médio vale do rio São Francisco, próximo do limite com o estado de Minas Gerais.

Na elaboração do estudo de viabilidade foram estudados quatro pontos de captação de água para atender ao Projeto: dois no rio Verde Grande e dois no rio São Francisco. O ponto próximo ao deságüe do riacho Mandacarú (na sua margem esquerda) no rio São Francisco, foi selecionado como o ponto único para aduzir toda a água necessária ao Projeto.

Escolhido o ponto de captação, foram estudadas duas alternativas de engenharia para a captação e adução: estação de bombeamento no pé da encosta, com trecho curto de tubulação até a obra de dissipação no início do canal principal CP1, e um canal de aproximação de cerca de 3,0 km; e estação de bombeamento junto ao barranco do rio com tubulação de recalque de 3,137 km, desde a estação até a obra de dissipação no início do canal CP1. Após estudos de hidráulica e de sedimentos, foi selecionada a alternativa com estação junto ao barranco do rio.

A estação de bombeamento principal do Projeto, denominada EB1, foi projetada para fornecer a vazão de  $29,70 \text{ m}^3/\text{s}$  requerida pelo Projeto, com oito unidades de bombeamento de fluxo misto, com eixo vertical e bomba submersa, tendo como características, cada unidade: vazão =  $3,712 \text{ m}^3/\text{s}$ , AMT = 38,12 m e potência = 1.716 kW.

Na adução foi prevista uma tubulação de recalque, desde a estação EB1 até a obra de dissipação no início do canal principal CP1; possui extensão de 3.137 m, com quatro tubulações de aço de 1.800 mm de diâmetro, enterradas.

O sistema de condução do Projeto compreende o canal principal CP1, os canais secundários CS101 a CS106 e o canal terciário CT10101, totalizando extensão de 100,36 km, e as obras hidráulicas localizadas a eles associadas, inclusive os aquedutos e as estações de bombeamento secundárias EB2 a EB5.

Após a obra de dissipação, que recebe a água das tubulações de recalque da estação de bombeamento EB1, inicia o canal principal CP1. Este canal, com uma vazão de  $29,70 \text{ m}^3/\text{s}$ , e nível d'água na cota 460,0 m, no seu início, desenvolve-se longitudinalmente para a direita da área irrigada e se estende por 60,19 km. Ao longo do seu percurso abastece os canais secundários CS101 a CS106 e, a fim de alcançar patamares mais elevados da área, foram previstas as estações de bombeamento secundárias EB3, EB4 e EB5.

Para o controle operacional dos canais foi previsto o sistema de controle de nível de jusante constante, constituído pelas obras de controle tipo 1 (com comportas planas) e tipo 2 (com comportas de segmento), cujas comportas são acionadas por motores elétricos telecomandados em um central. Como consequência, todos os canais foram projetados com berma horizontal.

Para cruzar os talvegues dos riachos que cortam os canais foram previstos 10 aquedutos, com uma extensão total de 6,790 km, sendo quatro no canal principal CP1, três no canal CS101, dois no canal CS103 e um no canal CT10101.

Todos os lotes de pequenos irrigantes recebem água sob pressão a partir de estações de bombeamento pressurizadoras coletivas. Os lotes de empresas geralmente recebem água por gravidade a partir de tubulações gravitárias que iniciam nas tomadas d'água nos canais, à exceção de 16 lotes que, por estarem acima da área dominada pelos canais, recebem água em baixa pressão, a partir de estação pressurizadora.

Os lotes agrícolas estão localizados em 77 setores hidráulicos, sendo 41 gravitários e 36 pressurizados. Destes, três são de baixa pressão e abastecem 16 lotes de empresas.

Aos 33 setores de pressurização coletiva, que abastecem os 2.533 lotes dos pequenos irrigantes, corresponde igual número de estações de bombeamento pressurizadoras. Estas estações, que estão localizadas à margem dos canais de irrigação, foram dotadas de bombas centrífugas de eixo horizontal e deverão operar afogadas.

Quanto aos métodos de irrigação, nas parcelas foram previstos exclusivamente métodos pressurizados, variando para cada tipo de usuário: aspersão convencional e microaspersão (40% da área da parcela) para as parcelas de pequenos irrigantes; gotejamento e microaspersão para as parcelas de empresas. O projeto da infra-estrutura parcelar só foi concebido para os lotes de pequenos irrigantes.

A eficiência de irrigação prevista para o método de aspersão convencional é de 70% que, levando em conta a lâmina líquida diária de 6,1 mm, resultou num turno de rega de 7 dias, num tempo de aplicação de 6 horas, na jornada máxima de 12 horas.

O sistema de drenagem previsto é constituído pelos talvegues naturais, que cortam a área no sentido transversal (leste-oeste), pelos coletores principais, secundários, terciários e quaternários, além dos drenos parcelares.

O somatório dos chamados drenos coletores, sem incluir os talvegues naturais, mas incluindo os drenos constantes das áreas amostrais que foram usados na drenagem parcelar, corresponde a 229,03 km.

Os talvegues naturais mais importantes correspondem aos riachos Mandacarú, do

Cachorro, Riachão, Seco e Olho d'Água. Ao todo, foram utilizados 12 talvegues naturais como drenos principais. Um dos drenos principais tem um trecho de 4,0 km de dreno artificial (escavado).

O estudo de drenagem subterrânea foi conduzido a partir de uma avaliação prévia das condições de drenabilidade dos solos da área do Projeto. O estudo de drenabilidade foi realizado a partir das informações obtidas no estudo detalhado de solos da área do Projeto, que permitiu classificar os 44.933 ha de terras aptas para irrigação em quatro classes, denominadas D1, D2, D3 e D4, quanto à sua capacidade de drenagem e risco de salinização.

Do estudo ficou constatado que 54,5% dos solos da área do Projeto pertencem às classes D1 e D2. Estes solos não apresentam riscos de salinização a curto ou médio prazo, e poderão levar 10 anos ou mais, sob irrigação, para necessitarem de drenagem subterrânea. Entretanto, é muito alta a percentagem de 45,5% de solos que necessitarão de drenagem subterrânea dentro de cinco anos (26,3%) e a ser implantado simultaneamente com a irrigação (19,2%).

Sobre o suprimento elétrico do Projeto, os estudos de viabilidade concluíram que o sistema elétrico que abastece a região apresenta condições de fornecer a energia necessária para todo o Projeto, bem como o futuro crescimento dos municípios de Malhada e Luiú, decorrentes da implantação do empreendimento.

Uma linha-tronco, em 500 kV, do sistema interligado CHESF que chega à subestação próxima de Bom Jesus da Lapa/BA é que abastece toda a região. A subestação mais próxima da área do Projeto fica localizada no povoado de Julião, no município de Malhada/BA. Ela é alimentada pela linha em 138 kV oriunda da subestação de Lapa. Desta estação já saem linhas em 13,8 kV que alimentam Luiú, Malhada, Pindorama e Canabrava, e linhas em 34 kV que suprem regiões mais distantes. Uma das linhas em 34 kV cruza a área do Projeto.

Está previsto também a implantação de uma subestação nos limites dos municípios de Luiú e Sebastião Laranjeiras, à margem do rio Verde Grande, que será suprida pela subestação de Julião, cuja linha cruzará também a área do Projeto.

A área do Projeto foi parcelada prevendo os seguintes usuários e respectivas proporções: empresas – 50%; pequenos irrigantes – 50%. Os empresários, em número de 151, ocuparão 29 lotes de 200 ha (grandes empresas), 53 lotes de 100 ha (médias empresas) 69 lotes de 50 ha (pequenas empresas). Os pequenos irrigantes ocuparão 2.533 lotes de 6 ha.

Além dos lotes de irrigação, foram previstos outros 24 lotes, que perfazem 1.659 ha, destinados a exploração em sequeiro e/ou pecuária, que resultaram do descarte de algumas áreas localizadas em manchas de solos Vertissolos e Cambissolos Vérticos, de difícil exploração sob irrigação.

Das três Etapas previstas no Estudo de Viabilidade, a CODEVASF contratou a elaboração do Projeto Básico para a Etapa 1, concluído em 2001. Conforme esse Projeto Básico, a Etapa 1 assumiu a seguinte configuração:

A área da 1ª Etapa fica inscrita em uma figura próximo do retângulo de aproximadamente 12 km de largura por 17 km de comprimento. As altitudes da área variam desde a cota 455,0 m, no início da parte elevada, após o leito de inundação do rio São Francisco, até a cota 500,0 m, no limite superior da área.

A área bruta do perímetro é da ordem de 10.230 ha, incorporando 160 propriedades da região, algumas parcialmente (48) e outras integralmente (112). Após o parcelamento agrícola, que resultou em 752 lotes (658 de pequenos produtores, 89 de empresários e 5 de sequeiro), a área total loteada é da ordem de 8.299 ha, sendo que a área total irrigável foi estimada em 7.757 ha.

Os lotes de pequenos produtores, que ocupam 51,75% da área irrigável, localizam-se nas partes altas. Conseqüentemente, recebem água pressurizada através de redes ramificadas de tubulações que partem de estações de bombeamento pressurizadoras situadas nas margens dos canais de adução.

Já os lotes empresariais ocupam 48,25% da área total irrigável e localizam-se nos patamares mais baixos, razão pela qual os mesmos recebem água de forma gravitária através de um sistema de canais a céu aberto e tubulações enterradas.

A captação e adução do Projeto é constituída de um canal de aproximação, com extensão de 2,50 km, uma estação de bombeamento principal, denominada EB1, uma adutora de recalque com extensão de 280,7 m e uma caixa dissipadora de energia junto ao início do canal principal CP1.

A estação EB1 e a respectiva adutora de recalque foi concebida e projetada para atender somente a 1ª Etapa, sendo reservada uma área adjacente para implantação de uma segunda estação para atendimento das etapas subseqüentes. A vazão de dimensionamento destas estruturas é de 10,00 m<sup>3</sup>/s.

A rede de condução é constituída de canais a céu aberto que conduzem água até a tomada d'água dos lotes empresariais e aos reservatórios que atendem as estações pressurizadoras (EP's).

Os canais perfazem a extensão de 28,290 km, sendo que o canal principal foi projetado para atender todo o Projeto, razão pela qual foi dimensionado para a vazão de 32,518 m<sup>3</sup>/s (a vazão requerida na 1ª Etapa é de 8,524 m<sup>3</sup>/s). No final do canal CP1 prevê-se a futura implantação da estação de bombeamento EB3 para atendimento das Etapas 2 e 3.

No km 3 + 138 do canal secundário CS102, na margem direita, foi prevista uma segunda estação de bombeamento, denominada EB2, para atendimento dos patamares mais elevados da área de estudo, que perfazem uma área irrigável da ordem de 1.845,0 ha.

O sistema de distribuição de água é constituído de 10 estações pressurizadoras, 98,127 km de rede pressurizada que atende os dez setores hidráulicos de pequenos produtores e 8,18 km de rede gravitária que abastece alguns lotes de empresas. Cada EP atende um setor hidráulico, que incorpora vários lotes (de 43 a 98) de pequenos irrigantes.

O sistema de drenagem é constituído de canais de drenagem, valetas de proteção e obras complementares, como interseções de valetas e drenos, quedas com bacia de amortecimento, descidas d'água e bueiros.

Foram previstos 140 drenos, que perfazem uma extensão de 112,580 km de canais de drenagem projetados. Os talwegues naturais existentes na área foram considerados drenos coletores.

O sistema energético foi concebido para conduzir energia até os pontos de consumo, representados pelas estações de bombeamento EB1 e EB2, as estações pressurizadoras, os lotes empresariais e os núcleos mistos, com previsão de cargas da ordem de 21.254 kVA.

A infra-estrutura parcelar foi projetada com vistas a determinar a vazão de dimensionamento da infra-estrutura hidráulica principal, que vai desde as tomadas d'água, que são individuais, até a estação de bombeamento EB1. Os métodos de irrigação previstos são a aspersão convencional, a microaspersão e o gotejamento.

Do exposto, constata-se que a área total irrigável da 1ª Etapa do Projeto é da ordem de 7.756,7 ha, sendo que 4.004,4 ha (51,75%) foram destinados aos pequenos produtores e 3.742,3 ha (48,25%) para as empresas agrícolas. Convém ressaltar que outros 10,0 ha de área foram consideradas irrigáveis nos cinco lotes de sequeiro.

Observa-se que, devido a diversos motivos, a área irrigada inicialmente prevista no Estudo de Viabilidade foi reduzida para a Etapa 1, situação essa que deverá ocorrer também para as Etapas 2 e 3, principalmente em razão dos problemas relacionados à drenabilidade dos solos. É de se esperar que a vazão inicialmente adotada para a captação no Rio São Francisco (32,5 m<sup>3</sup>/s) não seja integralmente aproveitada no Projeto Luiú, o que possibilitaria a utilização dessa diferença para abastecimento ao Projeto Estreito IV.

Aplicando o fator de redução na demanda hídrica da Etapa 1 (entre o Estudo de Viabilidade e o Projeto Básico), para as outras duas Etapas (2 e 3), resulta em uma demanda total da ordem de 26,5 m<sup>3</sup>/s (para uma área irrigada total de 24.000 ha). A diferença, de 6 m<sup>3</sup>/s, poderá ser aproveitada para atender às demandas do Projeto Estreito IV, da ordem de 5,0 m<sup>3</sup>/s, conforme já comentado anteriormente. A diferença (1,0 m<sup>3</sup>/s) poderá ser utilizada para o atendimento em marcha, ao longo do canal de adução, que inicia-se na EB-5 do Projeto Luiú e alcança o Riacho Aguapé, próximo à cidade de Sebastião Laranjeiras e junto ao Projeto Estreito IV.

Para esta situação de adução foram concebidas e dimensionadas as estruturas hidráulicas principais e orçados os seus custos de implantação e operação & manutenção.

A adução proposta, foi dimensionada com as seguintes características principais:

- **Vazão:** 6,0 m<sup>3</sup>/s
- **Extensão:** 76 km (da EB-5 do Projeto Luiú – conforme projetada – até o Projeto Estreito IV e o Riacho Aguapé, próximo à cidade de Sebastião Laranjeiras).
- **Desnível manométrico total:** 60 m (10 m para perdas de carga na adução e 50 m de desnível geométrico, alcançando a cota 520 m).

- **Estruturas principais:**

- ✓ Canal: seção trapezoidal de máxima vazão, taludes 1V:1,5H, revestido em concreto, declividade de fundo de 0,1m/km, base de 1,18 m, tirante de 1,94 m, free-board de 0,50 m, Manning de 0,013 e velocidade de escoamento de 0,75 m/s.
- ✓ Estação de Bombeamento: 2 EB's, com potência unitária instalada de 2.200 kW, em 2 conjuntos moto-bomba de 3,0 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica total de 30 m, área construída de 100 m<sup>2</sup>, subestação e linha de transmissão.

Conforme os estudos desenvolvidos, observa-se a viabilidade técnica de adução de vazões, a partir da EB-5 do Projeto Luiú (Etapa 3), até as proximidades da cidade de Sebastião Laranjeiras, às margens do Riacho Aguapé e junto ao Projeto Estreito IV. Para fins de dimensionamento e orçamentação a vazão foi considerada constante ao longo de todo o traçado do canal, em 6,0 m<sup>3</sup>/s.

A localização espacial da adução proposta é apresentada **no Mapa a seguir**, possibilitando observar o traçado ao longo dos 76 km do canal.

**INSERIR MAPA 1 – Adução luiú – mostrar o desenho da figura em A3!!**

A adução de água para diversos pontos ao longo do Rio Verde Pequeno, a partir do Projeto Luiú, que tem sua captação direta no Rio São Francisco, justifica-se pela ocorrência generalizada de déficits hídricos verificados nos balanços: disponibilidades hídricas *versus* demandas de água, notadamente nos problemas de abastecimento de água verificadas no Projeto Estreito IV.

Importante destacar que mesmo esgotando-se as possibilidades de incremento de água locais aos Projetos Estreito (IPH, 1999), através de diversas ações já comentadas, esse incremento na disponibilidade hídrica é insuficiente para atender às demandas, o que leva a solução à obtenção de água em fontes externas, no caso do Rio São Francisco, através da infra-estrutura hidráulica do Projeto Luiú

Mesmo as soluções locais estudadas apresentam garantia limitada, o que não ocorre com a adução de água ora proposta.

Estima-se um custo de adução do Projeto Luiú para o Estreito o valor de R\$ 27.060.000,00 a partir da EB-5 do Projeto Luiú, não sendo computados os custos necessários à adução desde a captação no Rio São Francisco, até a EB-5, de difícil determinação no atual estágio dos estudos. Portanto, a premissa a ser considerada na presente análise é a implantação futura do Projeto Luiú, previamente à construção do sistema de adução ora proposto. O detalhamento das questões relativas a custos, financiamento, prazos e cronogramas destas transposições serão abordadas no Programa de Ações do Plano.

## **5. CENÁRIOS NORMATIVOS**

## 5. CENÁRIOS NORMATIVOS

A construção de cenários normativos de demanda de recursos hídricos constitui-se em um complexo exercício de hipóteses. O cenário tendencial, ao projetar o comportamento recente da demanda de recursos hídricos estabelece como hipótese implícita que as variáveis que compõem o sistema de valores projetados deverão se comportar de forma similar ao que se comportam atualmente. O comportamento atual das variáveis selecionadas para compor o cenário tendencial pode ser verificado através de valores mensurados em um período recente e, a partir deles, possibilita sua projeção baseada no comportamento verificado.

A formulação de cenários futuros exige um exercício de alteração nos valores utilizados como referência para a construção do cenário tendencial. Alternativas de atuação sobre as disponibilidades e relação entre demanda e consumo de água frente ao cenário atual podem ser modificadas por diversos fatores, entre eles, o aumento da oferta hídrica, via transposições para a bacia; mudanças nos processos produtivos; extensão de redes de serviço público de abastecimento e melhoria de sua eficiência, entre outros fatores.

A hipótese de melhoria da eficiência no uso da água (redução da retirada ou do consumo) não possui hipótese inversa factível, ou seja, a que ocorra uma perda de eficiência dos sistemas por conta de um processo de deterioração da dinâmica produtiva atual. Estes cenários normativos são mais ajustados a eventos excepcionais, tais como guerras ou catástrofes naturais, que venham a destruir a infra-estrutura de captação e consumo, podendo gerar uma redução significativa da eficiência. Esta hipótese não será considerada aqui.

A relação mais lógica e simplista estabelece a hipótese de que quanto maior o desenvolvimento, maior a pressão de demanda, fruto da ampliação da atividade econômica e da extensão das redes de serviços para uma população humana cada vez maior. A hipótese inversa é de que se reduzindo o ritmo do crescimento, reduz-se também a pressão de demanda. Ou seja, há uma relação inversa e proporcional entre desenvolvimento e pressão de demanda.

Contudo, esta é uma relação simplória, uma vez que desconsidera aspectos socioinstitucionais importantes, tais como o aumento da capacidade de organização das sociedades desenvolvidas, o que pode alterar os padrões de retirada e consumo seja pelo investimento na gestão e melhoria dos processos produtivos, seja pela mudança de comportamento e de hábitos de consumo, tanto no âmbito empresarial quanto domiciliar. Ou seja, é possível considerar-se uma hipótese de aumento do desenvolvimento em uma relação direta e proporcional com a redução da pressão de demanda, através do investimento, regulamentação e fiscalização pública sobre a retirada e consumo de água. Esta última hipótese pode ser chamada de desenvolvimento com gestão dos recursos hídricos e se constitui em um cenário de todas as formas desejável.

Assim, as possíveis combinações entre estas condicionantes dos cenários normativos, a saber, o aumento da oferta hídrica e a pressão de demanda, têm como balizador para compatibilização o aumento da capacidade de a gestão dos recursos hídricos.

A hipótese aqui considerada que servirá de base para a construção dos cenários normativos é:

- Estágio de desenvolvimento do cenário tendencial com variações no aumento de oferta hídrica, reduções de demanda pelos recursos hídricos e atuação sobre o lançamento de carga poluidora nos corpos d'água considerando a universalização de atendimento e tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos (aumento da capacidade de gestão).

Desta forma, os cenários constituem-se na manutenção do provável comportamento futuro da economia e da demografia da Bacia projetada para o cenário tendencial; estabelecem um novo patamar de gestão da pressão de demanda, modificando os valores de oferta hídrica, valores de base de retirada e consumo estabelecidos no cenário tendencial e extensão dos serviços públicos de atendimento e tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos através da melhoria na eficiência dos processos.

#### 5.1. CENÁRIOS PARA A BACIA

(a) **Cenário Tendencial:** corresponde a situação tendencial em 2030 em termos de disponibilidades (vazão regularizada pelos reservatórios existentes, vazão incremental das sub-bacias, vazão incremental da Transposição Congonhas-Juramento), demandas projetadas, lançamentos de efluentes considerando uma porcentagem de atendimento da população correspondente ao valor estabelecido no projeto de cada ETE atual e prevista;

(b) **Cenário Normativo 1:** corresponde a situação futura em 2030, semelhante ao cenário tendencial, considerando uma redução de 10% na demanda de irrigação, aumento da oferta hídrica através da ampliação da Transposição do Projeto Jaíba de Jaíba até Verdelândia (MVG-TB), a universalização do atendimento e tratamento de esgoto, nas ETE's atuais e previstas e também do sistema de coleta e tratamento de resíduos sólidos urbanos(aterro sanitário em todas as sedes municipais);

(c) **Cenário Normativo 2:** corresponde a situação futura em 2030, semelhante ao cenário normativo 1, porém com redução de 15% na demanda de irrigação, ampliação do projeto de transposição de Verdelândia (realizada no cenário normativo 1) até Janaúba (AG), além da adição das vazões regularizadas pelos novos reservatórios (médio porte) selecionados, e

(d) **Cenário Extra Plano:** corresponde a situação futura além do horizonte temporal do Plano (após 2030), semelhante ao cenário normativo 2, porém com a ampliação da Transposição do Projeto Iuiú até o Projeto Estreito IV (AVP).

