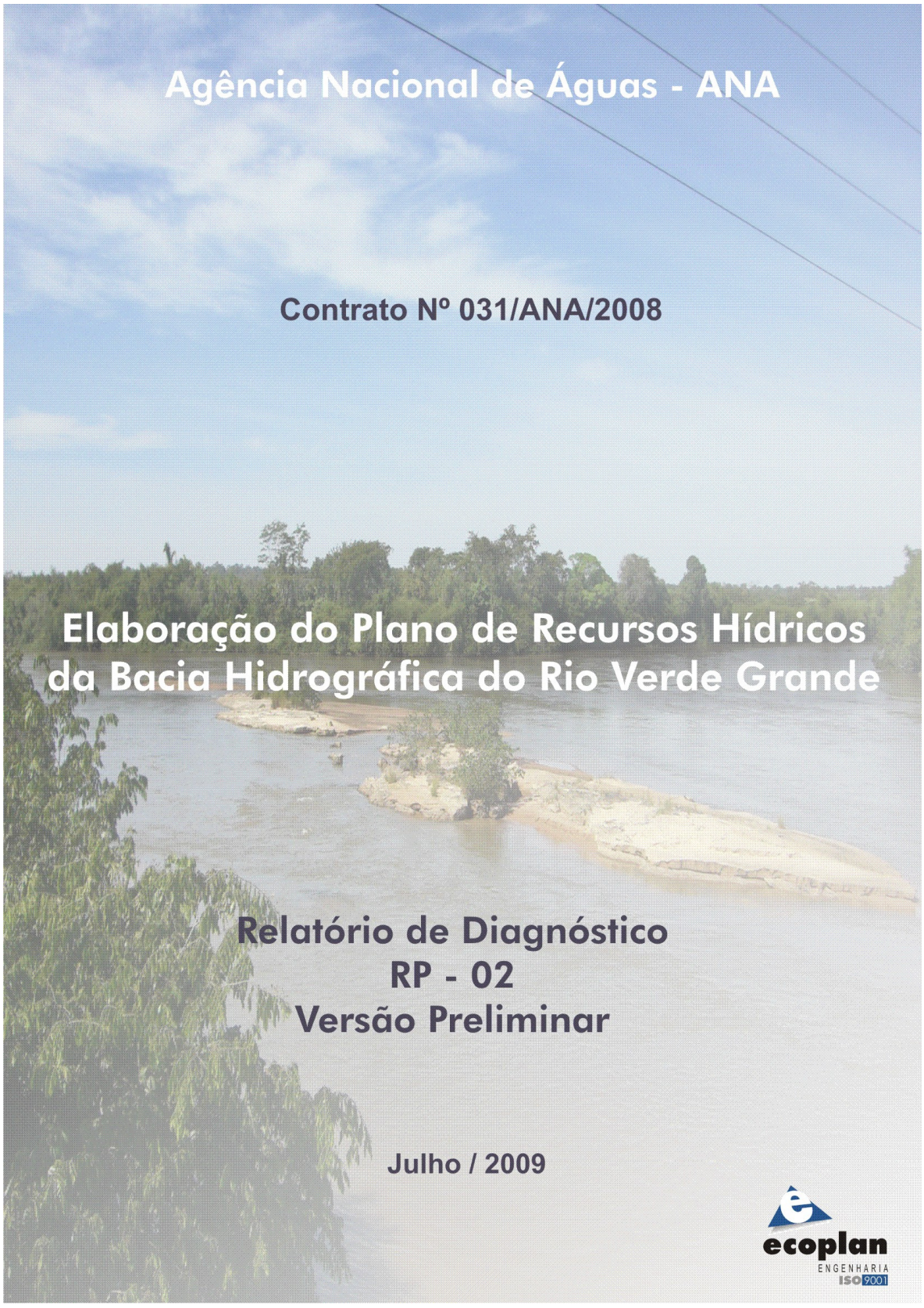

Agência Nacional de Águas - ANA
Contrato Nº 031/ANA/2008
Elaboração do Plano de Recursos Hídricos
da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande
Relatório de Diagnóstico
RP - 02
Versão Preliminar
Julho / 2009
ecoplan
ENGENHARIA
ISO 9001

APRESENTAÇÃO

Porto Alegre, 15 de julho de 2009.