## **6. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIO**

## 6. ESTIMATIVAS DE CARGAS POLUIDORAS POR CENÁRIO

As cargas poluidoras potenciais de DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes presentes nos esgotos sanitários de cada sede municipal pertencente a bacia do rio Verde Grande, foram estimadas considerando a população do município e a produção de carga de DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes per capita, respectivamente, 54g/hab/dia, 2,4g/hab/dia e  $2,016 \times 10^9$  org/hab/dia (Novotny, 2003)<sup>1</sup>.

Além das Estações de Tratamento de Esgoto atualmente em funcionamento, o cenário futuro prevê a implantação de algumas ETE's na Bacia do Verde Grande. Para a estimativa do efeito da implantação destas ETE's na geração das cargas poluidoras, foi considerada uma eficiência média de remoção de 80% para DBO, 30% para Fósforo Total e 99% para a concentração de Coliformes Termotolerantes, que corresponde a um sistema de tratamento secundário.

Para o Cenário Tendencial considerou-se uma porcentagem de atendimento da população correspondente ao valor estabelecido no projeto de cada ETE e para os Cenários Normativo 1 e Normativo 2 foi considerada uma porcentagem de 100% de atendimento da população. Das sedes municipais listadas, apenas Guaraciama, Gameleiras, Serranópolis de Minas, Mamonas, Urandi e Sebastião Laranjeiras não apresentam projetos para implantação de Estações de Tratamento de Esgoto.

Os Quadros (6.1 e 6.2) e as Figuras (6.1 a 6.4) apresentam as cargas de DBO, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes por sub-bacia para a situação atual e cenários futuros.

Com relação a carga orgânica de DBO e Coliformes Termotolerantes dos esgotos, as magnitudes dos valores mostraram-se maiores para o Cenário Tendencial, seguido do Atual e Normativos para a maioria das sub-bacias com exceção da AVG, que apresenta maior carga no cenário atual. Este alto valor para essas duas variáveis no cenário atual deve-se a falta de tratamento do esgoto sanitário no município de Montes Claros que contribui com aproximadamente 99% do total de DBO e Coliformes lançados na sub-bacia. Destaca-se a expressiva diminuição no cenário normativo com relação aos Coliformes Termotolerantes nas sub-bacias.

Já com relação a carga de Fósforo Total lançada, para todas as bacias, o Cenário Tendencial apresenta maiores valores de cargas seguido do Cenário Atual e por fim os Cenários Normativos. Este padrão para todas as sub-bacias, inclusive a AVG, deve-se ao baixo índice de remoção de Fósforo considerado nas estações de tratamento, apenas 30% enquanto a DBO e Coliformes apresentam índices de remoção superiores a 90%.

---

<sup>1</sup> Novotny, V. 2003. Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management. 2nd Edition. Wiley. 872p.

Quadro 6.1 - Cargas Poluidoras (DBO, P e CT) por Cenário das sub-bacias do Verde Grande.

sub-bacia	DBO (ton/ano)			Fósforo Total (P) (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (10 <sup>15</sup> org./ano)		
	Atual	Tend.	Norm.	Atual	Tend.	Norm.	Atual	Tend.	Norm.
<b>AVG</b>	6.919,0	2.314,1	2.096,2	308,4	329,7	326,1	258,0	14,0	3,91
<b>MVG-TA</b>	915,2	1.264,6	252,9	40,5	56,2	11,3	34,2	47,2	0,47
<b>AG</b>	1.139,8	1.398,8	340,9	54,0	70,7	47,8	37,6	49,5	0,64
<b>MBG</b>	811,0	936,2	211,7	39,4	45,0	2,2	29,2	33,9	0,39
<b>MVG-TB</b>	511,9	808,8	115,0	24,5	38,8	16,6	18,4	29,5	0,34
<b>AVP</b>	496,3	667,7	133,6	21,9	29,6	20,8	18,5	24,9	0,25
<b>BVP</b>	79,6	113,9	22,6	3,7	5,1	3,7	2,97	4,25	0,04
<b>BVG</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>VG</b>	<b>10.872,8</b>	<b>7.504,1</b>	<b>3.172,9</b>	<b>492,4</b>	<b>575,1</b>	<b>428,4</b>	<b>3.989,7</b>	<b>2.032,9</b>	<b>60,5</b>

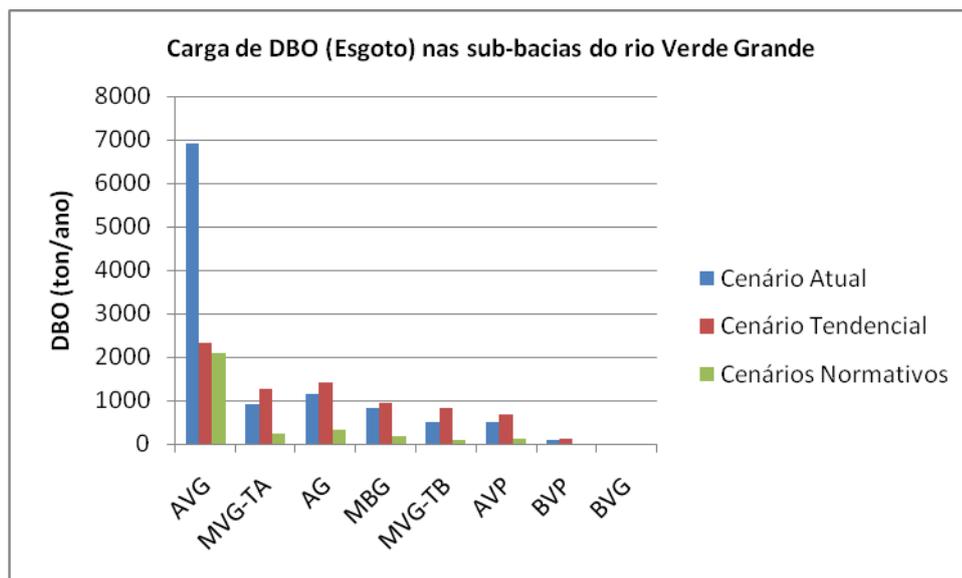


Figura 6.1 - Carga orgânica de DBO, provenientes de esgoto, por cenário nas sub-bacias do Verde Grande.

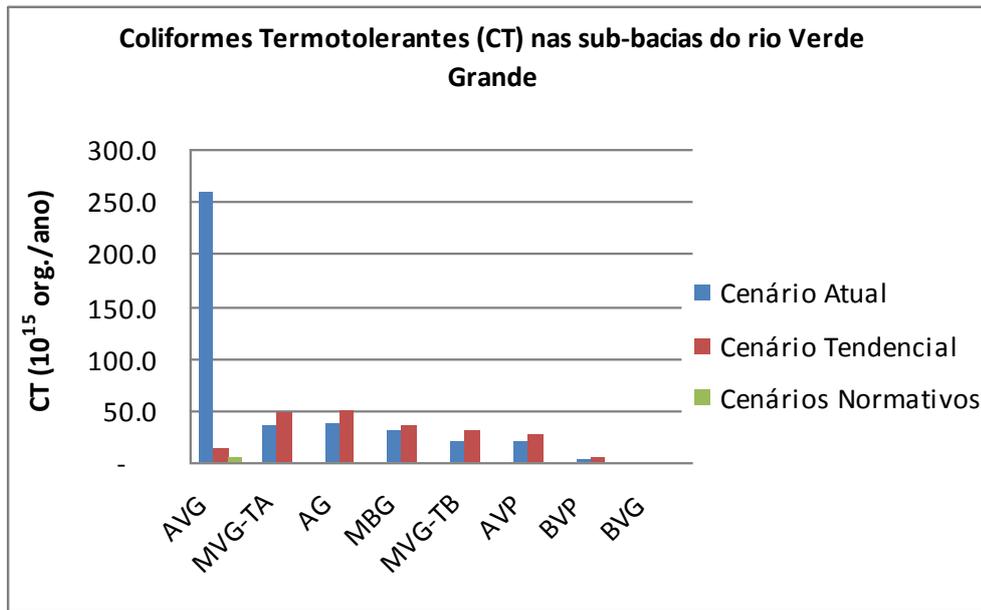


Figura 6.2 - Carga orgânica de Coliformes Termotolerantes (CT), provenientes de esgoto, por cenário nas sub-bacias do Verde Grande.

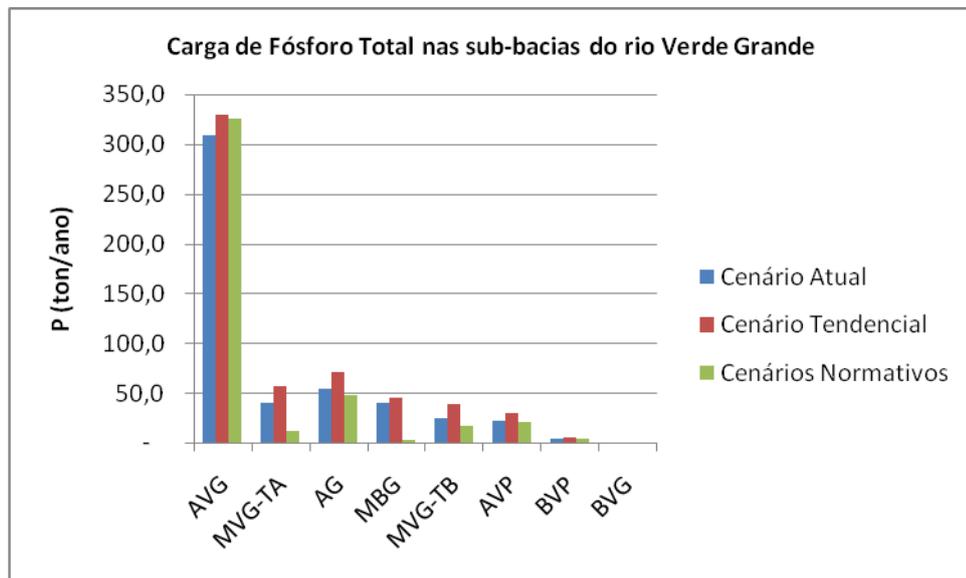


Figura 6.3 - Carga orgânica de DBO, provenientes de esgoto, por cenário nas sub-bacias do Verde Grande.

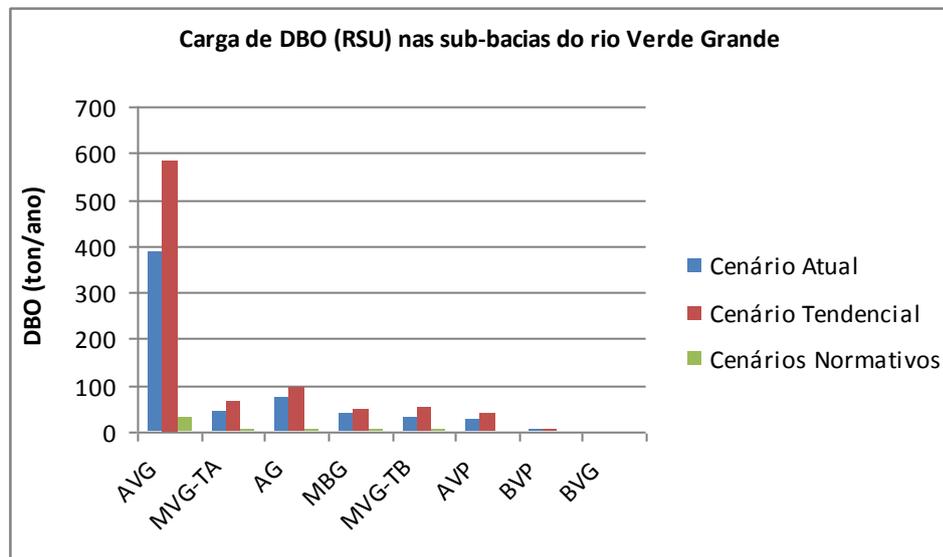
Com relação a carga orgânica de DBO produzida pelos resíduos sólidos urbanos observa-se o acréscimo de carga do Cenário Atual para o cenário Tendencial, acompanhando o acréscimo populacional uma vez que foram mantidas a destinação final destes resíduos. Já para o Cenários Normativos, observa-se expressiva redução das cargas produzidas uma vez que nestes cenários considerou-se aterro sanitário (que apresenta eficiência de remoção de DBO de 90%) em todas as sedes enquanto nos outros cenários a destinação final era

constitui-se apenas de Lixão e Aterro Controlado (ambos com eficiência nula de remoção de carga – 0%). O Quadro 6.2 e a Figura 6.4 apresentam as estimativas de cargas por sub-bacia do rio Verde Grande.

O Anexo 9.1 apresenta a metodologia de obtenção de carga a partir do volume produzido de lixo e do tipo de destinação final deste resíduo.

**Quadro 6.2 - Estimativa de carga orgânica de DBO por Cenário, provenientes de resíduos sólidos urbanos (RSU), das sub-bacias do Verde grande.**

sub-bacia	DBO dos RSU (ton/ano)		
	Atual	Tend.	Norm.
<b>AVG</b>	388,6	585,3	29,3
<b>MVG-TA</b>	44,5	62,8	3,5
<b>AG</b>	73,1	95,4	4,8
<b>MBG</b>	40,2	46,7	3,0
<b>MVG-TB</b>	32,1	50,8	2,5
<b>AVP</b>	27,8	37,4	1,9
<b>BVP</b>	4,5	6,4	0,3
<b>BVG</b>	-	-	-
<b>VG</b>	<b>610,7</b>	<b>884,8</b>	<b>45,3</b>



**Figura 6.4 - Carga orgânica de DBO por Cenário, provenientes dos resíduos sólidos urbanos, das sub-bacias do Verde Grande.**

## **7. BALANÇOS HÍDRICOS POR CENÁRIO**

## 7. BALANÇOS HÍDRICOS POR CENÁRIO

A elaboração do balanço hídrico dos cenários tem por objetivo identificar situações críticas de déficit hídrico nas sub-bacias analisadas, com o fim último de se propor e viabilizar ações com vistas a sanar estes déficits. O resultado do balanço quantitativo de cada sub-bacia é o saldo hídrico, cujos valores negativos representam as quantidades de água a serem “ativadas”, através da construção de novos reservatórios, da implantação de poços e/ou da importação de vazões de regiões vizinhas. A avaliação da qualitativa do balanço também foi realizada visando o enquadramento proposto no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Verde Grande.

Para esta avaliação foi utilizado um modelo matemático, baseado em ambiente SIG, considerando o efeito de cada demanda na bacia, e a propagação de seu impacto a jusante, na disponibilidade hídrica e na qualidade da água. Em geral, esta verificação consiste basicamente de quatro etapas:

- a) Determinação da disponibilidade hídrica em cada trecho de rio;
- b) Identificação de todas as demandas existentes na bacia, podendo ser os usuários outorgados (federais e estaduais), lançamentos ou usos identificados através de planos e estudos;
- c) Estimativa espacial das demandas (com distinção da indisponibilidade devido às demandas e aos lançamentos) e cálculo de indicadores, determinando qual a porcentagem da disponibilidade hídrica local é comprometida individualmente pelo usuário e qual é o grau de comprometimento total, considerando todas as demandas;
- d) Avaliação da qualidade da água por trecho de rio.

Uma descrição mais detalhada sobre o modelo pode ser encontrada no Anexo 9.2.

A base para esta modelagem consiste na discretização da rede de drenagem em trechos de rio definidos por ottobacias. A discretização da rede de drenagem por ottobacias atingiu o nível 7, resultando em 2.147 trechos de rio. Em cada trecho foram caracterizadas informações fisiográficas e sobre a conectividade dos trechos, fundamentais para a modelagem, tais como: (a) comprimento do trecho de rio; (b) área a montante do trecho; (c) área de contribuição do trecho; (d) código do trecho; (e) código do trecho imediatamente a jusante.

Os cenários analisados neste estudo foram os seguintes:

- (a) **Cenário atual:** corresponde a situação atual na bacia do rio Verde Grande em termos de disponibilidades (vazão regularizada pelos reservatórios existentes, vazão incremental das sub-bacias), demandas, exploração atual das águas subterrâneas, lançamentos de efluentes e atendimento atual para tratamento de esgoto nas ETE's existentes;

(b) **Cenário tendencial:** corresponde a situação tendencial em 2030 em termos de disponibilidades (vazão regularizada pelos reservatórios existentes, vazão incremental das sub-bacias, vazão Transposição Congonhas-Juramento), demandas futuras, lançamentos futuros de efluentes e uma porcentagem de atendimento da população correspondente ao valor estabelecido no projeto de cada ETE atual e prevista;

(c) **Cenário normativo 1:** corresponde a situação futura em 2030, semelhante ao cenário tendencial, com a adição da transposição em Jaíba ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e em Verdelândia ( $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ), redução de 10% da demanda por irrigação, 100% de atendimento para tratamento de esgoto nas ETE's atuais e previstas, e tratamento dos resíduos sólidos (aterros sanitários).

(d) **Cenário normativo 2:** corresponde a situação futura em 2030, semelhante ao cenário normativo 1, porém com a adição das transposições de vazões em Jaíba ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), em Verdelândia ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e em Gorutira ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), redução de 15% da demanda por irrigação em relação ao cenário tendencial.

#### 7.1. BALANÇO QUANTITATIVO POR TRECHO

Com relação a disponibilidade hídrica, foram utilizadas três vazões de referência como base: (a) vazão mínima com garantia de 90% no tempo (Q90); (b) vazão mínima com garantia de 95% no tempo (Q95); e (c) vazão mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos (Q7,10). Desta forma foram estimadas as vazões de referência para cada trecho de rio, considerando a parcela da área de contribuição do trecho em cada sub-bacia, a regularização de reservatório e transposições de vazões.

Efeito de cada demanda foi atribuído nos trechos de rio influenciados por um ou por usos múltiplos, considerando a propagação de seu impacto a jusante. O consumo relativo ao abastecimento urbano foi atribuído em cada sede municipal, considerando sua localização espacial; o consumo devido ao abastecimento rural e dessedentação animal foi espacialmente distribuído por sub-bacia, sendo ponderado pela área de cada trecho de rio; já o consumo devido à irrigação foi espacialmente atribuído por sub-bacia, sendo ponderado pela área de cada perímetro irrigado; e o consumo industrial foi estabelecido nas sedes municipais de Montes Claros e Janaúba.

### 7.1.1. Cenário Atual

O efeito particular das demandas devido ao abastecimento rural, uso industrial, dessedentação animal, abastecimento urbano e irrigação no comprometimento, aqui considerando como a razão entre demanda e disponibilidade, no cenário atual pode ser observado na Figura 7.1 a Figura 7.5, respectivamente. O efeito combinado de todas as demandas (usos múltiplos) está apresentado na Figura 7.6.

Na situação atual, é notório um grande comprometimento hídrico devido à irrigação e dessedentação animal. As demandas por abastecimento rural, urbano e industrial não promovem significados impactos no comprometimento da disponibilidade para qualquer vazão de referência. É notório um leve comprometimento da demanda devido a dessedentação animal nas sub-bacias AVP, BVP e BVG. Para a vazão de referência Q90, a única sub-bacia que apresenta déficit hídrico na foz é o BVG. No entanto, em uma considerável parcela dos trechos (12,58%) a demanda supera a disponibilidade. A maior parte destes trechos estão localizados na sub-bacia MBG, onde é possível observar um grande número de perímetros irrigados. Considerando como vazão de referência a Q95, observa-se déficit hídrico nas fozes do MBG, MVG-TB e BVG. O cenário de comprometimento é levemente mais acentuado para esta vazão de referência em comparação com a Q90. Para Q7,10, observa-se déficit hídrico também na foz do AVG. Nesta situação, que é menos favorável em termos de disponibilidade, quase 20% dos trechos da bacia apresentam demanda superior a disponibilidade. O rio Verde Grande apresenta comprometimento crítico logo após a confluência com o rio Suçupara no MVG-TA.

Estes déficits pode ser facilmente supridos com medidas simples de aumento de disponibilidade, tais como captação subterrânea ou regularização de vazão através de barramentos, coadjuvados por medidas de contenção de demandas, como uso racional da água, controle de perdas, etc.

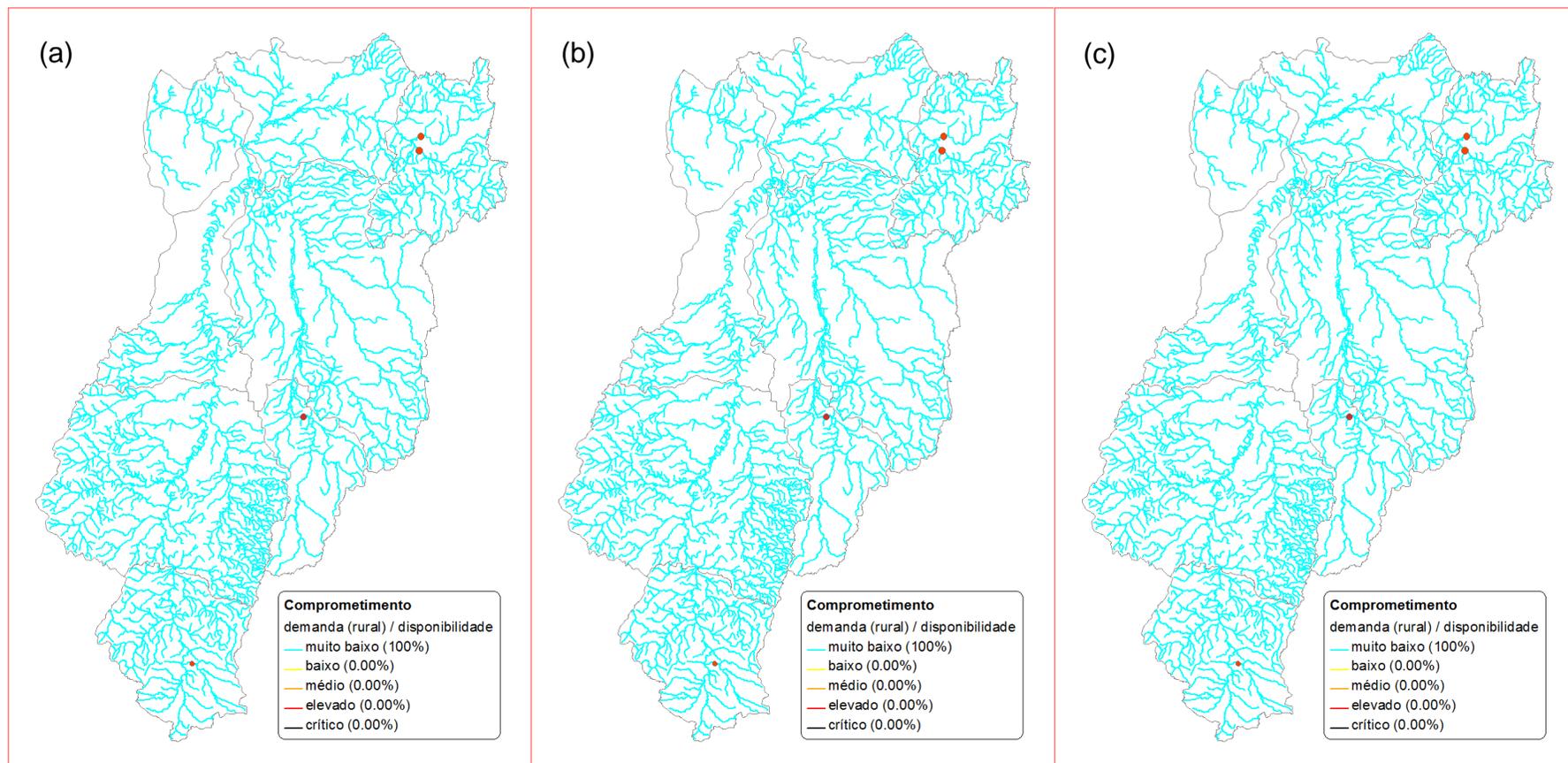


Figura 7.1 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento rural em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

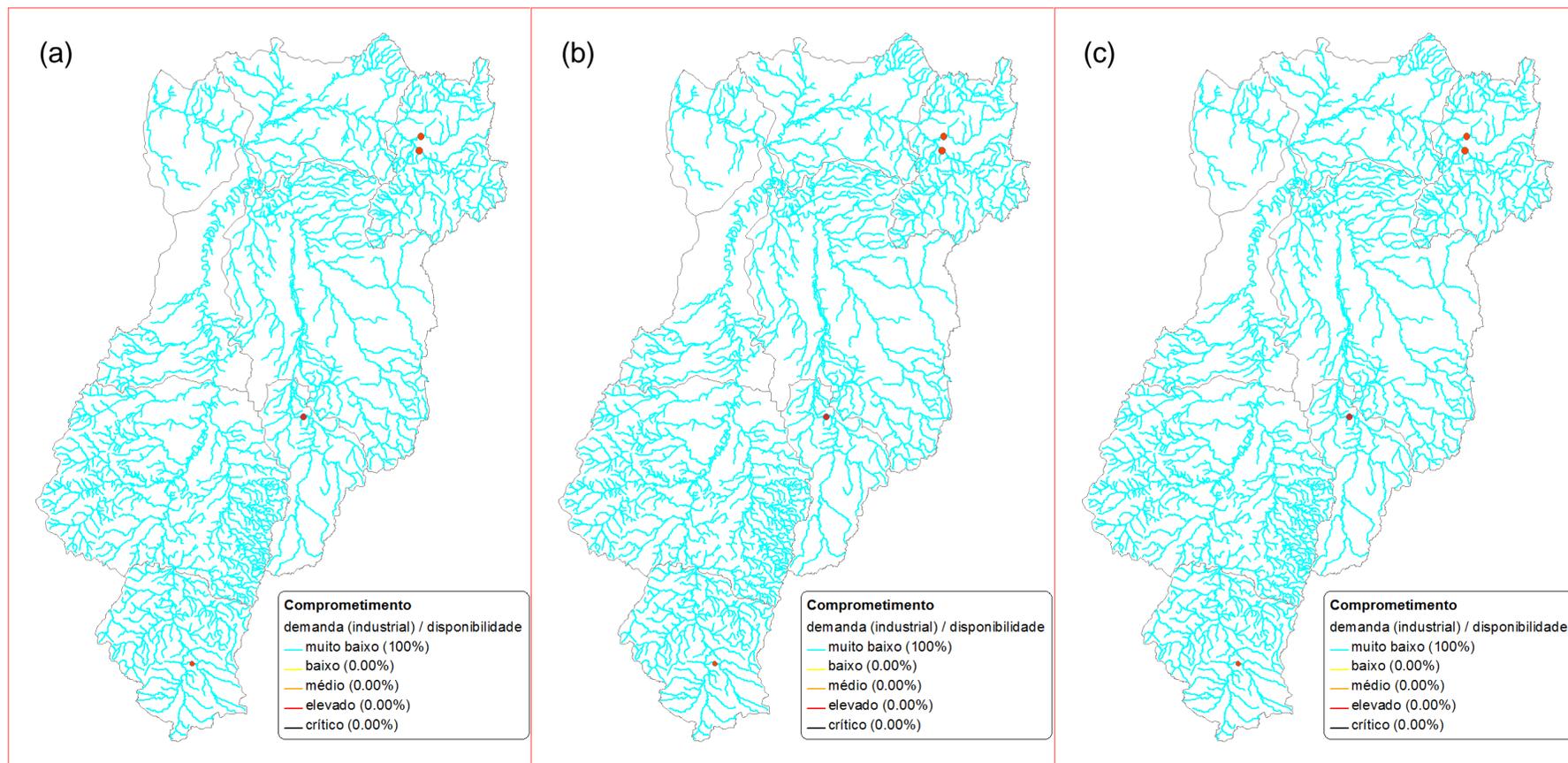


Figura 7.2 – Comprometimento do consumo devido ao uso industrial em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

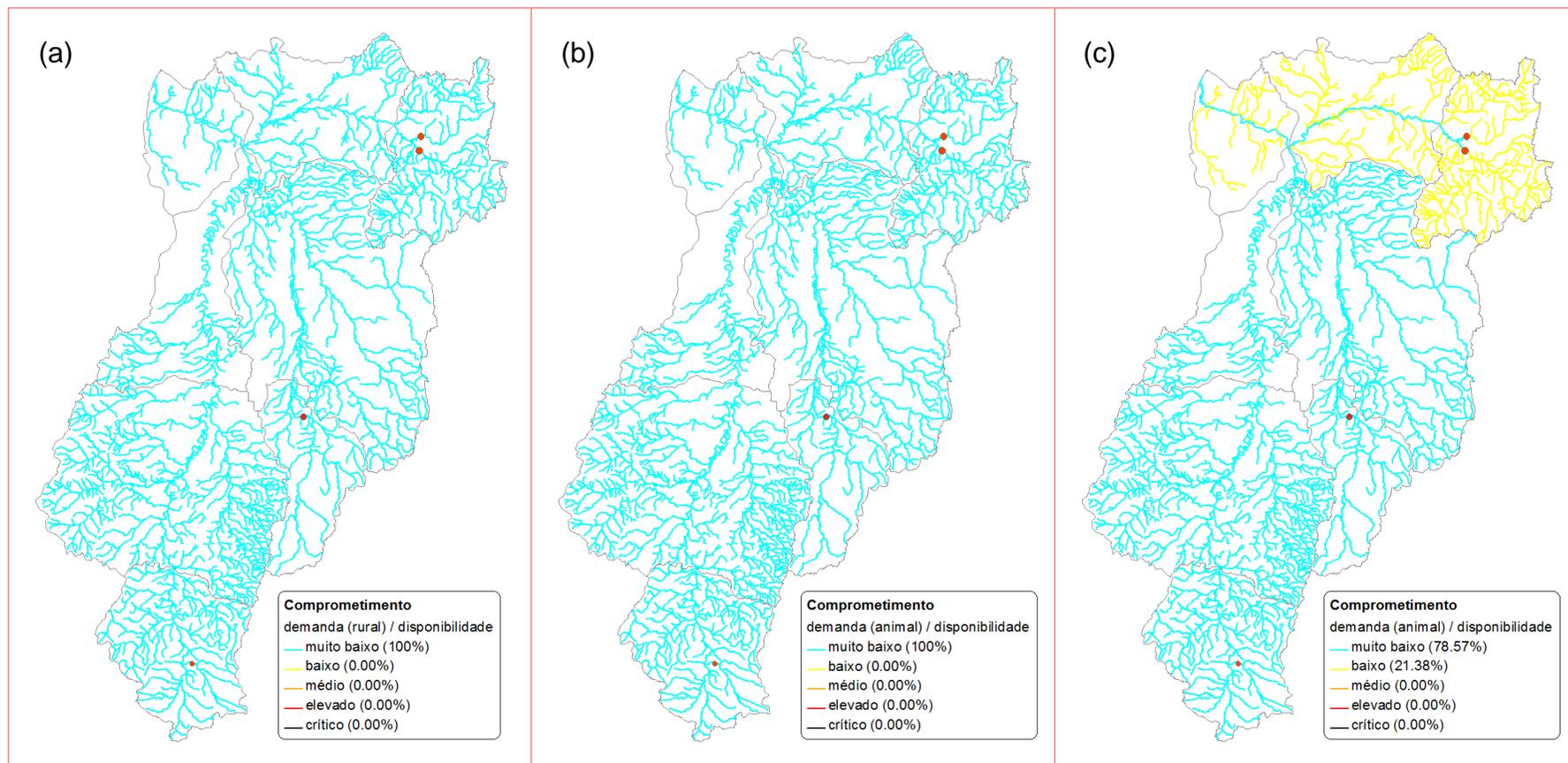


Figura 7.3 – Comprometimento do consumo devido à dessedentação animal em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

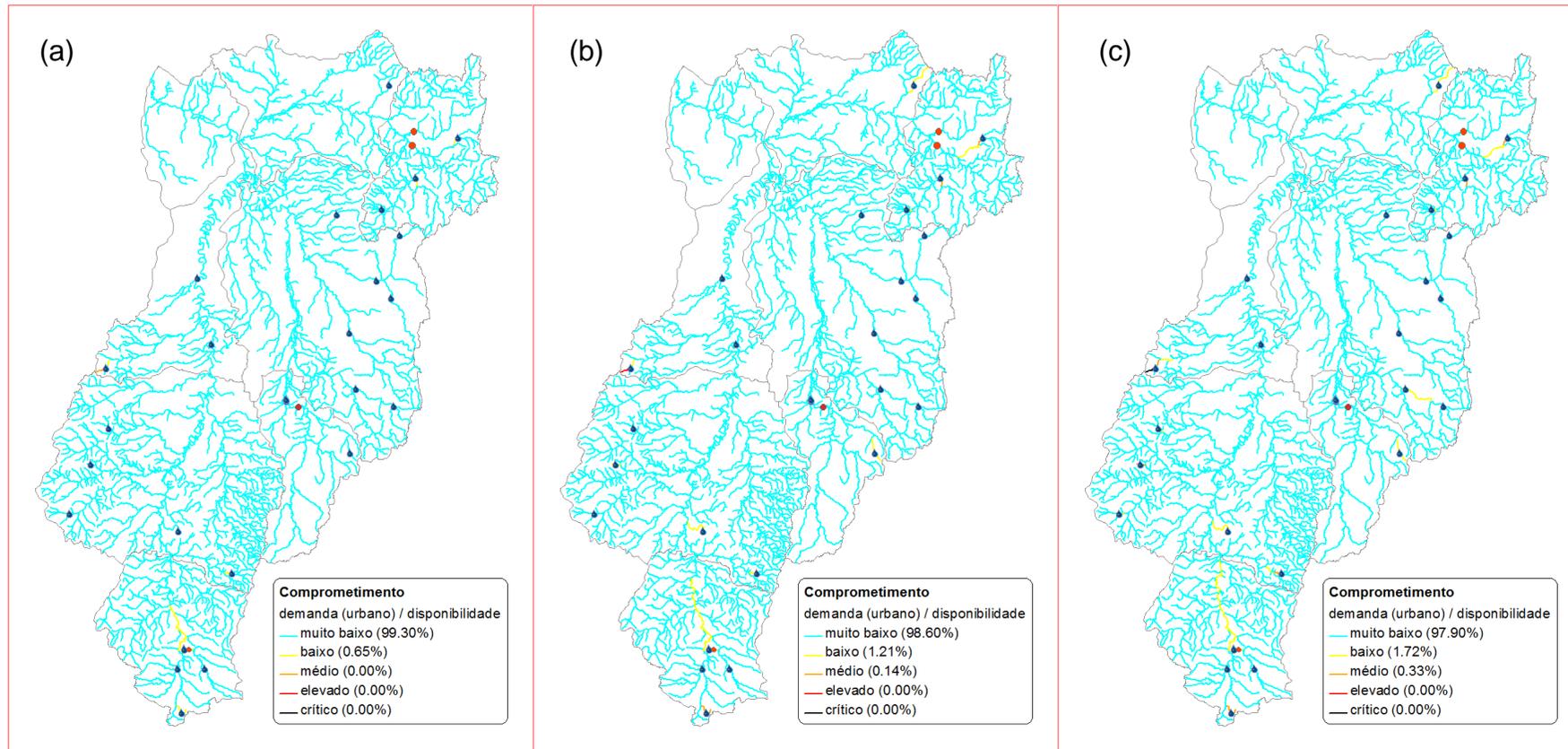


Figura 7.4 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento urbano em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

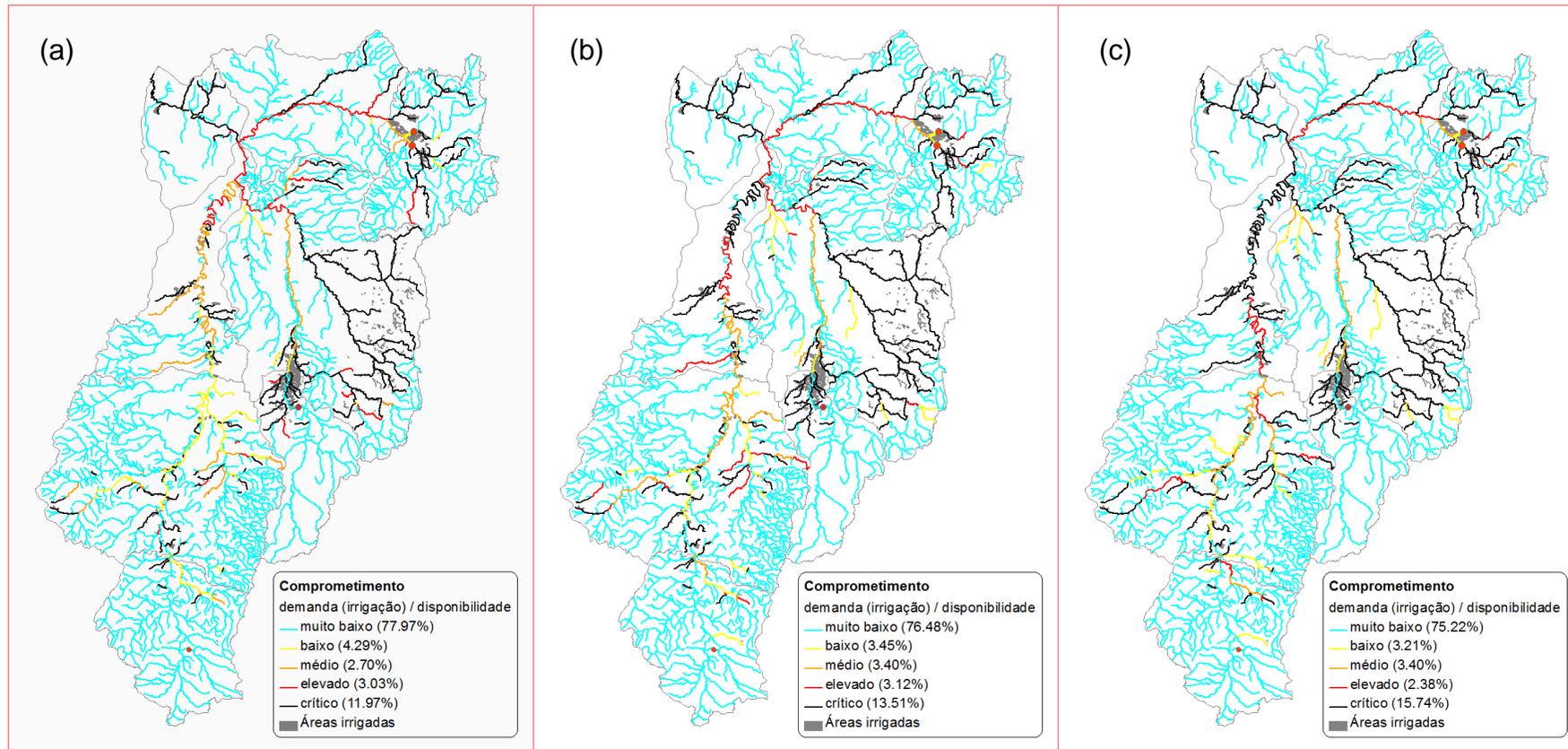


Figura 7.5 – Comprometimento do consumo devido à irrigação em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

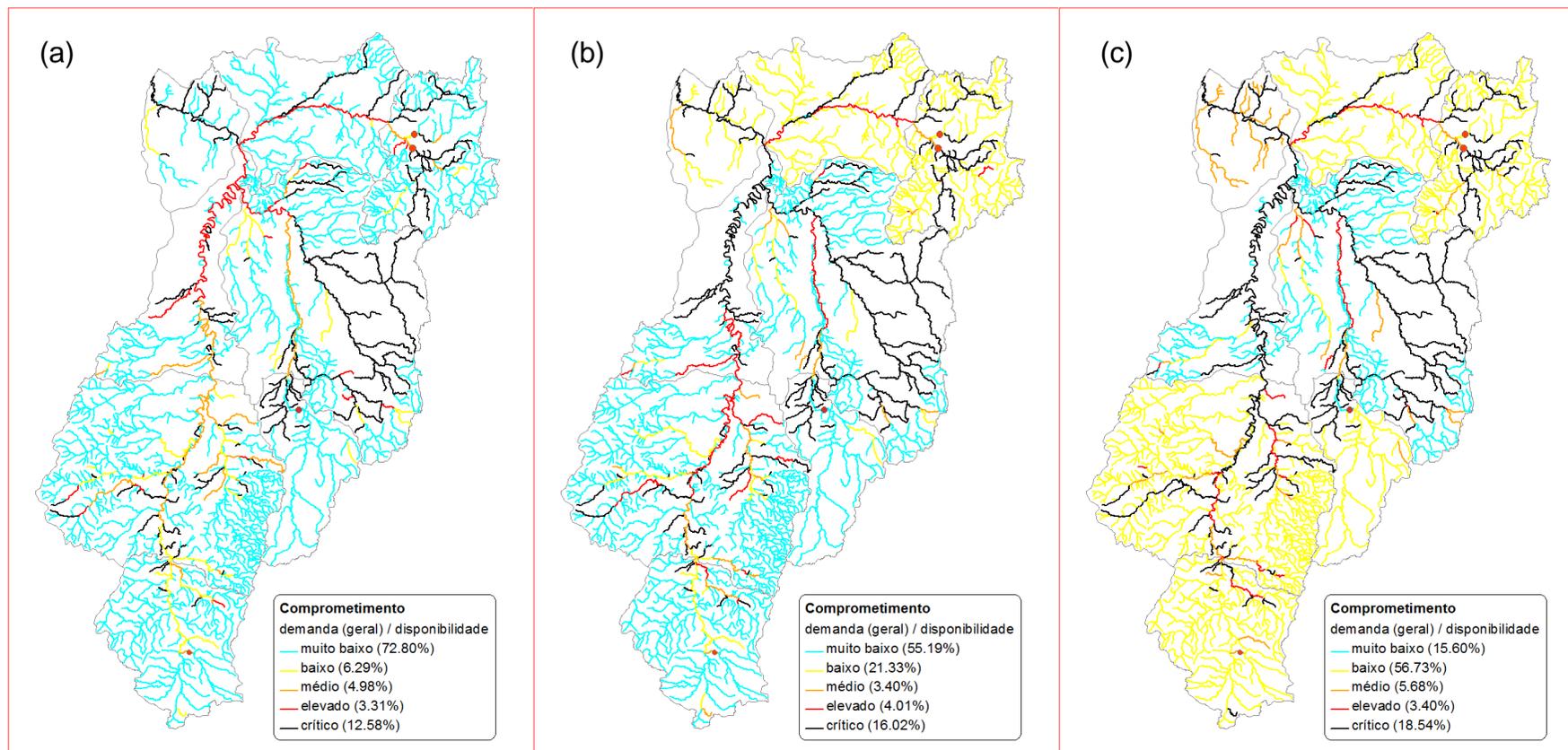


Figura 7.6 – Comprometimento do consumo devido aos usos múltiplos em relação a disponibilidade hídrica do cenário atual considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

### **7.1.2. Cenário tendencial**

O efeito particular das demandas devido ao abastecimento rural, uso industrial, dessedentação animal, abastecimento urbano e irrigação no comprometimento, aqui considerando como a razão entre demanda e disponibilidade, para o cenário tendencial, pode ser observado na Figura 7.7 a Figura 7.11, respectivamente. O efeito combinado de todas as demandas (usos múltiplos) está apresentado na Figura 7.12.

Ao se projetar o saldo hídrico para o ano de 2030, em um horizonte tendencial, os déficits hídricos passaram a ocorrer também nas fozes das sub-bacias AVP e BVP. Nestas sub-bacias, estes déficits são resultados das demandas futuras calculadas, principalmente, para a dessedentação animal.