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 do Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Prezado Senhor,

A ECOPLAN Engenharia Ltda., detentora do Contrato Nº 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 do Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, constante do Plano de Trabalho aprovado no RP-01.

O presente relatório tem por objetivo apresentar a caracterização da realidade existente na bacia, examinada segundo dois critérios: os meios físico e biótico, com ênfase nas disponibilidades hídricas, e os fatores ligados à ação antrópica e às demandas por recursos hídricos.

Aproveitamos o ensejo para manifestar votos de estima e apreço.

Atenciosamente.

_____

Eng° Alexandre Carvalho
Gerente do Contrato
ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.

RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

JULHO / 2009

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9

1.1. VERSÃO PRELIMINAR DO RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO 9

1.2. DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PRH VERDE GRANDE 9

2. ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) 12

2.1. CARTOGRAFIA BÁSICA 12

2.2. CARTOGRAFIA TEMÁTICA 13

2.3. SENSORIAMENTO REMOTO 14

2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) 15

2.5. BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO 15

2.6. ESTRUTURAÇÃO DO SIG 16

3. DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO 18

3.1. CRITÉRIOS ADOTADOS 18

3.2. QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DAS UNIDADES 20

3.3. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES: SUB-BACIAS 26

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA DA BACIA 29

4.1. CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA BACIA 29

4.1.1. Área de Drenagem, Perímetro e Comprimento do Rio Principal 29

4.1.2. Forma da Bacia 30
4.1.3. Relevo da Bacia 31
4.1.4. Sistema de Drenagem 34
4.2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA 41
4.2.1. Base de Dados e Procedimentos Metodológicos 41
4.2.2. Aspectos Geotectônicos Regionais 42
4.2.3. Unidades Litoestratigráficas Regionais e Aspectos Estruturais Associados 45
4.3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA 54
4.4. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA 57
4.4.1. Classificação das Terras para Irrigação 60
4.5. SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DOS TERRENOS 61
4.6. CARACTERIZAÇÃO DA ICTIOFAUNA 63
4.6.1. Espécies Endêmicas, Raras ou Ameaçadas de Extinção 68
4.6.2. Espécies Migradoras 70
4.6.3. Espécies de Importância Comercial 72
4.6.4. Espécies Exóticas 72
4.6.5. Considerações Finais 73
4.7. CARACTERIZAÇÃO FITOGEOGRÁFICA DA BACIA 74
4.7.1. Unidades de Conservação e Outras Áreas Protegidas 78
4.7.2. Áreas Prioritárias para a Conservação 82
4.7.3. Área de Aplicação da Lei n° 11.428 de 2006 86
5. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E CULTURAL 91
5.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 91
5.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS 97
5.2.1. Correspondência territorial 97
5.2.2. Histórico de ocupação regional 99
5.2.3. Estratos Populacionais 101
5.2.4. Densidade Demográfica 104