No cenário tendencial, assim como no cenário atual, também é notório um grande comprometimento hídrico devido à irrigação e dessedentação animal. O efeito exclusivo das demandas por abastecimento rural, urbano e industrial não se faz notado no comprometimento da disponibilidade para qualquer vazão de referência. É notório um grande comprometimento da demanda devido a dessedentação animal nas sub-bacias AVP e BVP, onde é possível visualizar diversos trechos de cabeceira com comprometimento crítico.

A transposição em Juramento promove uma melhoria no comprometimento das demandas totais sobre a disponibilidade ao longo da calha do rio Verde Grande, principalmente nos trechos a montante do município de Jaíba (para uma vazão de referência Q90). No entanto, alguma medida adicional para aumento de disponibilidade precisaria ser implantada neste trecho.

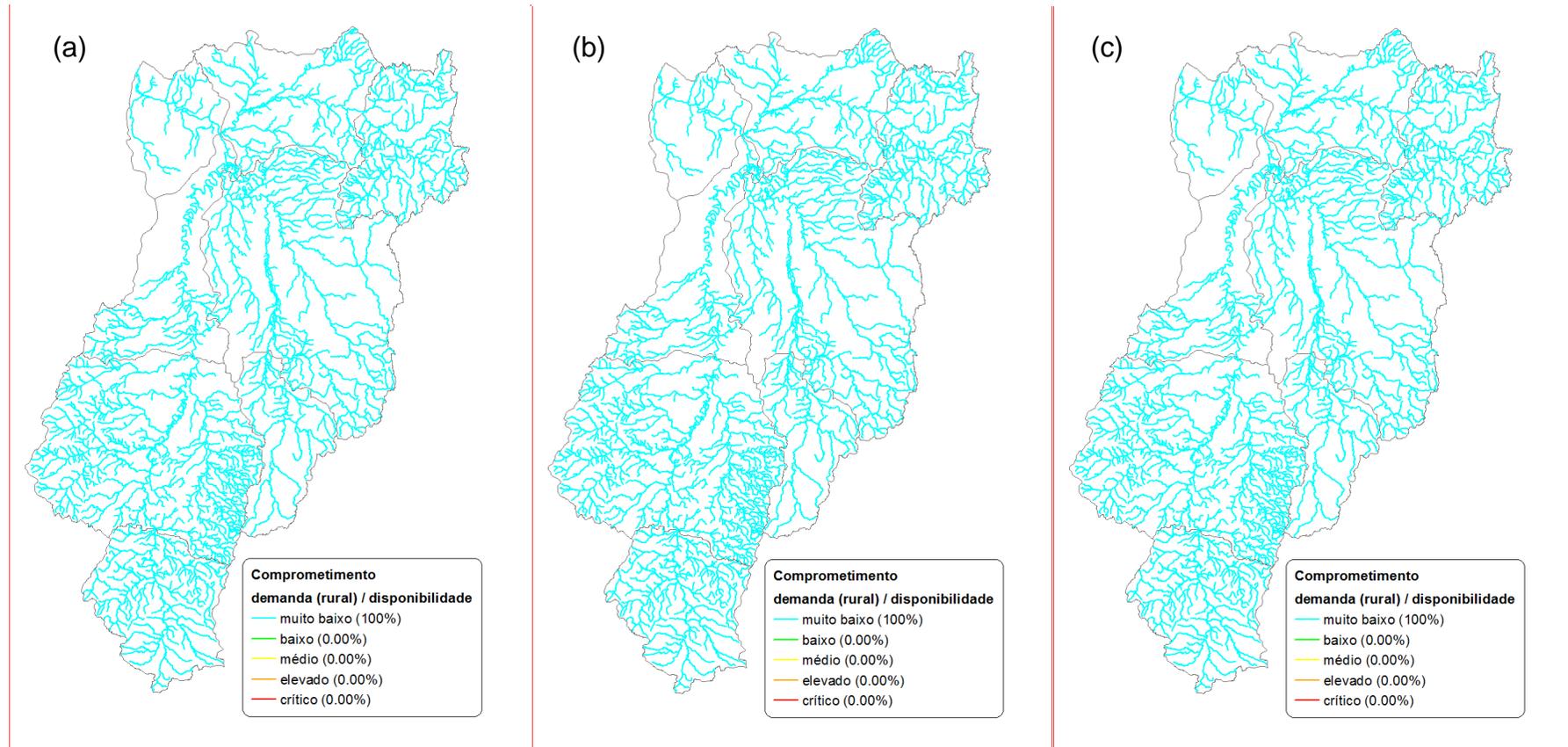


Figura 7.7 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento rural em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

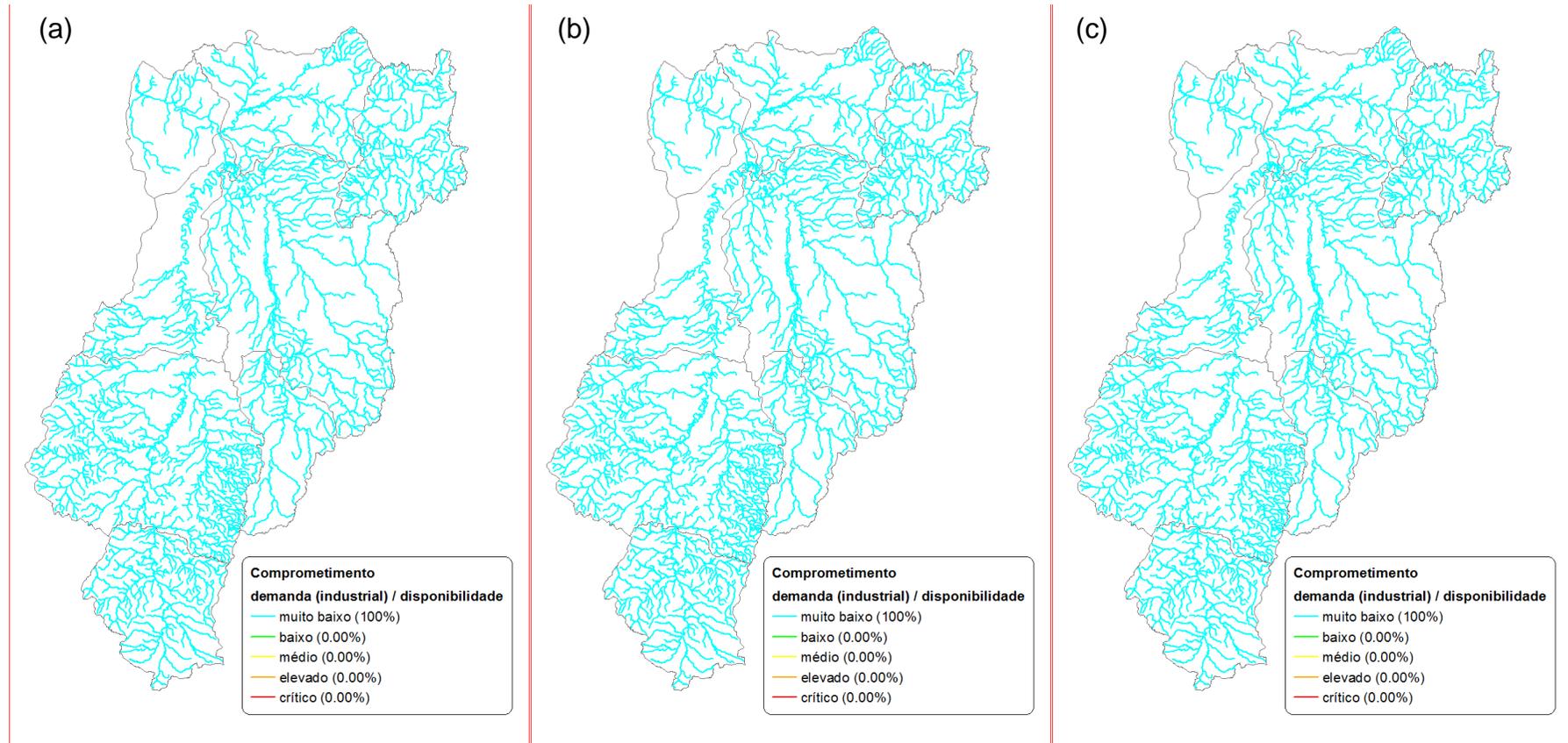


Figura 7.8 – Comprometimento do consumo devido ao uso industrial em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

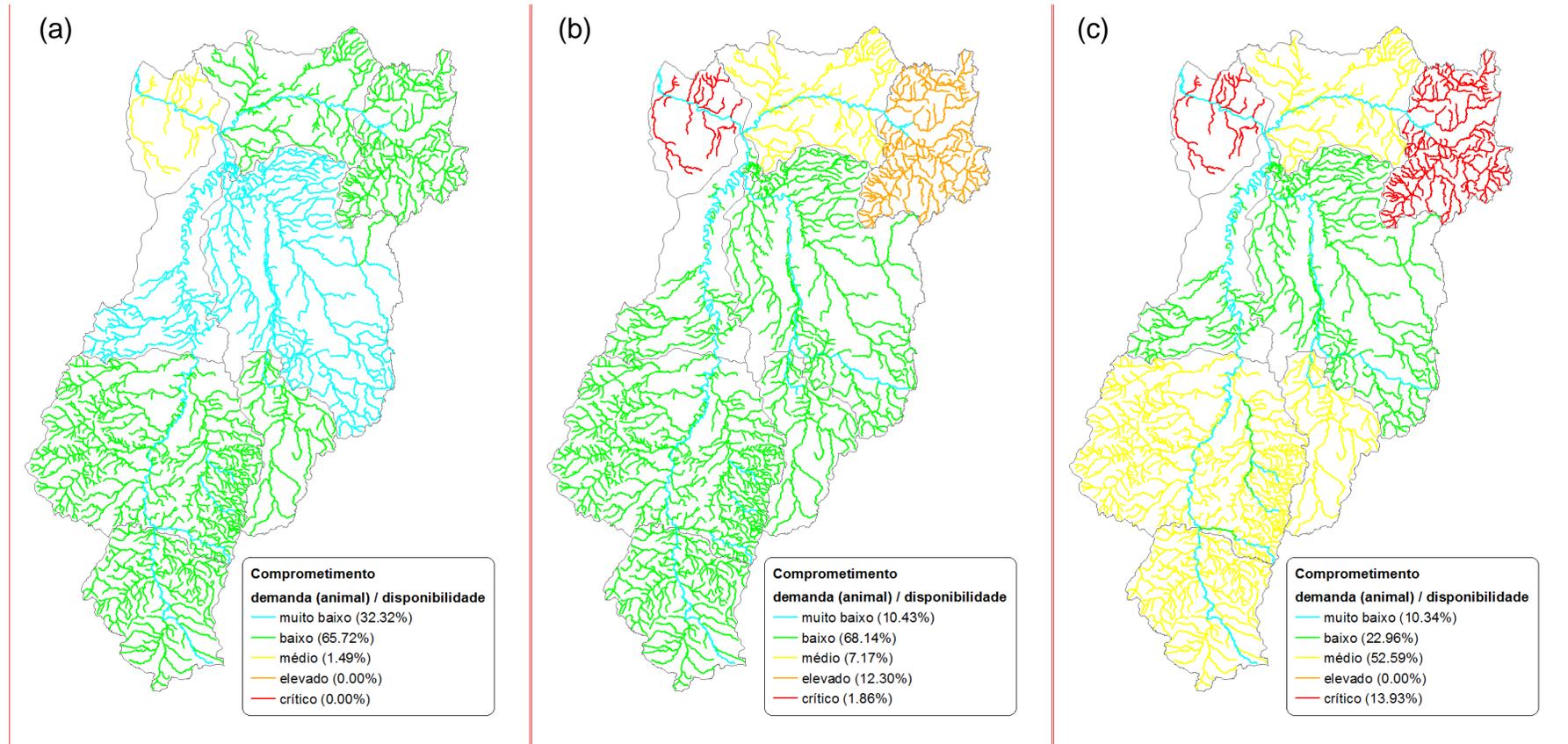


Figura 7.9 – Comprometimento do consumo devido à dessedentação animal em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

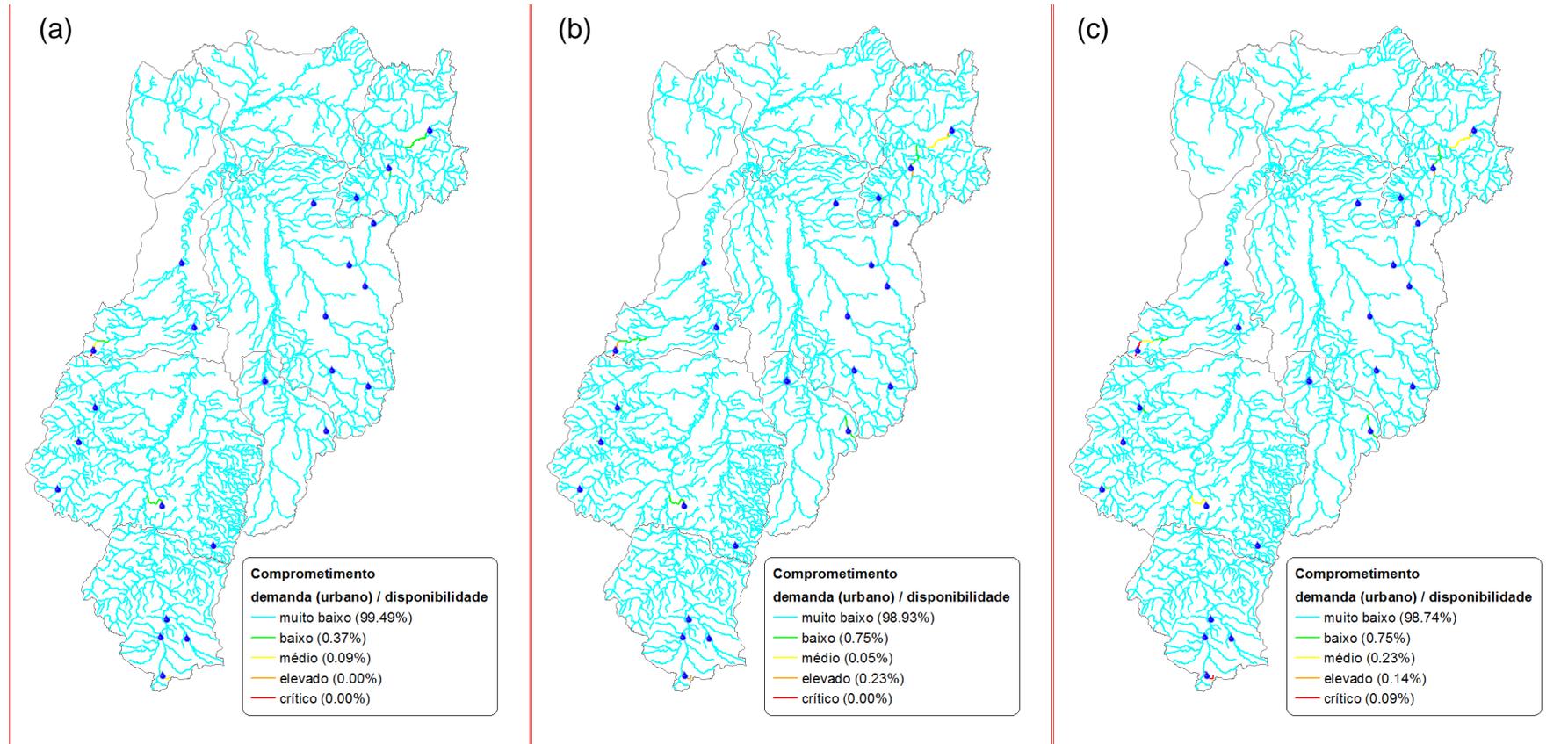


Figura 7.10 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento urbano em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

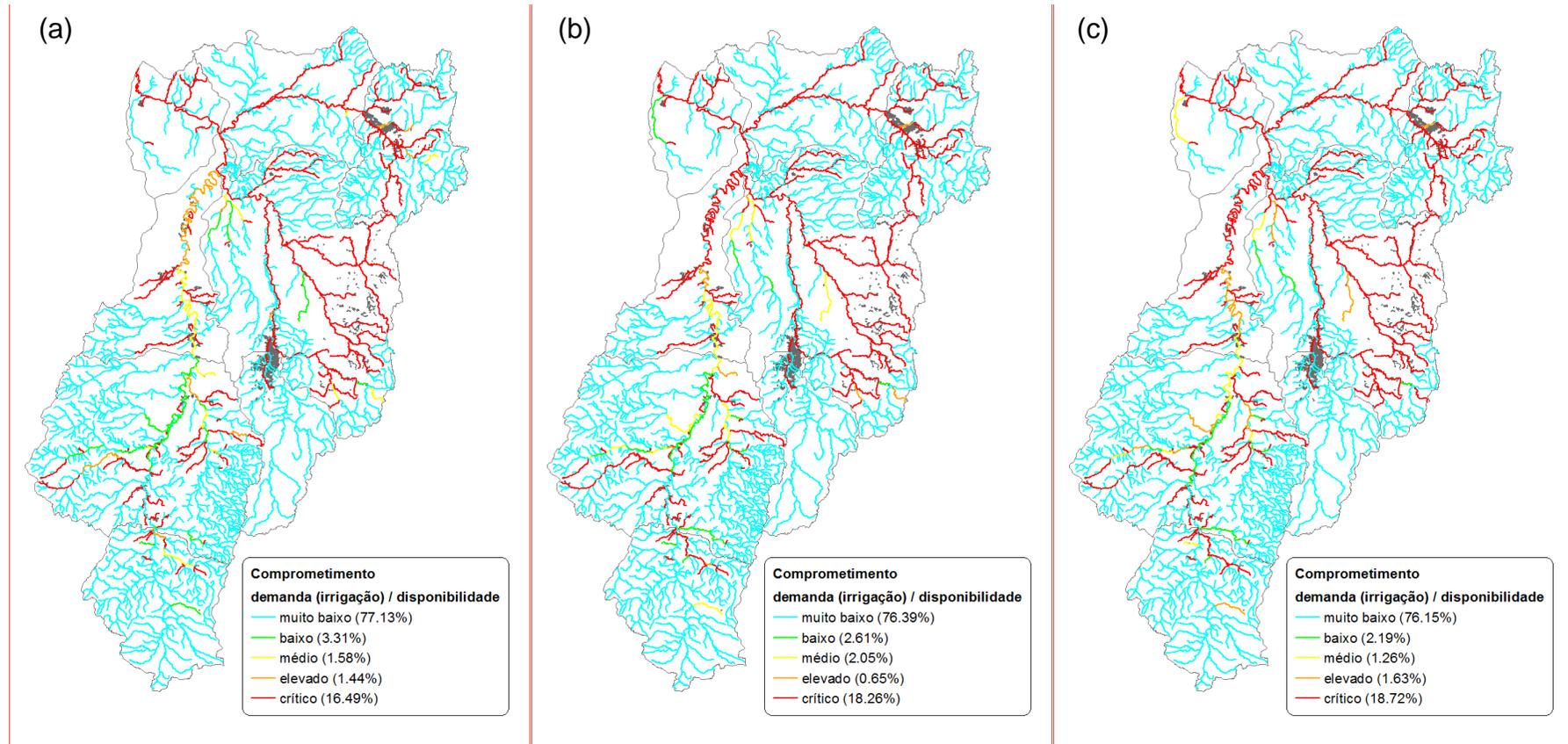


Figura 7.11 – Comprometimento do consumo devido à irrigação em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

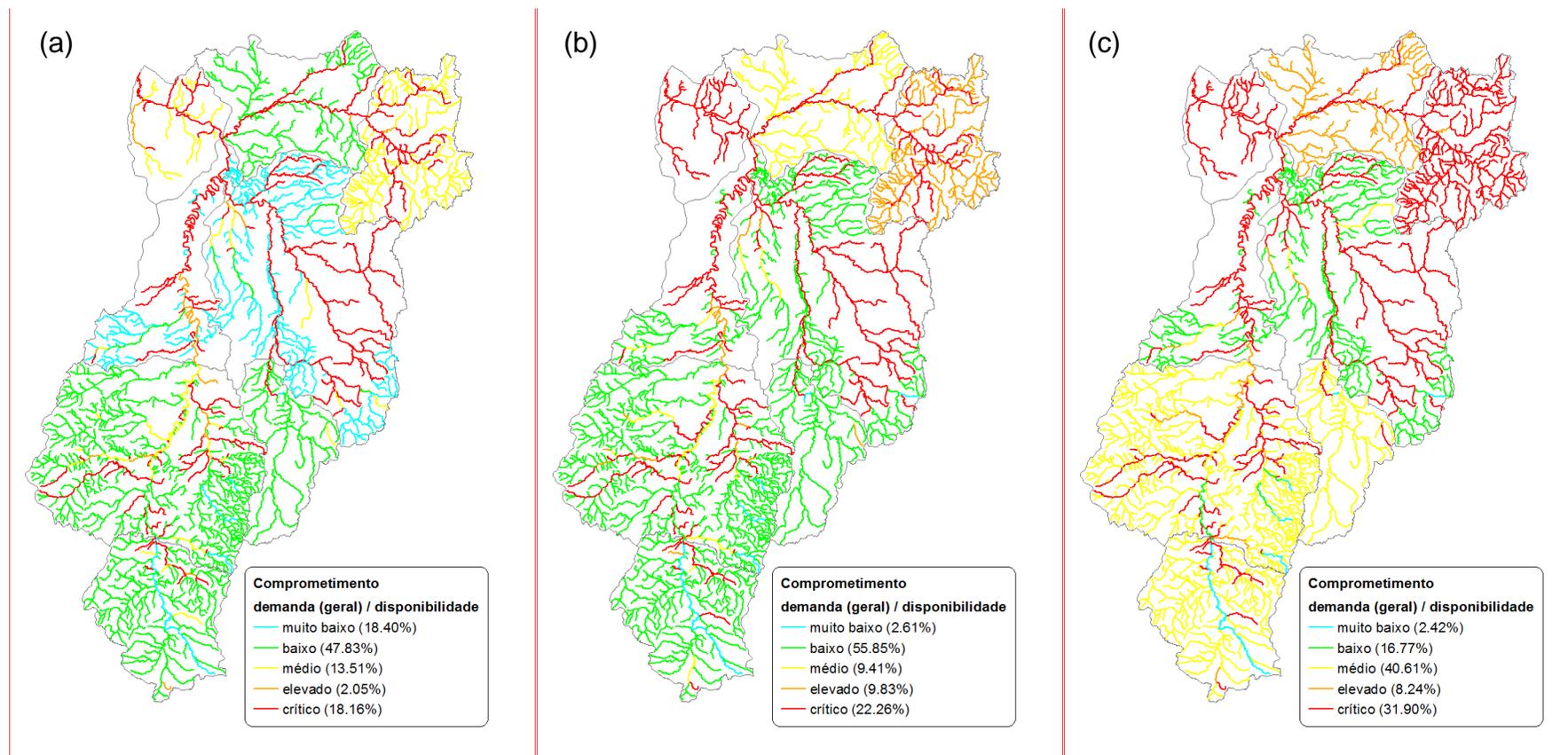


Figura 7.12 – Comprometimento do consumo devido aos usos múltiplos em relação a disponibilidade hídrica do cenário tendencial considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

### 7.1.3. Cenário normativo 1

O efeito particular das demandas devido ao abastecimento rural, uso industrial, dessedentação animal, abastecimento urbano e irrigação no comprometimento, aqui considerando como a razão entre demanda e disponibilidade, para o cenário normativo 1, pode ser observado na Figura 7.13 a Figura 7.17, respectivamente. O efeito combinado de todas as demandas (usos múltiplos) está apresentado na Figura 7.18.

Ao se projetar o saldo hídrico para o ano de 2030, com as mesmas demandas do cenário tendencial mais um aumento da disponibilidade pela implantação da transposição em Jaíba e Verdelândia e redução de 10% da demanda por irrigação, observa-se significativas mudanças no comprometimento da disponibilidade hídrica em trechos imediatamente a jusante da transposição em Jaíba e Verdelândia (passando de um comprometimento crítico para médio), indicando que este aumento de disponibilidade apenas promove melhorias e contribui para uma mudança do saldo hídrico da sub-bacia MVG-TB, mas não da sub-bacia (BVG) devido a forte demanda nas sub-bacias AVP e BVP. Assim como no cenário tendencial, os déficits hídricos ocorrerem nas fozes das sub-bacias MBG, AVP e BVP. Nestas sub-bacias, estes déficits são resultados das demandas futuras calculadas, principalmente, para a dessedentação animal e irrigação.

No cenário normativo 1, assim como no cenário tendencial, o efeito exclusivo das demandas por abastecimento rural, urbano e industrial também não se faz notado no comprometimento da disponibilidade para qualquer vazão de referência. É notório um grande comprometimento da demanda devido a dessedentação animal nas sub-bacias AVP e BVG, onde é possível visualizar diversos trechos de cabeceira com comprometimento crítico.

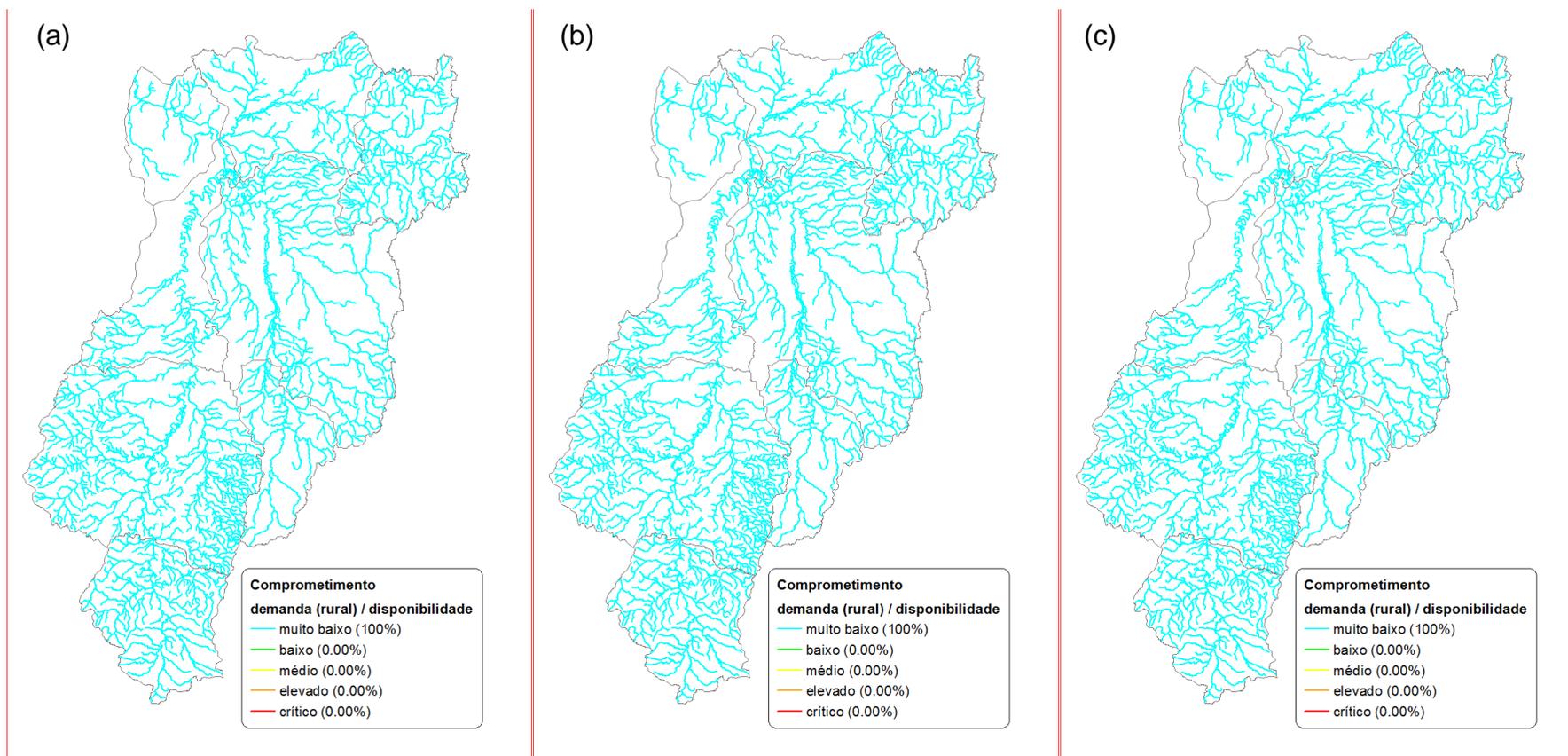


Figura 7.13 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento rural em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

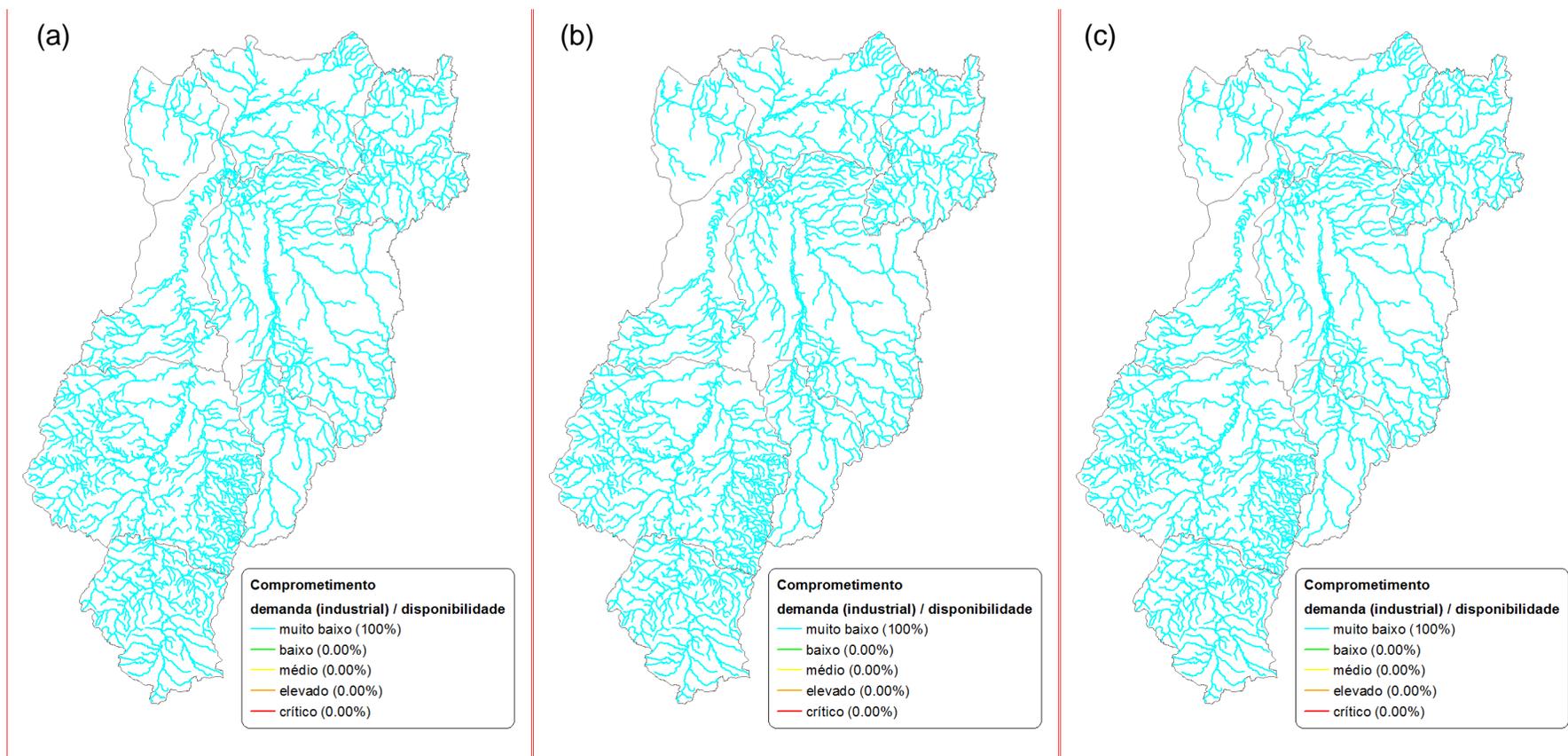


Figura 7.14 – Comprometimento do consumo devido ao uso industrial em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

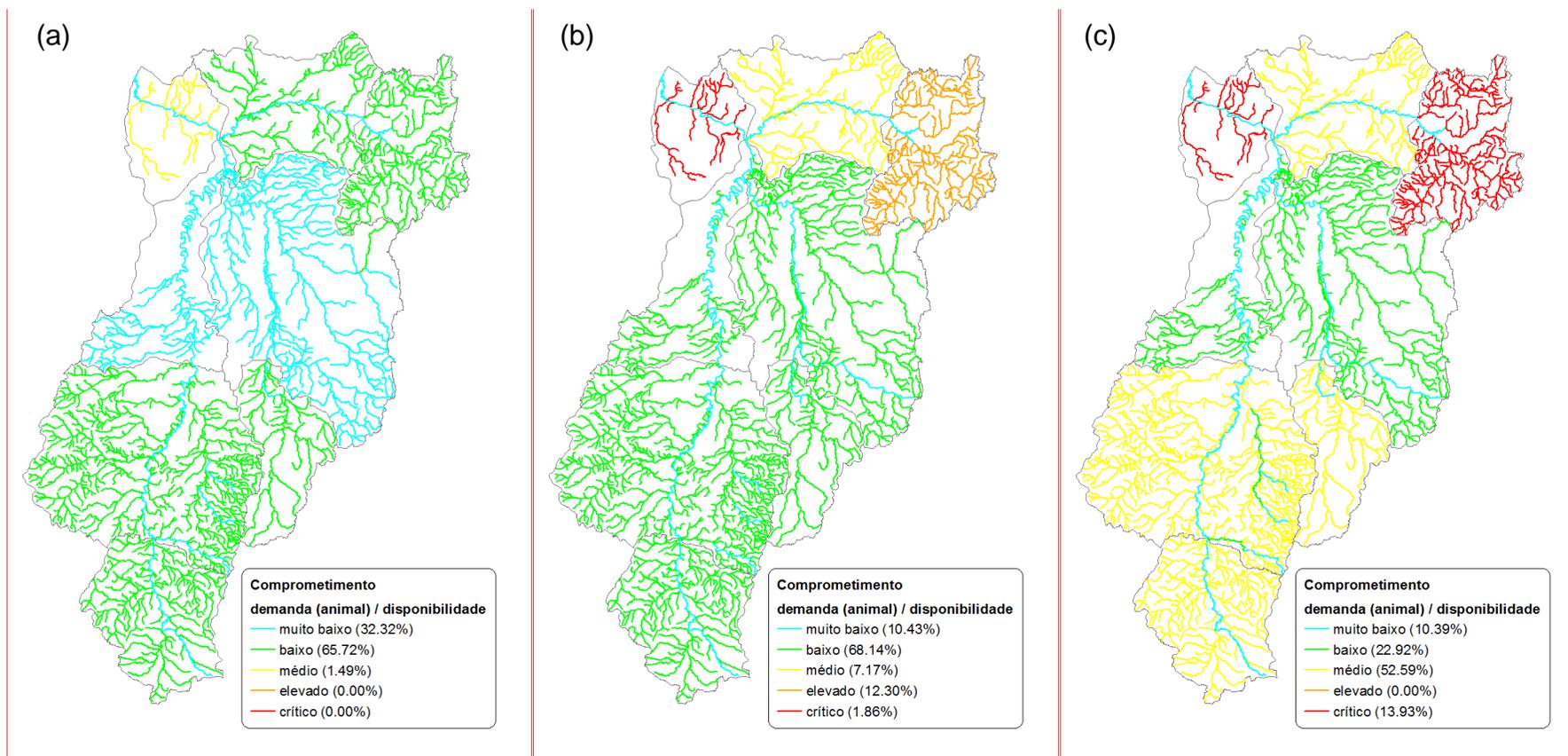


Figura 7.15 – Comprometimento do consumo devido à dessedentação animal em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

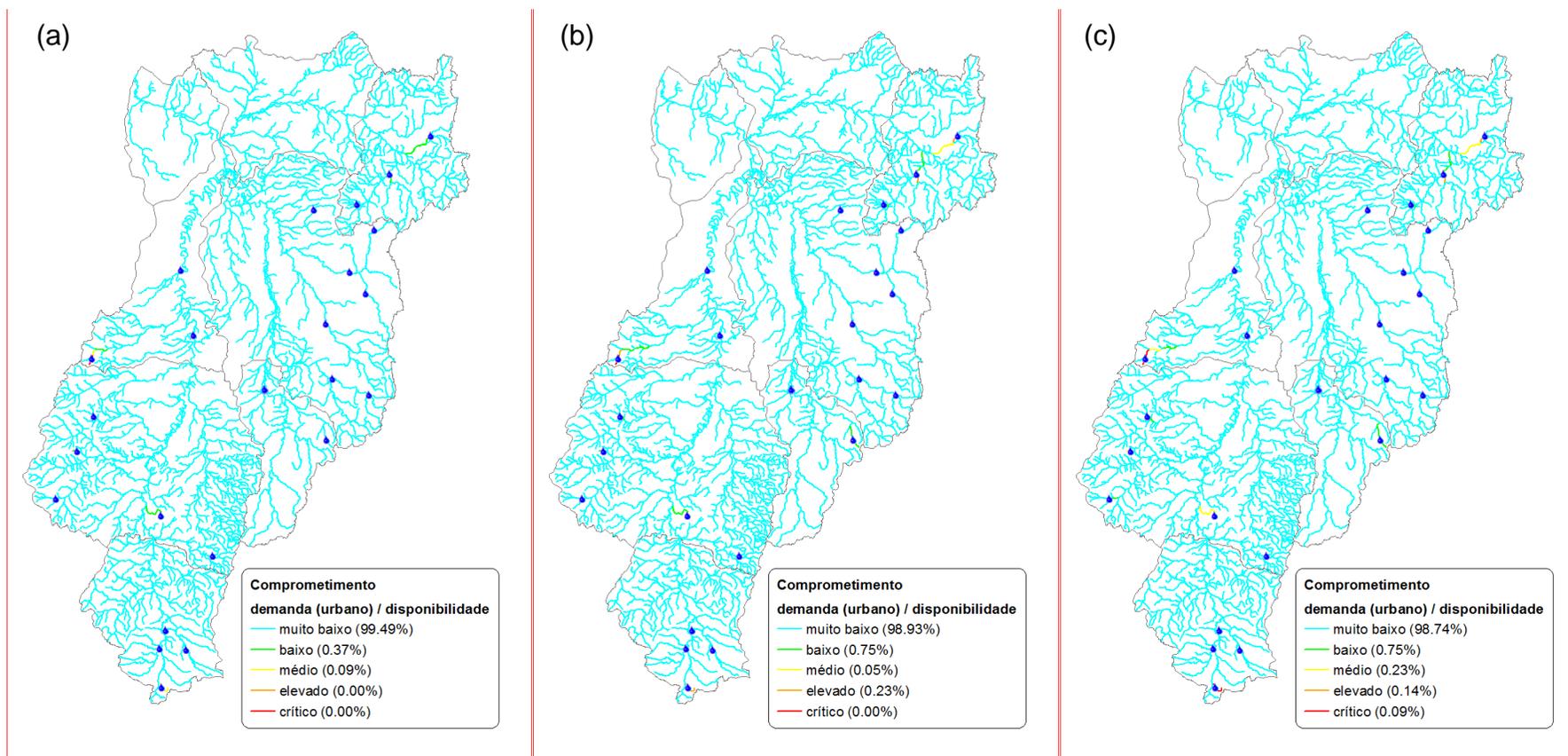


Figura 7.16 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento urbano em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

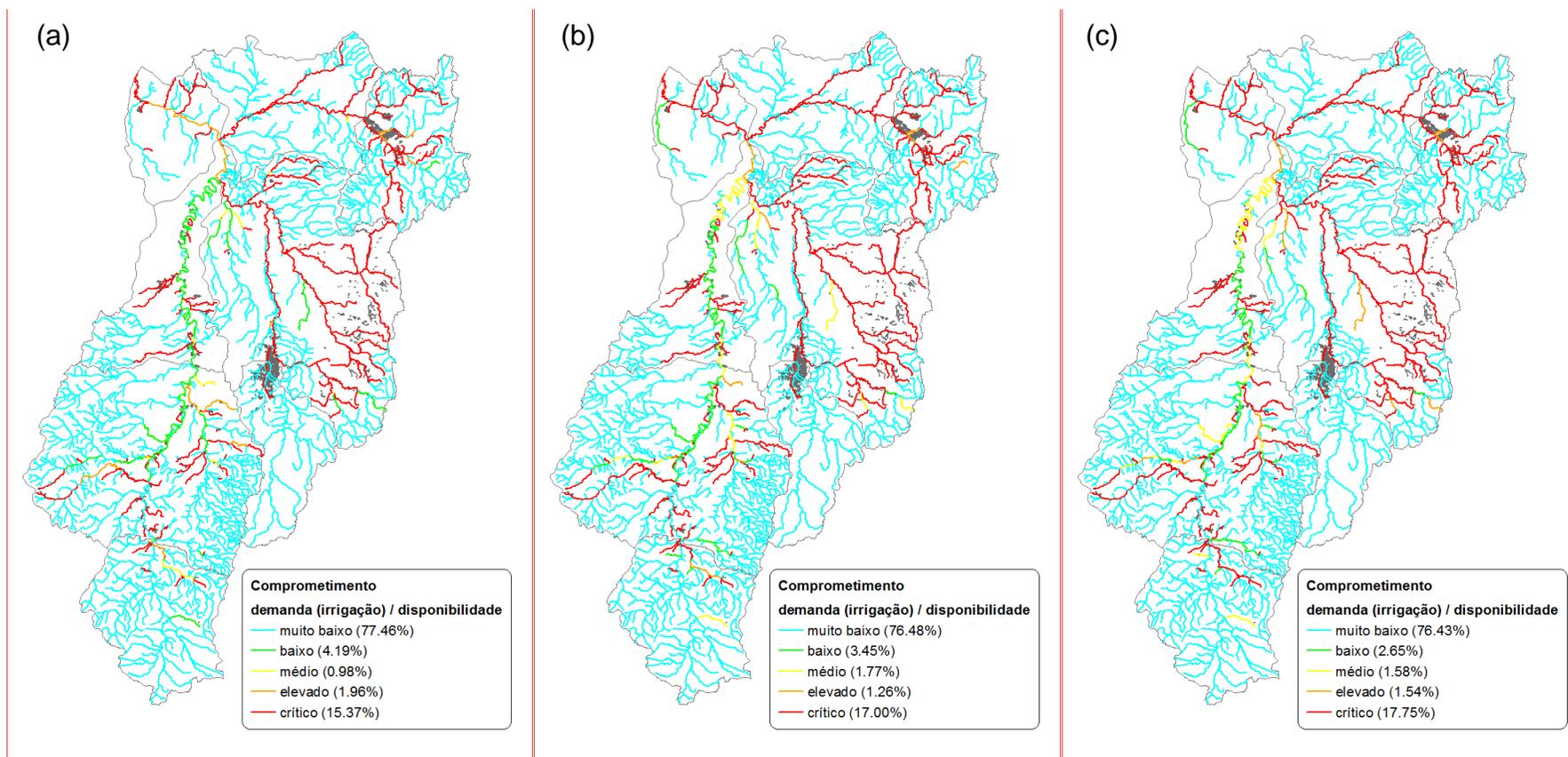


Figura 7.17 – Comprometimento do consumo devido à irrigação em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