5.2.5. Urbanização 105

5.3. ATIVIDADES ECONÔMICAS E POLARIZAÇÃO REGIONAL 106

5.3.1. Estrutura fundiária e utilização das terras 106

5.3.2. Projetos de irrigação 112

5.3.3. Produção Agrícola 117

5.3.4. Produção Pecuária 119

5.3.5. Setor Industrial e Serviços 120

5.3.6. Mineração 120

5.4. ASPECTOS SOCIOCULTURAIS E IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS SOCIAIS ESTRATÉGICOS 133

5.4.1. Comunidades Tradicionais e Assentamentos 135

5.5. LEVANTAMENTO DE PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS EM IMPLANTAÇÃO 136

5.6. CARACTERIZAÇÃO DA POLÍTICA E ESTRUTURA URBANA 139

5.6.1. Indicadores Sociais 139

5.6.2. Infra-Estrutura Viária 142

5.7. SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA 142

5.7.1. Abastecimento 144

5.7.2. Esgotamento Sanitário 162

5.7.3. Drenagem Urbana 178

5.7.4. Saúde Pública 181

6. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS 192

6.1. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS 192

6.1.1. Aspectos Quantitativos 192

6.1.2. Aspectos Qualitativos 283

6.2. DIAGNÓSTICO DAS DEMANDAS HÍDRICAS 310

6.2.1. Dessedentação Animal 310

6.2.2. Abastecimento humano 311

6.2.3. Irrigação 314

6.2.4. Indústria 319

6.3. DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS OITO UNIDADES DE ANÁLISE DA BACIA DO VERDE GRANDE 320

6.3.1. Vazões outorgadas e cadastro de irrigantes 327

6.4. BALANÇO HÍDRICO 330

6.5. SÍNTESE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS 336

7. COMENTÁRIOS FINAIS 339

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como finalidade apresentar, de forma objetiva, os resultados preliminares referentes à elaboração do Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Nesse sentido, os elementos ora apresentados devem ser considerados como uma versão preliminar do Diagnóstico (Relatório Parcial 02).

O Relatório de Diagnóstico está estruturado da seguinte forma: um capítulo sobre a estruturação do sistema de informações geográficas, um capítulo que trata da definição das unidades de estudos, apresentando os critérios adotados, a quantificação das áreas das unidades e a descrição de cada sub-bacia;.um capítulo sobre a caracterização físico-biótica da bacia; um capítulo sobre a caracterização socioeconômica e cultural da bacia; e, um capítulo sobre a situação dos recursos hídricos, tratando de águas superficiais e subterrâneas, considerando aspectos quantitativos e qualitativos, e um capítulo final de síntese conclusiva.

1.1. VERSÃO PRELIMINAR DO RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO

Alguns dos temas que integram o Diagnóstico da bacia encontram-se em fase final de consolidação, ainda assim. Esses temas serão abordados de uma forma mais integral e conclusiva na versão consolidada do Relatório de Diagnóstico – RP-02.

De qualquer modo, o conteúdo aqui apresentado possibilita a compreenção dos principais problemas relacionados a recursos hídricos na bacia do rio Verde Grande, servindo como partida para a elaboração do seu Plano de Recursos Hídricos. Ainda assim, é sabido que alguns dos temas apresentados necessitarão de correções e/ou complementações.

1.2. DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PRH VERDE GRANDE

Conforme já explicitado no Plano de Trabalho, a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande deverá ocorrer em consonância com uma série de diretrizes, aqui resgatadas.

O plano deverá estar voltado à solução dos dois principais problemas que se verificam na região, relacionados com recursos hídricos, a saber:

- a escassez de água e
- a fragilidade na gestão de recursos hídricos na região.

É tambem sabido que a solução para os problemas verificados passa pelo conhecimento dos processos hidrológicos regionais e pela proposição de uma estrutura e arranjo para alavancar a gestão na bacia.

Desse modo, reitera-se que as ações a serem propostas no Plano estarão voltadas para a proposição de estratégias para convivência com as secas e de

regularização de vazões, mas também considerado os problemas de ordem ambiental mais proeminentes, relacionados ao saneamento, envolvendo o esgotamento sanitário e a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos.

Finalmente, destaca-se que o Plano está sendo elaborado com base em dados secundários, e tem, entre outros, o objetivo de identificar as lacunas de conhecimento sobre a bacia, suprindo-as ou propondo programas específicos para este fim.

Assim, os Estudos Regionais existentes serviram de base de conhecimento, a partir da qual foram desenvolvidos os levantamento de informações para o este Diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos do Verde Grande.

2. ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

2. ESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

A abordagem metodológica proposta para este estudo contempla a utilização de ferramentas de análises em SIG, mediante a incorporação das informações em banco de dados georreferenciados. Essa estrutura permite o desenvolvimento de análises espaciais quantitativas e qualitativas a partir de critérios adotados e diferenciados para cada temática.

O objetivo geral foi elaborar um sistema que utilize a capacidade de gerenciamento de um banco de dados, de modo a realizar consultas e apresentar dados geográficos sob várias formas e aspectos.

A concepção da forma como foi adquirido os dados espaciais seguiu um rigoroso processo de controle de qualidade, bem como, um detalhado planejamento para verificar a disponibilidade dos dados existentes. Esse planejamento garantiu a produção de informações fidedignas do ponto de vista da sua consistência e voltadas aos objetivos do estudo, de forma a ser utilizada como ferramenta de apoio às decisões ao longo do desenvolvimento do projeto.