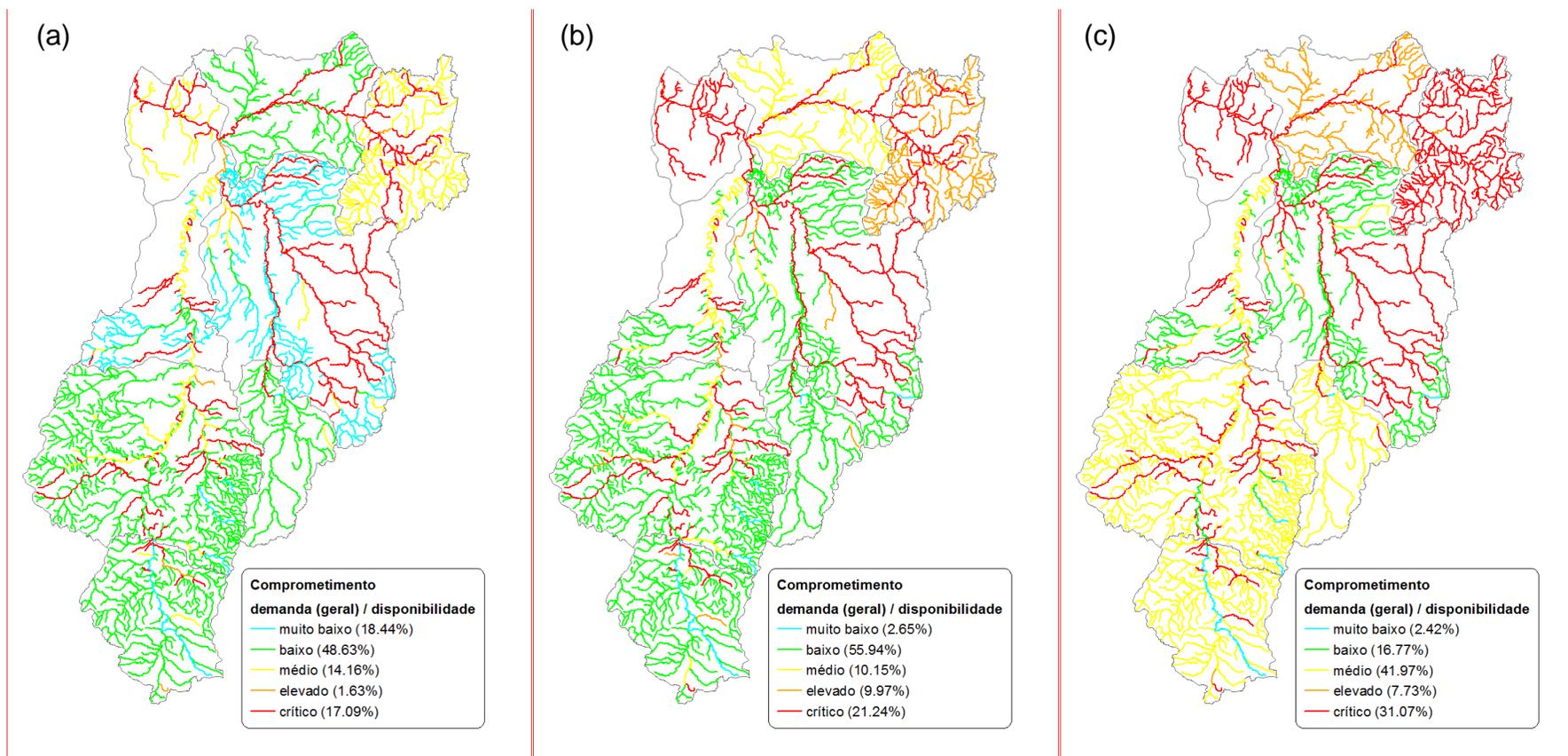


Figura 7.18 – Comprometimento do consumo devido aos usos múltiplos em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 1 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

#### 7.1.4. Cenário normativo 2

O efeito particular das demandas devido ao abastecimento rural, uso industrial, dessedentação animal, abastecimento urbano e irrigação no comprometimento, aqui considerando como a razão entre demanda e disponibilidade, para o cenário normativo 2, pode ser observado na Figura 7.19 a Figura 7.23, respectivamente. O efeito combinado de todas as demandas (usos múltiplos) está apresentado na Figura 7.24.

O cenário normativo 2 difere do normativo 1 apenas pela adição das transposições em Jaíba, Verdelândia e no rio Gortuba (próximo à Janaúba). A oferta adicional de água próximo à Janaúba é estratégica, uma vez que foi identificado um comprometimento crítico no cenário tendencial e normativo 1 nas regiões a jusante destes trechos.

Com o aumento de disponibilidade hídrica, é possível observar uma significativa melhoria em termos do comprometimento hídrico logo a jusante destas transposições. A transposição em Janaúba promove uma melhoria no saldo hídrico nos trechos do rio Gortuba até a confluência com o rio Paquí, passando de uma condição de comprometimento crítico para elevado. Observa-se ainda que a transposição em Janaúba reduz o comprometimento hídrico a jusante do empreendimento, porém essa alternativa promove em aumento das concentrações dos parâmetros analisados a jusante de Verdelândia, uma vez que uma parte do volume que passa por Verdelândia é lançada em Janaúba.

Nota-se que medidas para aumento de disponibilidade devem ser implantadas na sub-bacia MBG, BVG, AVP e BVP onde são identificados diversos trechos com comprometimento hídrico crítico devido a alta demanda de água por irrigação e dessedentação animal. Uma sugestão é a implantação da transposição de Lúíú, adicionando volume nas proximidades do município de Sebastião Laranjeiras, o que reduziria os déficits hídricos nas sub-bacias BVG, AVP e BVP. Isto quer dizer que ainda seria necessário aumentar a disponibilidade hídrica através de alguma medida na sub-bacia MBG.

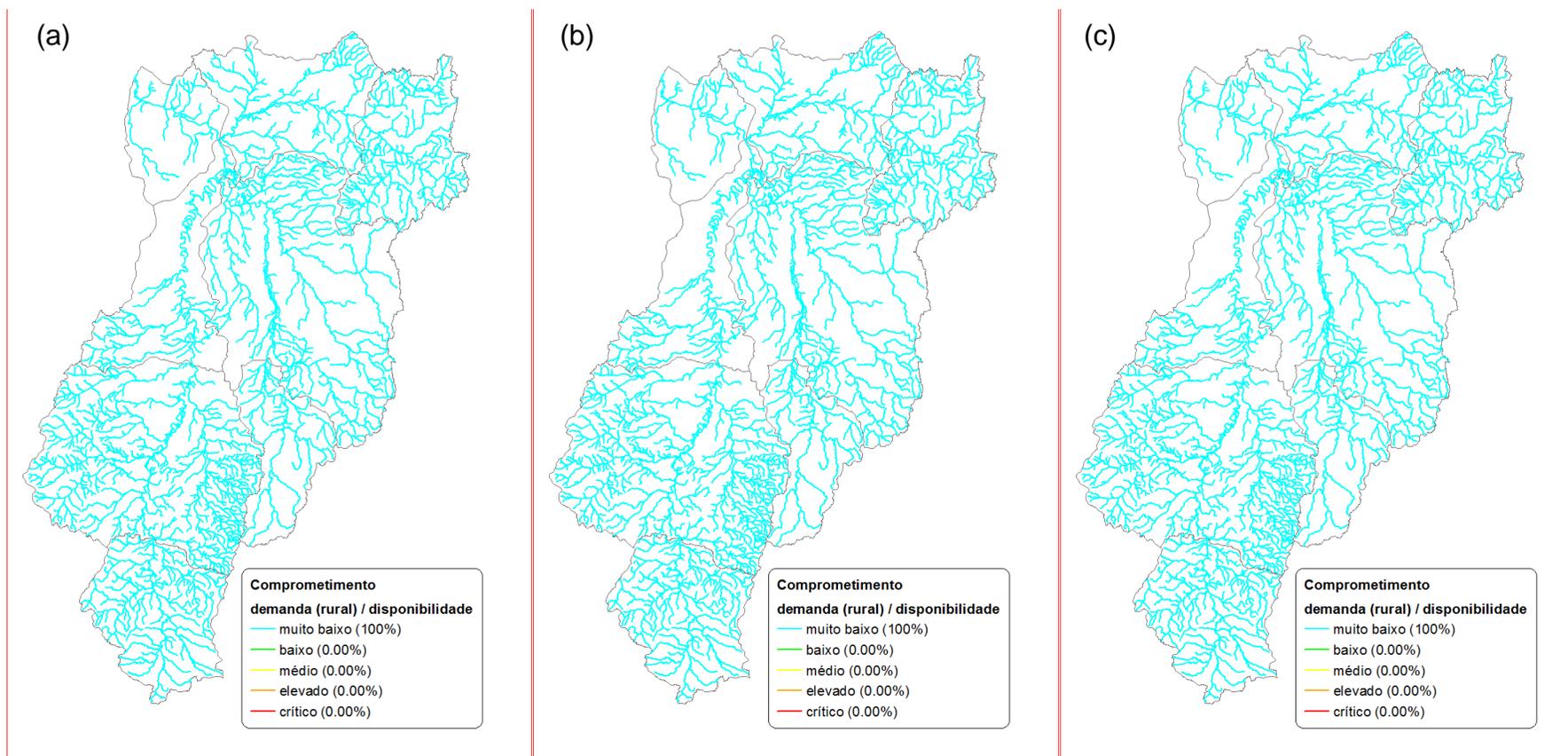


Figura 7.19 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento rural em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

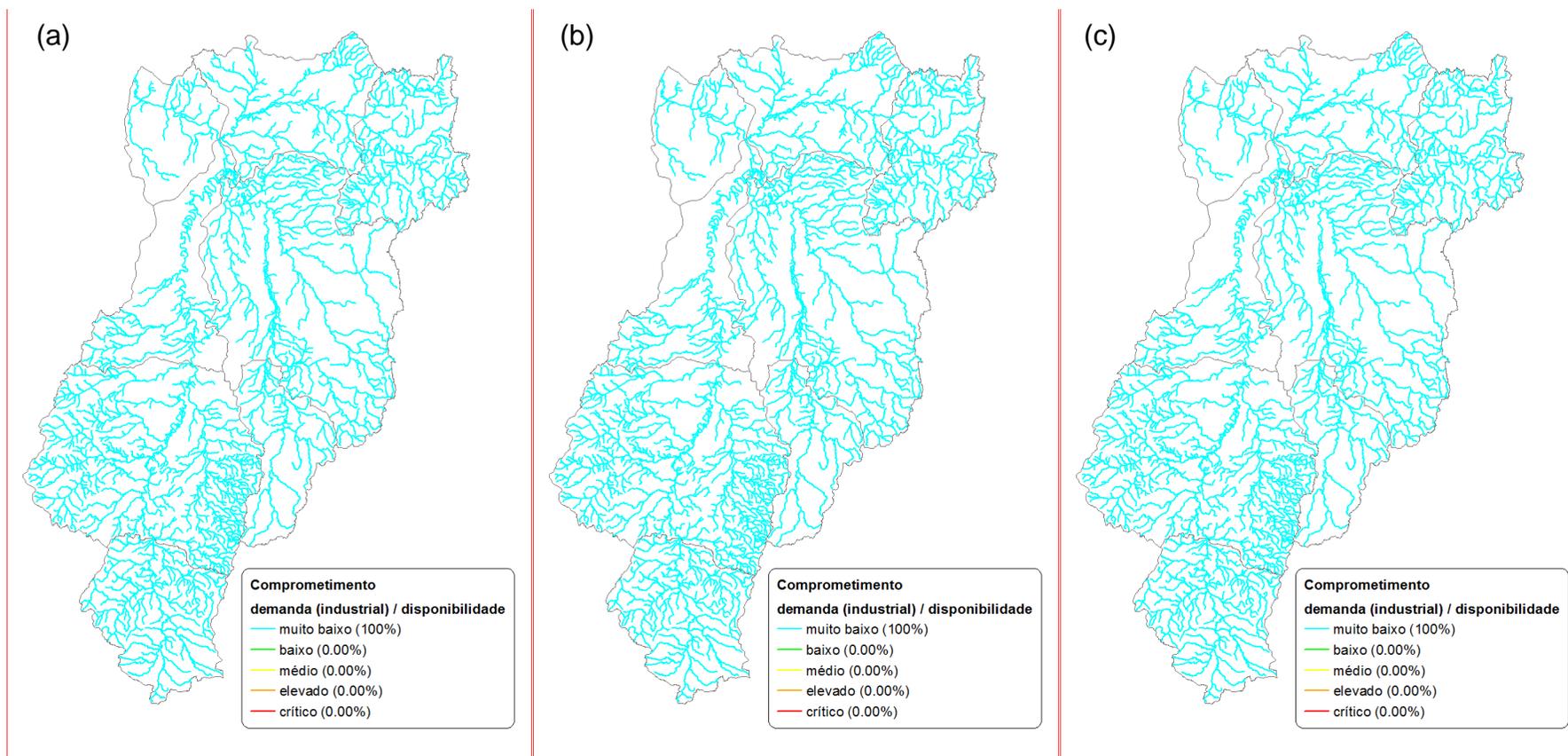


Figura 7.20 – Comprometimento do consumo devido ao uso industrial em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

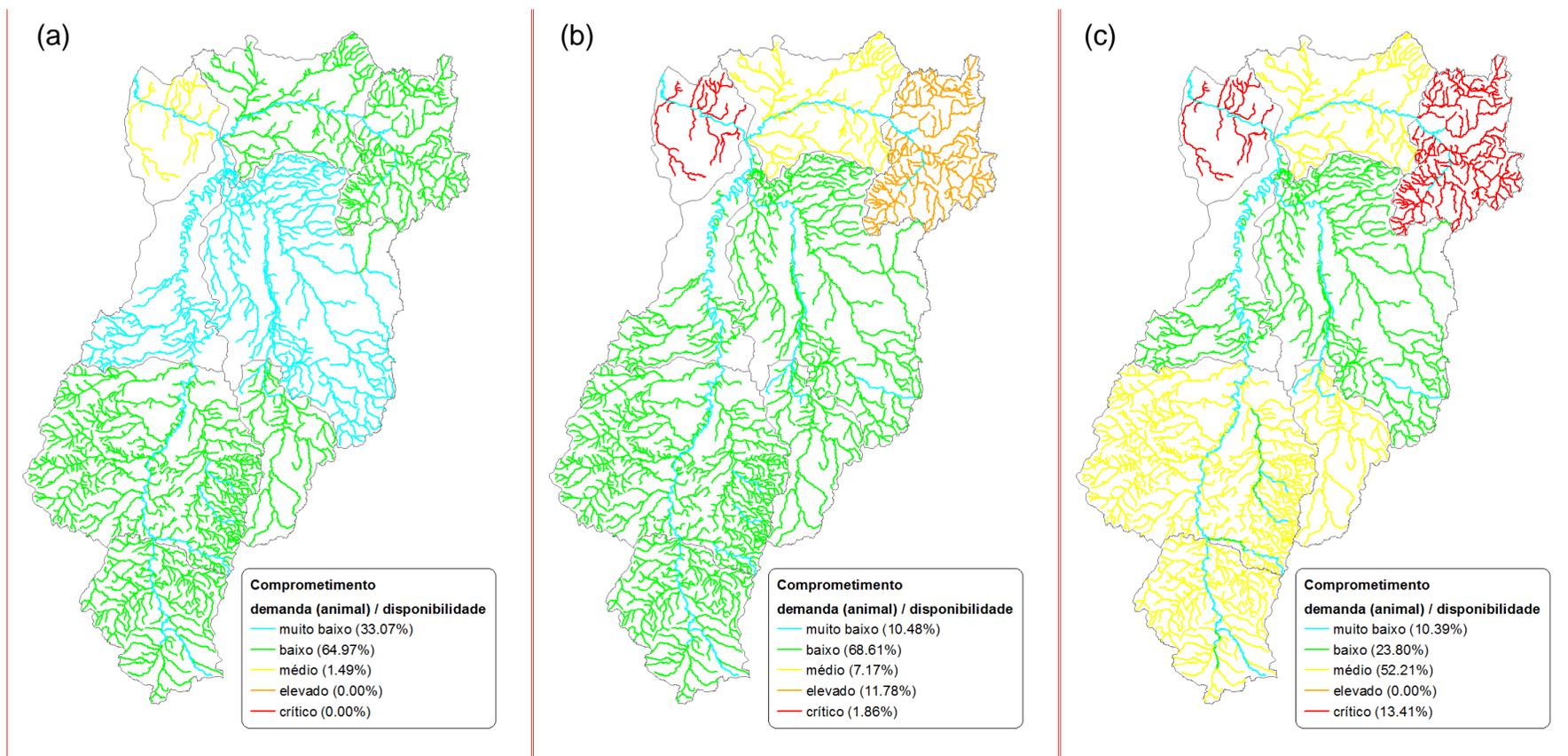


Figura 7.21 – Comprometimento do consumo devido à dessedentação animal em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

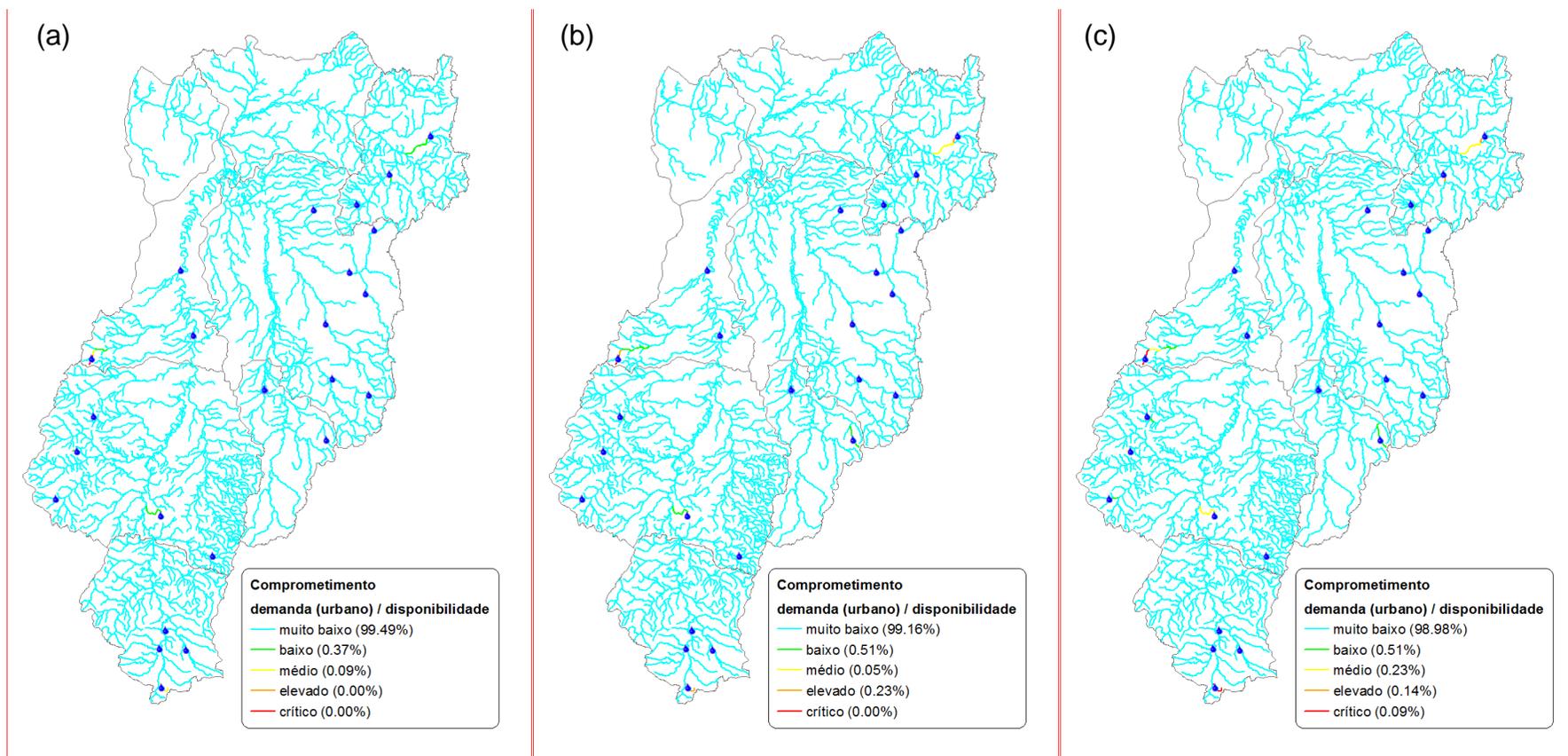


Figura 7.22 – Comprometimento do consumo devido ao abastecimento urbano em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