A principal característica das ferramentas de geoprocessamento é o fato de proporcionar apoio e subsídios às equipes multidisciplinares. Dessa maneira, o SIG do projeto é o gerenciador dos dados temáticos gerados pelas equipes, obedecendo às delimitações espaciais adotadas. Assim, o presente capítulo apresenta, na seqüência, as fontes da cartografia básica, temática e as imagens orbitais tomadas por sensoriamento remoto, além da estruturação do SIG elaborado para o projeto.

2.1. CARTOGRAFIA BÁSICA

A cartografia sistemática nacional, denominada cartografia básica, constitui importante fonte de informações espaciais para todo o território nacional. Sendo assim partiu-se para a identificação das cartas topográficas e suas respectivas escalas, seriam necessárias para cobrir toda a área de estudo.

O Estado de Minas Gerais e da Bahia apresentam cartas topográficas nas escalas de 1:100.000 e foram fornecidas pela ANA, já georreferenciadas conforme metodologia própria.

As cartas que foram utilizadas para este estudo são apresentadas na figura a seguir.

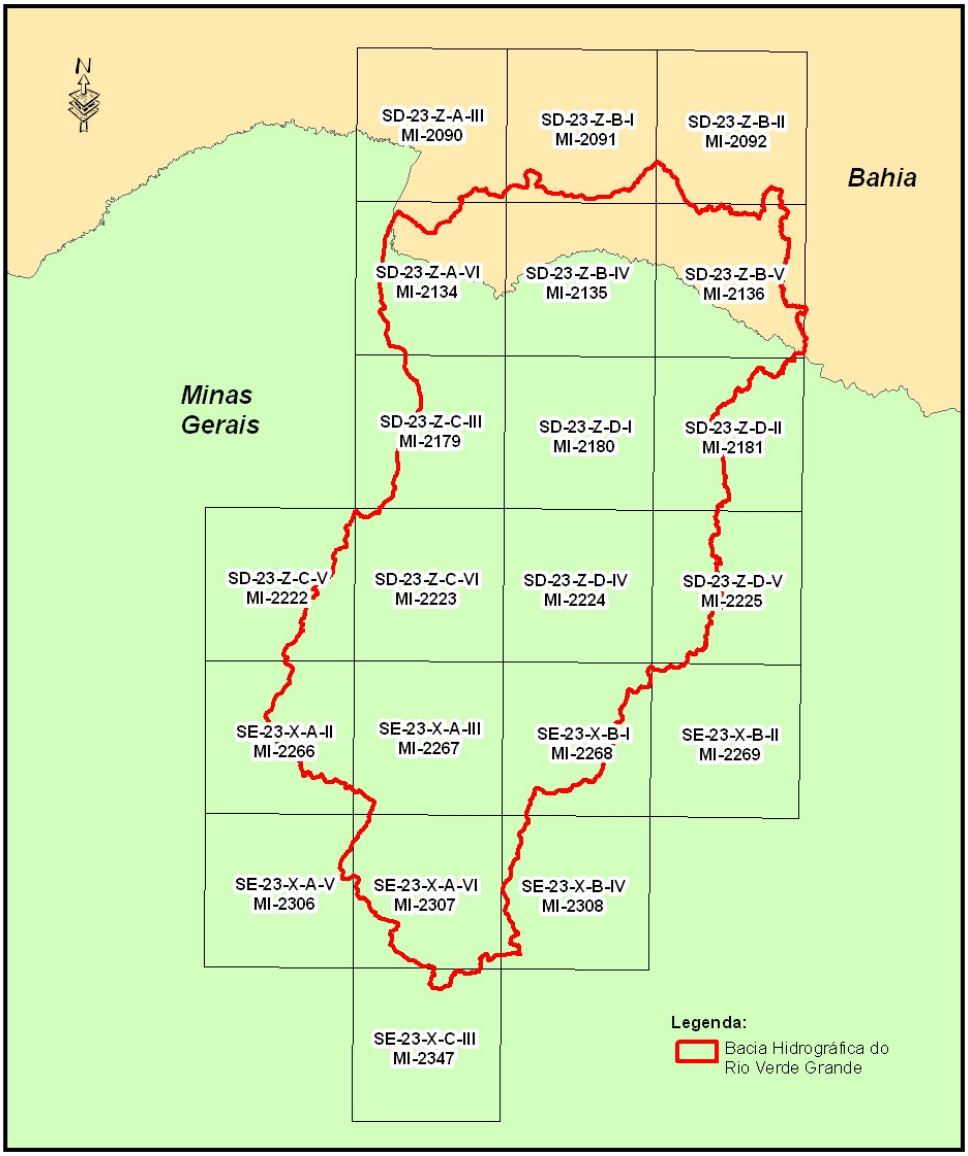


Figura 2.1 – Cartas topográficas (1:100.000) e abrangência da área de estudo.

2.2. CARTOGRAFIA TEMÁTICA

Classicamente é considerado como temático todo o dado cartográfico que não provém da cartografia sistemática nacional (em geral folhas do IBGE ou da DSG), sendo exemplos mapas de geologia, unidades de conservação, pluviometria, vegetação dentre outros tantos. No entanto, os mapas temáticos podem ser considerados como instrumentos geográficos e apresentam diversas informações relevantes ao estudo. Sendo assim, os dados espaciais a serem trabalhados no SIG foram considerados como temáticos, mesmo não tendo sido gerados pela cartografia sistemática nacional.

Quando se busca elaborar um mapa temático é importante que a escolha da escala seja compatível com a finalidade do estudo. Portanto, a escolha da

escala dos mapas temáticos é de vital importância para que o resultado final atenda os objetivos propostos pelo estudo em questão.

2.3. SENSORIAMENTO REMOTO

O principal objetivo do uso de imagens de média resolução é de subsidiar o diagnóstico da área em estudo, identificando as feições relevantes aos diversos meios a serem estudados.

Para a elaboração dos estudos de uso e cobertura da terra foi utilizado o mosaico das imagens do satélite Landsat TM 5 (*Land Remote Sensing Satellite* - sensor TM), georreferenciado com base nas cartas topográficas, utilizando-se 50 pontos de controle, e resultando em um erro RMS (*Root Mean Square*) total de 2 pixels.

A seleção das imagens foi feita a partir da pesquisa das melhores datas de revisita do satélite (mais recentes), e menor cobertura de nuvens nas mesmas, conforme é apresentado no Quadro 2.1 e Figura 2.2.

Quadro 2.1 – Relação das cenas LANDSAT 5 utilizadas no estudo.

Órbita	Ponto	Data
218	70	27.08.2008
218	71	27.08.2008
218	72	27.08.2008
219	70	02.08.2008
219	71	02.08.2008

As imagens foram tratadas visando principalmente, mapear a situação e localização das feições e objetos no terreno da forma mais atualizada, em face da desatualização das bases cartográficas e temáticas disponíveis.

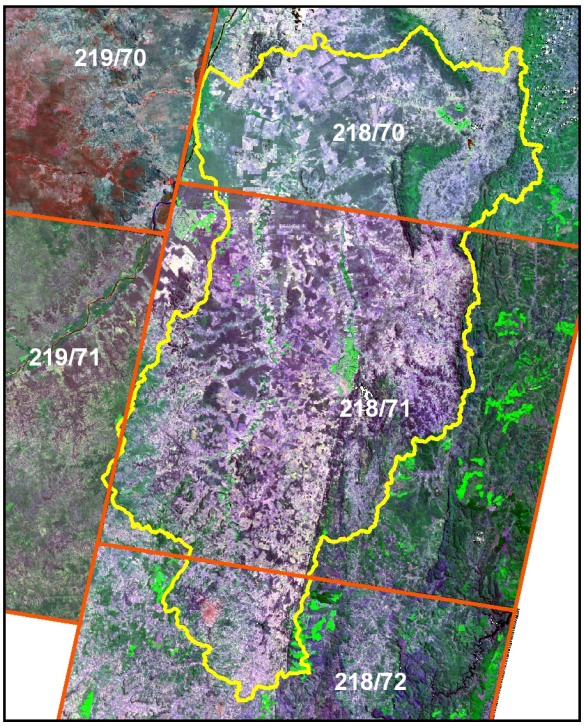


Figura 2.2 – Cenas Landsat TM 5 e abrangêncvia da área de estudo.