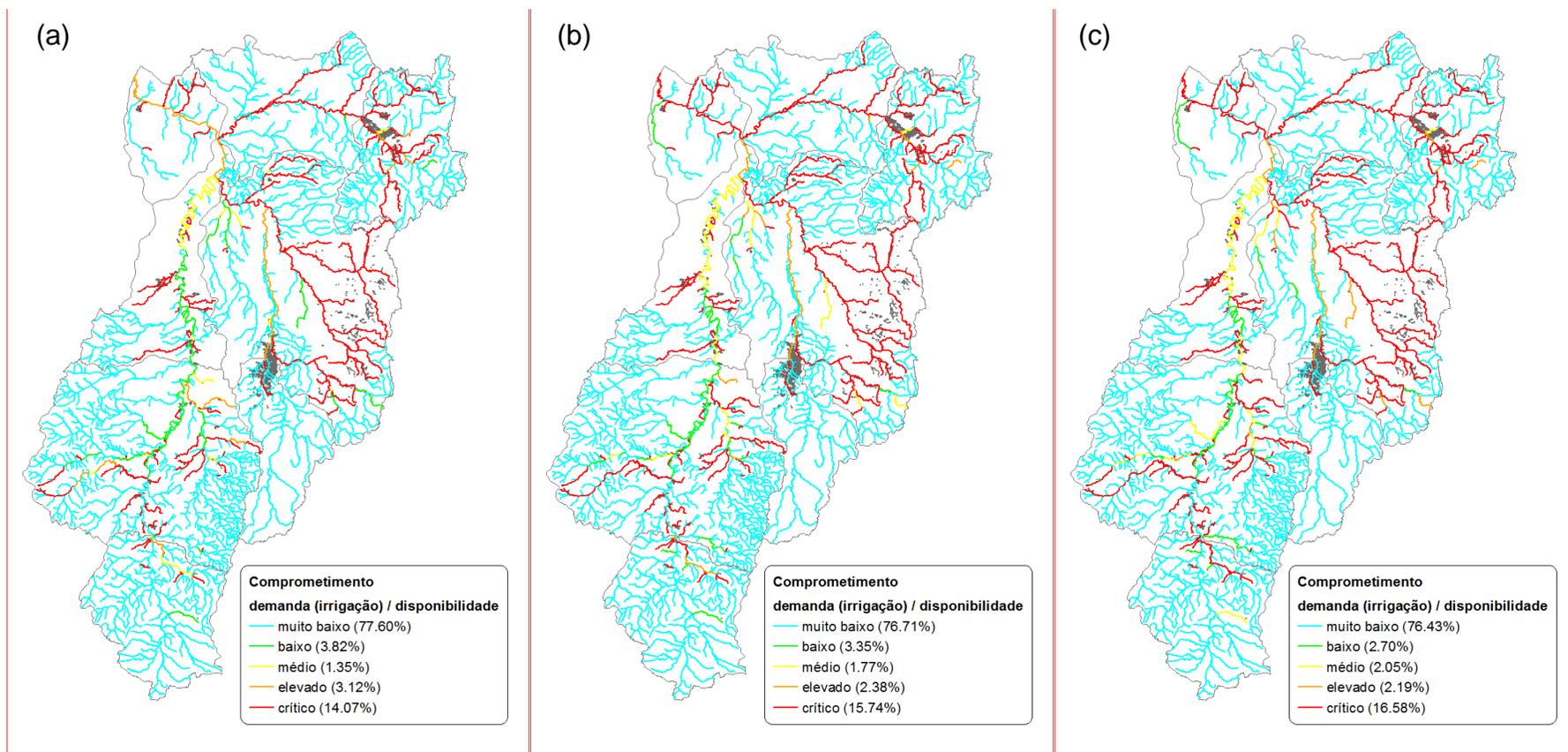


Figura 7.23 – Comprometimento do consumo devido à irrigação em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

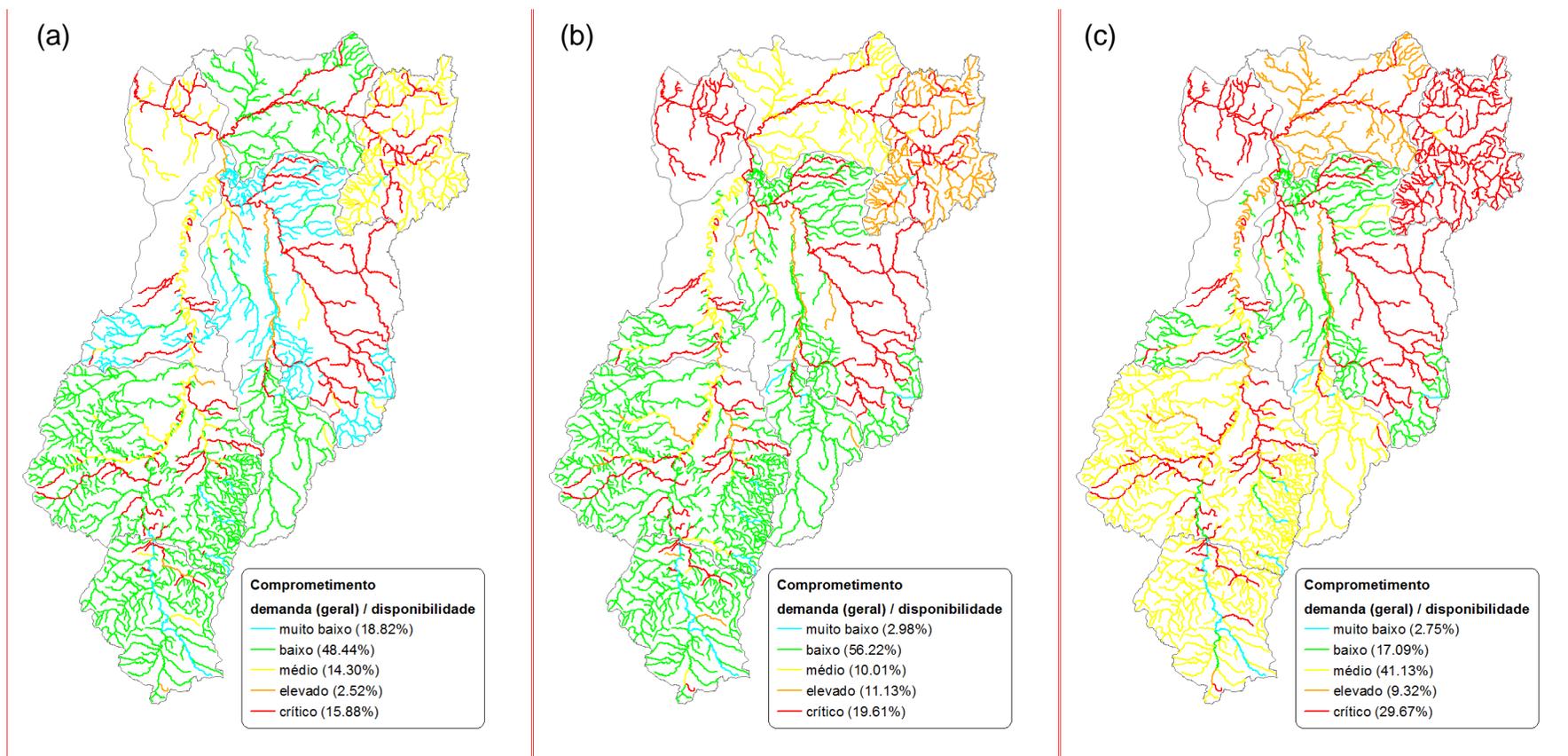


Figura 7.24 – Comprometimento do consumo devido aos usos múltiplos em relação a disponibilidade hídrica do cenário normativo 2 considerando como vazão de referência: (a) Q90; (b) Q95; e (c) Q7,10.

## 7.2. BALANÇO QUALITATIVO POR TRECHO

A avaliação integrada da qualidade da água visando o enquadramento proposto no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Verde Grande foi realizada através da modelagem hidrológica em ambiente SIG levando em consideração o impacto do lançamento de cada sede municipal em seu trecho de influência e a propagação de seu impacto a jusante. Foram avaliados diferentes cenários considerando a variação da vazão de referência e implementação de ações para tratamento do esgoto.

Após a definição de todas as cargas de efluente na Bacia do rio Verde Grande, foi analisada a qualidade da água para cada trecho da rede de drenagem através da modelagem matemática em ambiente SIG, considerando o escoamento em regime permanente e utilizando a vazão de referência Q90 para todos os cenários propostos. Para facilitar o entendimento, cada trecho foi classificado, considerando os parâmetros DBO, Coliformes Termotolerantes, e Fósforo Total, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357, de 2005.

A simulação do cenário atual, considerando o nível de coleta e tratamento das ETE's atualmente em funcionamento na bacia do Verde Grande, mostrou que o efeito do tratamento atual na qualidade da água é baixo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Fica evidente que o município de Montes Claros (ainda sem estação tratamento de esgoto) promove o maior impacto em termos de qualidade da água e esse efeito é propagado e sentido até a foz do rio Verde Grande. As concentrações dos poluentes analisados ficam praticamente acima da classe 3 ou 4 nos trechos a jusante dos lançamentos. Observa-se também uma leve redução das concentrações ao longo do perfil longitudinal na calha do rio Verde Grande, Gorutuba e Verde Pequeno devido ao decaimento das concentrações e diluição de afluentes. No entanto, este cenário indica que medidas de mitigação precisariam ser implantadas para atingir metas de enquadramento para a qualidade da água.

Considerando o cenário tendencial, observa-se que a implantação das ETE's previstas promove uma significativa redução nas concentrações dos parâmetros de qualidade da água analisados (Figura 7.25). No entanto, estas medidas não são suficientes mudar a classificação de uso das águas nos principais rios da Bacia do Verde Grande. O parâmetro mais crítico é Fósforo total. Praticamente todos os trechos a jusante de sedes municipais ficam acima do limite estabelecido para Classe 3 (0,15 mg P/L). Isto sugere alternativas mais eficientes para tratamento deste parâmetro nas ETE principalmente em grandes sedes municipais tais como Montes Claros e Janaúba, uma vez que o tratamento secundário reduz em apenas 30% as concentrações de fósforo total. Em termos de DBO5, a situação é mais confortável. Uma boa parte dos trechos do rio Verde Grande, Gorutuba e Verde Pequeno ficam com concentrações abaixo do limite estabelecido para Classe 2 e o trecho final do rio Verde Grande ficaria com Classe 1. A classificação das águas da Bacia do rio Verde Grande em termos de Coliformes Termotolerantes é um pouco mais crítica do que a classificação de DBO,

principalmente nos rios Gorutuba e Verde Pequeno. Estes afluentes do rio Verde Grande elevam as concentrações imediatamente após suas confluências, piorando a classificação dos usos das águas no trecho final do rio Verde Grande. Fica evidente que as ações previstas não são suficientes para a melhoria da qualidade da água na bacia, sugerindo um aumento da disponibilidade da água para diluição destas concentrações, implantação de novas ETE's ou aumento do atendimento e da eficiência de tratamento das ETE's previstas.

O cenário normativo 1 promove melhorias em termos de qualidade da água, em relação ao cenário tendencial, nos trechos a imediatamente a jusante de Verdelândia (Figura 7.26).

Considerando que parte do volume da transposição em Jaíba vai para Janaúba, observa-se uma redução de concentrações a jusante destes empreendimentos (Figura 7.27). A transposição em Jaíba reduz as concentrações de DBO abaixo do limite para Classe 1 e Coliformes Termotolerantes para Classe 2. No entanto o efeito de diluição deste empreendimento promove um aumento das concentrações dos parâmetros analisados a jusante de Verdelândia, uma vez que uma parte do volume que passa por Verdelândia é lançada em Janaúba para diluição. O efeito de diluição deste empreendimento não é suficiente para reduzir as concentrações abaixo do limite da Classe 3 para o parâmetro fósforo total. Apenas no trecho final do rio Verde Grande as concentrações de fósforo total ficam abaixo do limite estabelecido para Classe 3, indicando alguma medida de mitigação deve ser empregada considerando esse poluente como, por exemplo, aumentar a eficiência de remoção de fósforo total nas ETE's (principalmente em Montes Claros) ou adicionar vazão no sistema para diluição no período de estiagem. A adição nos novos reservatórios não promove um significativo efeito na qualidade da água, a não ser em poucos quilômetros imediatamente a jusante dos novos barramentos. Em resumo, os novos barramentos apenas promovem um efeito local na qualidade da água.

Os perfis longitudinais de concentração de DBO, fósforo total e coliformes termotolerantes ao longo do rio Verde Grande são apresentados na Figura 7.28, Figura 7.29 e Figura 7.30, respectivamente. Estes perfis ilustram de forma mais clara as diferenças entre cenários tendencial, normativo 1 e normativo 2. Partindo o ponto mais a montante do rio Verde Grande, fica claro que nos trechos de cabeceira, já em sua fase de formação, o rio recebe uma forte carga de esgoto e resíduos sólidos no município de Guaraciama. O volume de água adicionado pela barragem e pela transposição em Juramento promove um efeito bem significativo de diluição devido ao aumento da disponibilidade hídrica. Um pouco mais a jusante, na confluência com o rio Vieiras, acontece um intenso aumento de concentração para todos os poluentes analisados devido ao lançamento de efluentes do município de Montes Claros. Os trechos imediatamente a jusante desta confluência fica acima do limite estabelecido para Classe 3, para fósforo total, ou Classe 4, para DBO e Coliformes Termotolerantes, para todos os cenários. Na sequência, observa-se que existe um efeito de diluição na confluência com o rio Canabrava, rio Salobro e o rio Quem Quem. No cenário normativo 1 e 2, também é notório o efeito de diluição da transposição em

Verdelândia e em Jaíba, sendo o cenário Normativo 1 mais favorável a jusante de Verdelândia. Em termos de DBO e coliformes termotolerantes, este empreendimento reduz as concentrações para valores abaixo do limite da Classe 2; para fósforo total esta diluição ainda não é suficiente para reduzir os valores abaixo do limite da Classe 3. O rio Gorutuba e o rio Verde Pequeno promove uma leve redução das concentrações para DBO e fósforo total, principalmente no cenário Normativo 2 com o acréscimo de vazão em Janaúba devido a transposição.

Vale ressaltar que a qualidade da água foi simulada para a vazão de referência Q90. Como foi visto, para esta vazão, diversos trechos ainda apresentam concentrações elevadas, sugerindo que outras intervenções na bacia precisariam ser tomadas. Para vazões de referências mais baixas (por exemplo, Q95 e Q7,10) a qualidade da água seria um pouco pior.

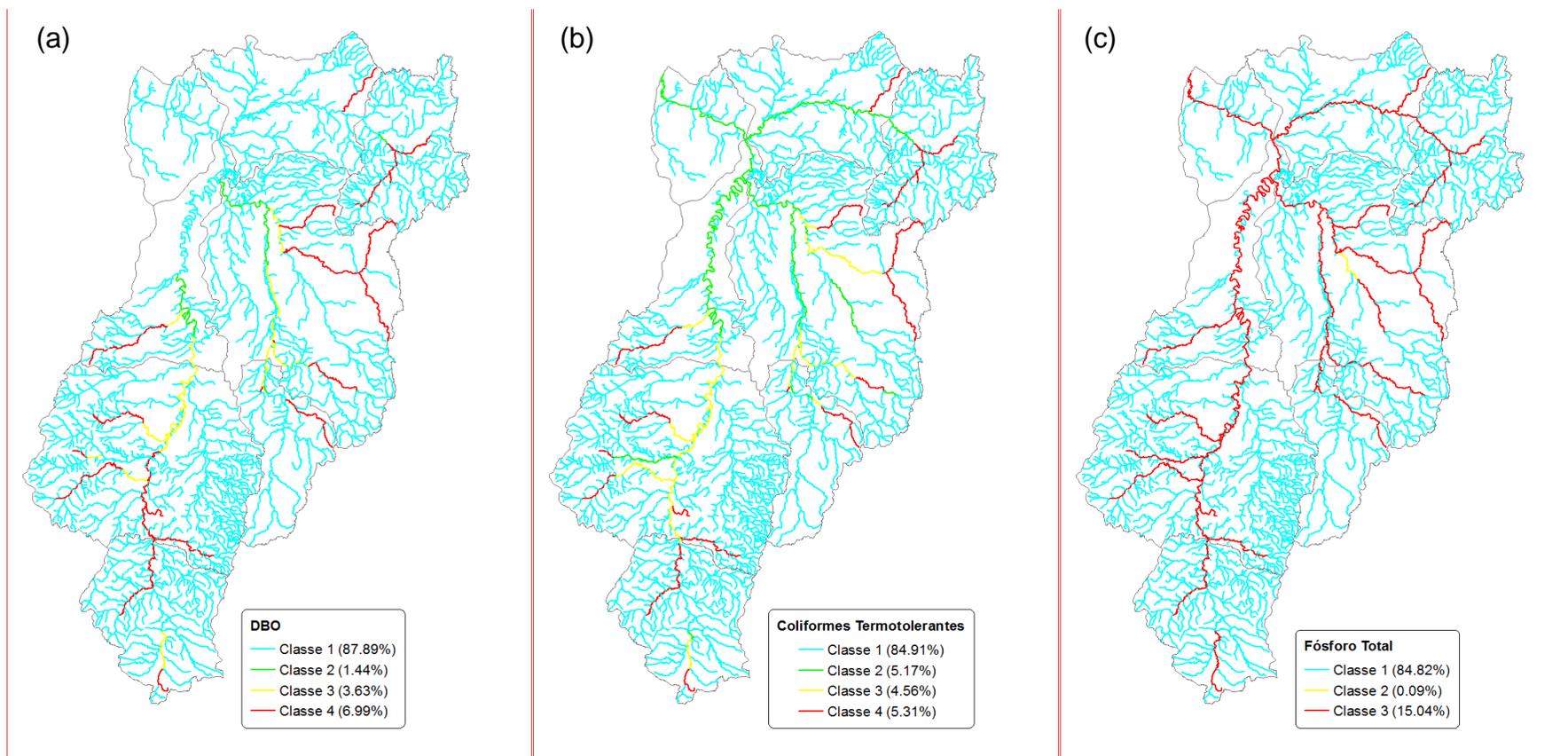


Figura 7.25 – Classificação em termos de concentração de (a) DBO; (b) Coliformes Termotolerantes; e (c) Fósforo total, considerando o cenário tendencial na bacia do rio Verde Grande e a vazão de referência como sendo a Q90.

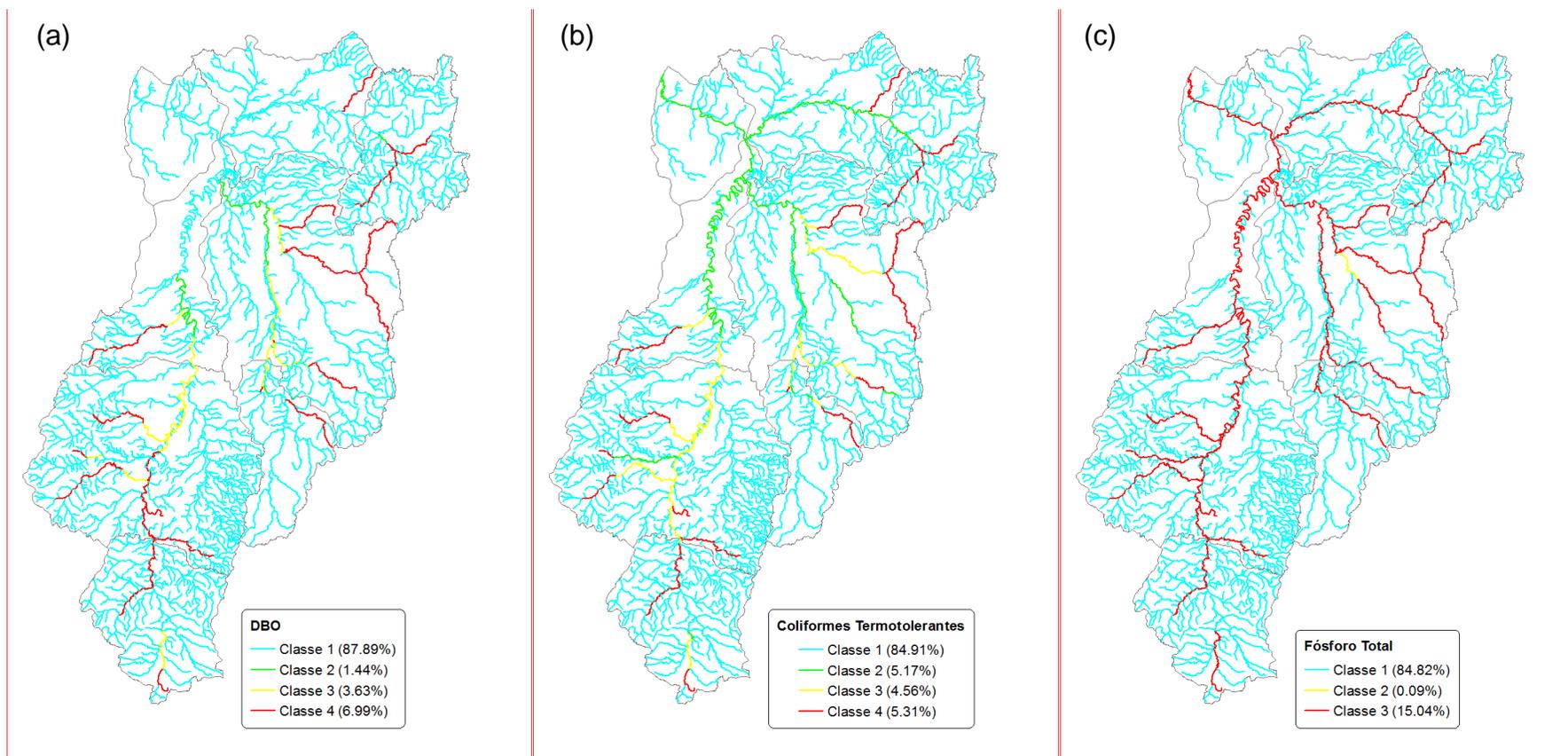


Figura 7.26 – Classificação em termos de concentração de (a) DBO; (b) Coliformes Termotolerantes; e (c) Fósforo total, considerando o cenário normativo 1 na bacia do rio Verde Grande e a vazão de referência como sendo a Q90.