2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Uma das principais características de um SIG é a vinculação dos elementos espaciais com um banco de dados descritivos, ou banco de dados geográfico, tais como dados socioeconômicos e ambientais. A diferença crucial entre um SIG e um sistema de informação convencional reside no georreferenciamento do dado, fato que se observa em ambiente SIG. Esse georreferenciamento pode ser ligado a uma malha de coordenadas ou a uma feição do terreno (e.g. rio, bacia hidrográfica, município dentre outras).

O vínculo referido anteriormente possibilita o trânsito de informações entre os mapas e as tabelas do banco de dados de maneira contínua, de forma que uma alteração em um deles reflete-se no outro automaticamente.

O SIG foi desenvolvido em plataforma ESRI ArcGIS 9.3 e, na estrutura de arquivo *file geodatabase* (gdb), onde foram inseridos os dados relativos ao projeto.

Uma vez que os dados estão georreferenciados, esses atributos permitiram a sobreposição ou cruzamento entre os diversos temas (municípios, hidrografia e uso e cobertura da terra, por exemplo) resultando em um novo tema. Desta maneira foi possível manipular os diversos temas desenvolvidos e avaliar as alternativas em estudo espacialmente.

2.5. BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

O banco de dados geográficos compreende um conjunto de informações organizadas conforme um modelo de estrutura prévia estabelecida de acordo com a necessidade da equipe multidisciplinar que trabalhou no projeto. Essa

estrutura garante a segurança e veracidade dos dados utilizados no SIG, pois como salienta Silva (2003)[1], os dados armazenados precisam estar protegidos contra alterações intencionais ou de inclusão acidental de inconsistências.

O banco de dados geográficos reúne as informações essenciais para elaboração do presente estudo. Essa estrutura permite armazenar dados tabulares que estão relacionadas a feições espaciais. Neste trabalho cada informação está distribuída em uma coleção de geo-objetos que é chamada de *features* (feições) o que possibilita o trânsito de informações entre os mapas e as tabelas do banco de dados de maneira contínua, de forma que uma alteração em um deles reflete-se no outro automaticamente.

2.6. ESTRUTURAÇÃO DO SIG

Para o projeto foi desenvolvido um padrão de organização de arquivos, conforme a figura a seguir, que torna o acesso aos dados de fácil compreensão e de forma mais amigável. Nesta estrutura organizacional estão contidas todas as informações necessárias para a reprodução dos mapas, em ambiente SIG.