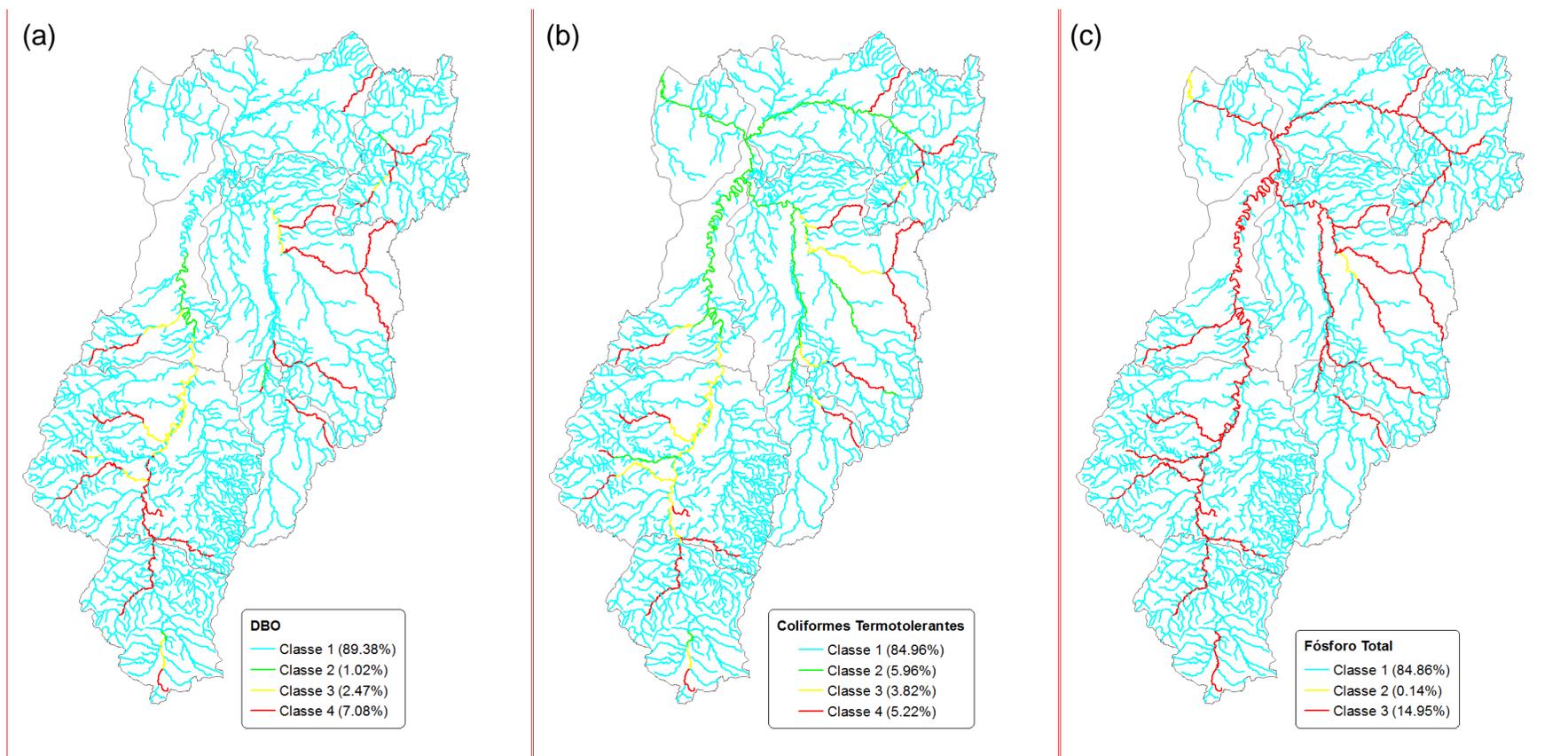


Figura 7.27 – Classificação em termos de concentração de (a) DBO; (b) Coliformes Termotolerantes; e (c) Fósforo total, considerando o cenário normativo 2 na bacia do rio Verde Grande e a vazão de referência como sendo a Q90.

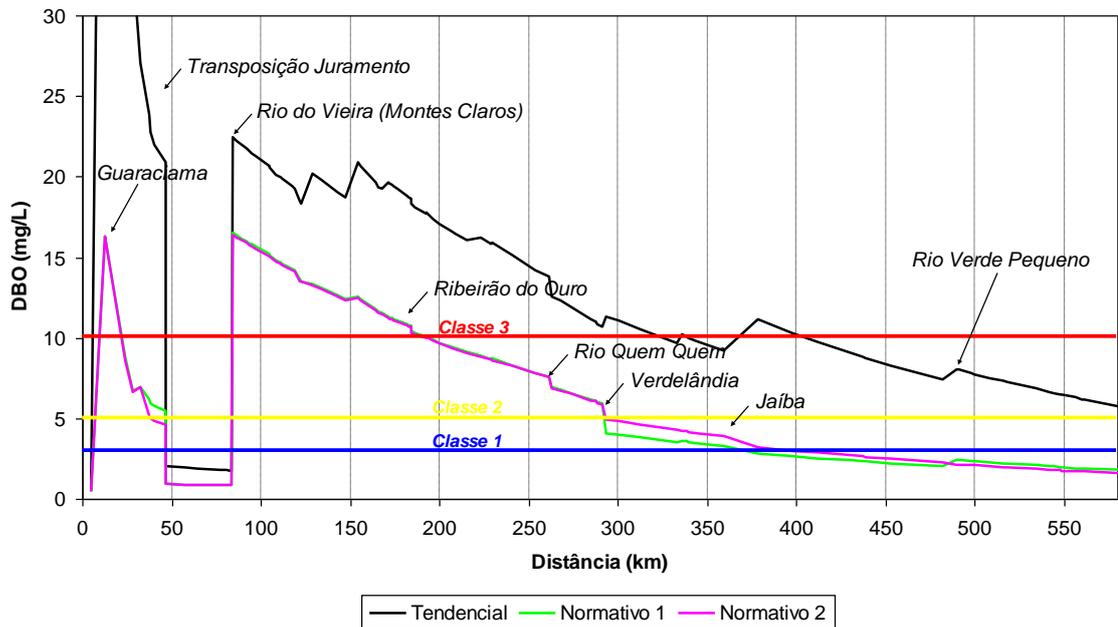


Figura 7.28 – Perfil longitudinal da concentração de DBO, em mg/L, ao longo do rio Verde Grande (de montante para jusante).

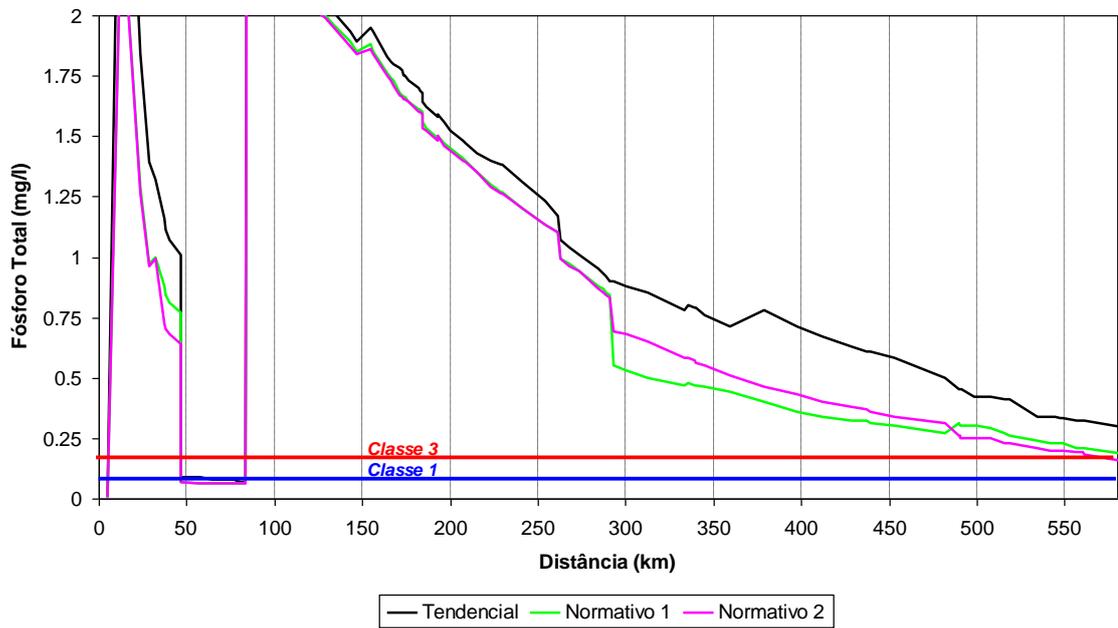


Figura 7.29 – Perfil longitudinal da concentração de Fósforo Total, em mg/L, ao longo do rio Verde Grande (de montante para jusante).

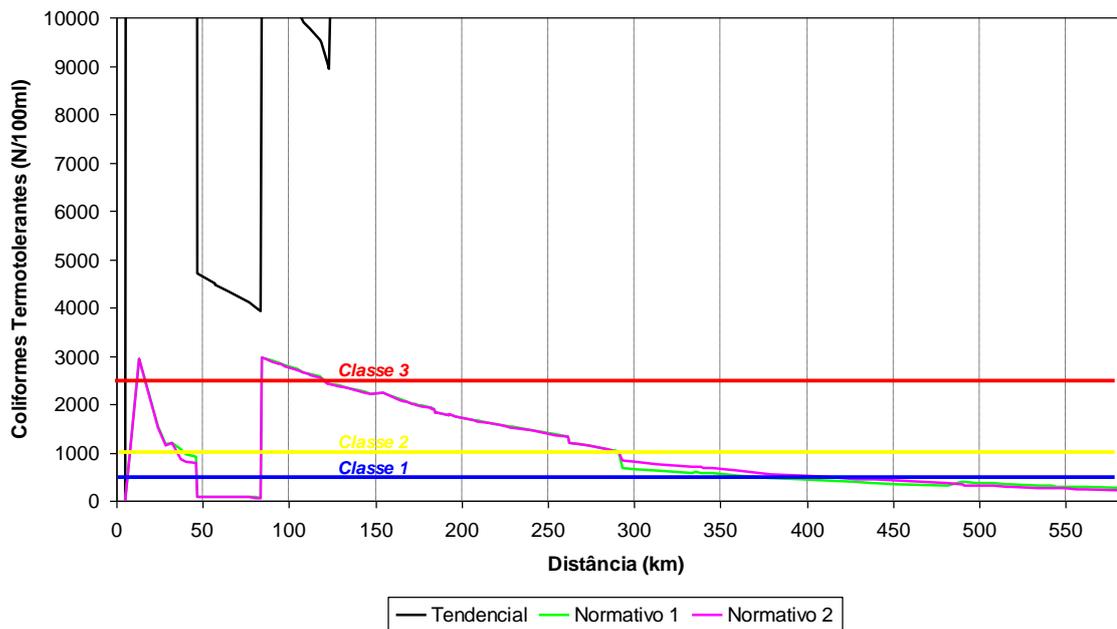


Figura 7.30 – Perfil longitudinal da concentração de Coliformes Termotolerantes, em números de indivíduos por 100 ml, ao longo do rio Verde Grande (de montante para jusante).

## **8. COMENTÁRIOS FINAIS**

## 8. COMENTÁRIOS FINAIS

A elaboração dos estudos de cenarização para a bacia do rio Verde Grande, materializados neste relatório, possibilitou o apontamento de uma série de indicativos para o Programa de Ação do Plano, que podem ser sintetizados nos seguintes comentários finais e conclusões:

- Os cenários foram elaborados a partir de uma avaliação tendencial do crescimento das demandas por água, considerando-se as taxas históricas de crescimento populacional e do PIB, no passado recente.
- O horizonte temporal para o processo de cenarização foi de 20 anos, elaborando-se os cenários para o ano de 2030.
- Tais taxas de crescimento, aplicadas ao quadro atual de demandas, geraram o Cenário Tendencial de Demandas Hídricas.
- Para o horizonte de 2030, não é possível o atendimento das demandas de água projetadas pelos estudos de crescimento demográfico e econômico. A análise da condição atual já revela que as demandas de água na bacia são atendidas pela utilização plena da disponibilidade hídrica superficial e complementadas pelo uso da água subterrânea
- O conhecimento atual da disponibilidade hídrica subterrânea não permite estabelecer o limite de água que ainda pode ser explorado. Para tal, o Plano proporá um Programa específico para estudar as águas subterrâneas
- Considerando-se que a disponibilidade hídrica conhecida atualmente não permite atender as demandas projetadas, considerando apenas critérios demográficos e econômicos, foram avaliadas, na cenarização, as seguintes alternativas:
  - Redução de demandas, com base no uso racional da água na irrigação, e no controle de perdas no abastecimento urbano; e
  - Incremento de oferta hídrica, através da implantação de novos barramentos e na proposição de transposições de água para a bacia.
- O ganho de eficiência no uso da água mostra que seria possível atingir minimamente, até 2030, um patamar de 10% ou um nível superior de 15%. Quanto ao controle de perdas no abastecimento, foi considerada relevante a redução de 50% das perdas no sistema de abastecimento de Montes Claros.
- Para o incremento das disponibilidades hídricas, foram avaliadas as alternativas de barramento e de transposição. Foi estudado um conjunto de

13 barramentos propostos em estudos anteriores, sendo que essa alternativa de água da própria bacia apresenta elevado custo e baixo rendimento hídrico.

- Quanto às transposições, além do sistema Congonhas-Juramento, considerado no Cenário Tendencial, foram avaliadas novas obras, utilizando-se águas do Projeto Jaíba (com 3 aduções para a bacia do verde grande) e do Projeto Iuiu (que possibilita a chegada da água na área do Projeto Estreito). A importação de água para a bacia, via transposições do Projeto Jaíba, apresenta maior viabilidade técnica e econômica.
- A fim de incorporar as alternativas de ganho de eficiência no uso da água, de incremento da oferta hídrica e redução da carga poluidora (melhorias em saneamento), foram criados, além do Cenário Tendencial, dois cenários adicionais: o Normativo 1 e o Normativo 2. O Cenário Tendencial considerou apenas as intervenções já programadas para a bacia com destaque para o Projeto Congonhas-Juramento e as ações em saneamento que já estão em andamento.
- O Cenário Normativo 1 é composto pelas demandas do Cenário Tendencial, reduzidas em 10% pelo uso racional da água na irrigação e com o incremento de oferta através das transposições do Congonhas-Juramento e Jaíba (para Jaíba e Verdelânia). No tema saneamento, é prevista a universalização do serviço de água, do tratamento de esgotos e do tratamento e disposição dos resíduos sólidos.
- O Cenário Normativo 2, por sua vez, é composto pelas demandas do Cenário Tendencial, prevê 15% de redução na demanda de água na irrigação por meio de ganho de eficiência e o incremento de oferta através das transposições do Congonhas-Juramento e Jaíba (para Jaíba, Verdelânia e Janaúba) e da implantação de 4 barramentos. O saneamento considera as mesmas premissas do Cenário Normativo 1.
- As simulações de balanço hídrico apontam para a melhoria no quadro de criticidade nos Cenários Normativos 1 e 2, em função do aporte de água oriunda das transposições. Porém, alguns trechos da bacia, que não recebem tais aportes de água, seguem com balanços deficitários.
- Para as regiões que seguem com condições críticas nos cenários, serão buscadas e propostas soluções na etapa de programas do Plano.
- Quanto aos cenários de qualidade da água, foram avaliadas as intervenções relativas ao esgotamento sanitário e os resíduos sólidos urbanos, objetivando a redução de cargas poluidoras na bacia. Os resultados mostram que, dada a pequena disponibilidade hídrica superficial, a capacidade de assimilação de cargas orgânicas é baixa na bacia, refletindo em condições de classe 3 e 4 para os principais rios nos cenários elaborados até 2030.



## **9. ANEXOS**

## 9. ANEXOS

### 9.1. METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE DBO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os parâmetros adotados foram obtidos do Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos publicado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano (2001).

#### Estimativa da produção de Resíduo

Adotou-se uma produção de lixo *per capita* equivalente a 0,75 kg/dia o qual foi multiplicado pela população urbana de cada sede municipal para obtenção do volume produzido.

#### Estimativa da área de Disposição

A necessidade de área para disposição foi calculada segundo os seguintes índices:

- Vazadouro – 1120 m<sup>2</sup>/t
- Aterro Controlado ou Aterro Sanitário – 560 m<sup>2</sup>/t

#### Estimativa da geração de chorume

A geração de chorume foi calculada a partir dos seguintes índices:

- Vazadouro – 0,0008 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia
- Aterro Controlado ou Sanitário – 0,0004 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia

#### Estimativa da remoção de DBO em aterro e vazadouro

Os aterros sanitários e os aterros controlados geram chorume e na mesma quantidade. A diferença é que no aterro sanitário ele é geralmente coletado e tratado e os efluentes antes de chegar ao rio passam por uma estação de tratamento. No segundo caso, aterro controlado, o chorume não é recolhido, portanto percola no terreno indo contaminar o lençol freático. Temos um "tratamento" pequeno no solo, mas que não pode ser considerado como redutor

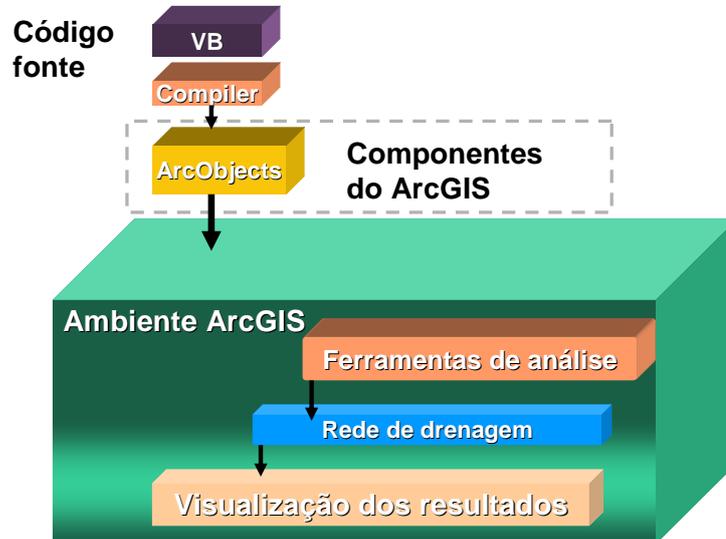
de cargas em virtude da baixa biodegradabilidade deste material. Assim, adotou-se:

- para aterro sanitário = 90%;
- para vazadouro e aterros controlados = 0%

## 9.2. BREVE DESCRIÇÃO DO MODELO DE BALANÇO

Um esquema geral da estrutura do modelo está resumidamente apresentado na Figura 9.1. Todas as ferramentas de análise foram programadas utilizando os componentes do ArcObjects que usa a linguagem Visual Basic for Applications (VBA) dentro do próprio ambiente ArcGIS. Os componentes ArcObjects são os pilares do software ArcGIS, de maneira a otimizar e automatizar trabalhos e tarefas organizacionais de modo personalizado. A programação em ArcObjects pode ser utilizada para expandir e criar novas funcionalidades e aplicações no ArcGIS.

Cada usuário é cadastrado especificando a vazão demandada, o nome do usuário e um código que pode estar associado a um outro banco de dados não espacial. O trecho de rio ao qual o usuário está ligado é definido com uma seleção direta usando o mouse. Quando um novo usuário de água é incluído, o algoritmo percorre toda a rede de drenagem, desde o trecho selecionado até o exutório da bacia, seguindo a topologia indicada pelos índices de cada trecho. Para cada trecho o valor da demanda é atualizado, somando ao valor pré-existente o valor da demanda que está sendo incluída. Ao final da operação cada trecho apresenta o valor correspondente à soma de todas as demandas a montante e do próprio trecho.



**Figura 9.1 – Esquema da estrutura do sistema integrada ao ambiente ArcGIS. As ferramentas de análise são programadas em VBA utilizando os componentes ArcObjects.**

A metodologia para a estimativa da qualidade da água e da demanda hídrica devido ao lançamento de efluentes é baseada no modelo RM1 (Rodrigues, 2000), o qual considera a variação longitudinal da vazão de diluição e da carga do poluente.

A vazão de diluição de um poluente lançado em um corpo receptor é calculada pela seguinte expressão:

$$Q_D = C_e \cdot \frac{Q_e}{C_p^*}$$

onde  $Q_D$  é a vazão de diluição do poluente no ponto de lançamento do efluente em  $m^3/s$ ;  $Q_e$  é a vazão de lançamento do efluente no corpo receptor em  $m^3/s$ ;  $C_e$  é a concentração do poluente no efluente em  $mg/L$ ; e  $C_p^*$  é a concentração máxima permissível do poluente no corpo receptor, que poderá resultar do enquadramento do corpo hídrico em classe de uso ou de um plano de recuperação da bacia em  $mg/L$ . A variação longitudinal da vazão de diluição da massa de poluente lançada no sistema, referente apenas ao lançamento do usuário-poluidor considerado, é dada por:

$$Q_D(x) = \frac{I}{C_p^*} [(C_{pd} - C_{pa}) \cdot (Q_r(x) + Q_e)]$$

onde  $Q_D(x)$  é a vazão de diluição do poluente, referente apenas ao lançamento do usuário-poluidor considerado em  $m^3/s$ ;  $C_{pd}(x)$  é a concentração do poluente no corpo receptor após o lançamento do efluente em  $mg/L$ ;  $C_{pa}(x)$  é a concentração do poluente no corpo receptor antes do lançamento do efluente, diluída na vazão do efluente, em  $mg/L$ ; e  $Q_r(x)$  é a vazão do corpo receptor em  $m^3/s$ . O termo  $[(C_{pd} - C_{pa}) \cdot (Q_r(x) + Q_e)]$  corresponde a variação longitudinal da carga do poluente, referente apenas ao lançamento do usuário-poluidor considerado.

O modelo de qualidade da água foi baseado no modelo de QUAL2E, o qual estabelece que a variação da  $DBO$  remanescente ( $DBO_r$ ) em um infinitésimo de tempo ( $dt$ ) é igual a  $DBO_r$  multiplicada por uma constante de degradação  $K_1$  ( $t^{-1}$ ). Sendo:

$$\frac{d(DBO_r)}{dt} = -K_1 \cdot DBO_r$$

O equacionamento pressupõe mistura imediata, logo, a concentração de mistura da  $DBO$  e a concentração de mistura de oxigênio dissolvido são obtidas através de balanço de massa. Analogamente, as equações de decaimento para Fósforo Total (FT) e Coliformes Termotolerantes (CT) são dadas por:

$$\frac{d(FT)}{dt} = -K_2 \cdot FT$$

$$\frac{d(CT)}{dt} = -K_3 \cdot CT$$