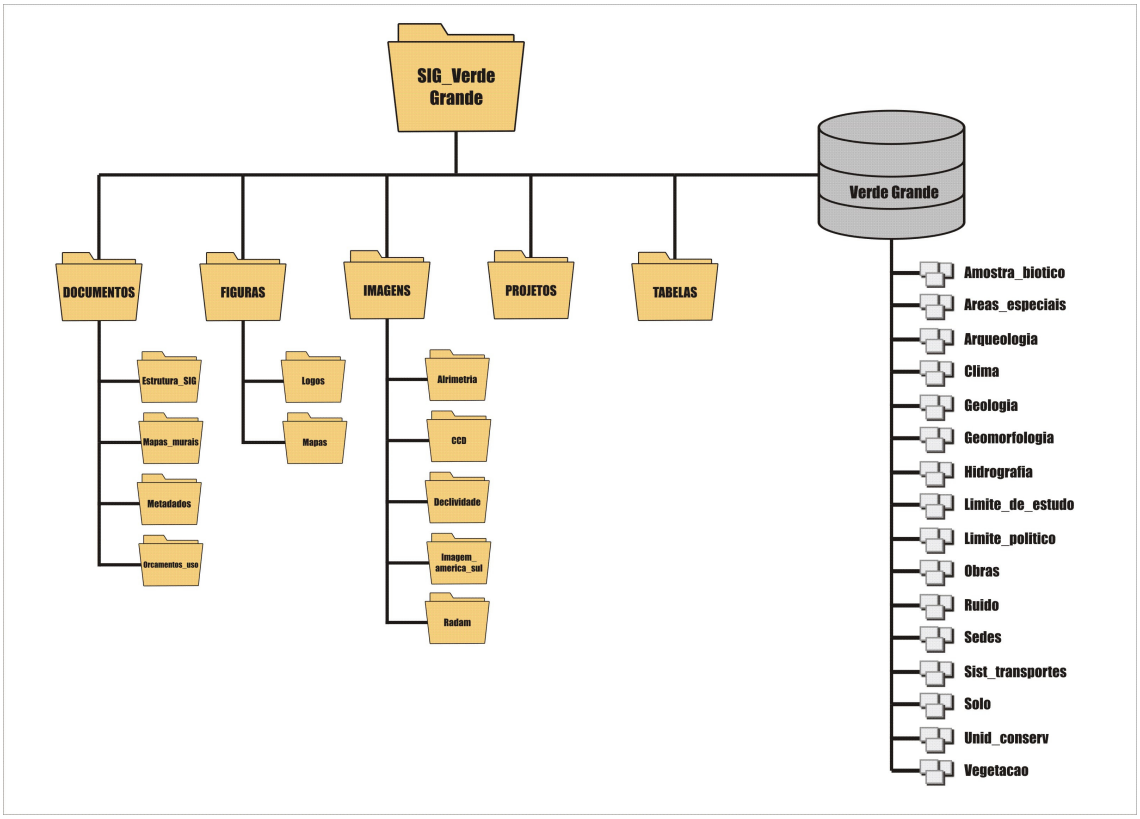


Figura 2.3 – Padrão de organização do SIG.

[1] SILVA, Ardemirio de Barros. *Sistema de Informações Geo-Referenciadas: Conceitos e fundamentais*. Campinas: Editora da Univamp, 2003.

3. DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO

3. DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO

Os recursos naturais, notadamente os recursos hídricos, apresentam associação direta com o espaço físico em que se encontram. Assim, a abrangência espacial da área em estudo e sua sub-divisão interna assume destacada importância no âmbito do presente trabalho. A definição das unidades de estudo foi orientada com base tanto nas influências dos recursos hídricos sobre o espaço territorial circundante como no condicionamento que esse espaço impõe sobre os recursos hídricos.

Com o objetivo de demonstrar a lógica seqüencial de trabalho utilizada na definição das unidades de estudo, são apresentados, a seguir, os temas que, no seu conjunto e pelo seu encadeamento, permitiram estabelecer a sub-divisão interna da Bacia do Rio Verde Grande, para fins do presente estudo.

3.1. CRITÉRIOS ADOTADOS

A segmentação da bacia do rio Verde Grande em unidades menores, sub-bacias, visa à proposição de uma estrutura espacial para análise das informações, desde a etapa de diagnóstico, mas que também servirá para etapas posteriores de trabalho, especialmente na formulação de cenários futuros, e programa de ações para a bacia.

O processo de segmentação considerou os seguintes critérios:

- Hidrografia e Relevo: sub-bacias;
- Dominialidade dos cursos d'água;
- Geologia e Formações Hidrogeológicas;
- Regiões Estratégicas da bacia hidrográfica do rio Verde Grande (elaborada pela ANA, quando da implantação do CBH Verde Grande, para fins de mobilização da sociedade);
- Principais municípios;
- Divisa Estadual;
- Regionalização do Estudo Anterior (Plano Integrado do Verde Grande, 1996);
- Projetos de Irrigação, e
- Proposta de Enquadramento existente.

A sobreposição (*overlay*) de todos os temas supramencionados possibilitou, em articulação com os inputs dos técnicos, que se chegasse a uma proposta de divisão hidrográfica interna, que considerou, portanto, todas essas variáveis. O ponto de partida foi a hidrografia, pois as unidades de estudo constituem-se em sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Verde Grande. Pode-se afirmar que os dois elementos da paisagem que impuseram maior controle foram a

altimetria/declividade (MNT) e o uso e cobertura do terreno (embora se verifique também um controle desse último pela própria altimetria/declividade).

Cabe comentar que um dos objetivos perseguidos nesse processo de divisão interna foi a definição de unidades espaciais com características próprias quanto ao uso do solo e dos recursos hídricos, segundo a base de informações disponível.

Como resultado desse processo obteve-se a denominada divisão interna para a bacia do rio Verde Grande, na qual estão definidas as unidades de estudo que constituirão a matriz espacial para os estudos futuros e em andamento. A divisão interna da Bacia do Rio Verde Grande é apresentada na Figura 3.1. Ao todo, foram propostas, com base nos critérios antes mencionados, oito unidades de estudo descritas nos próximos itens.

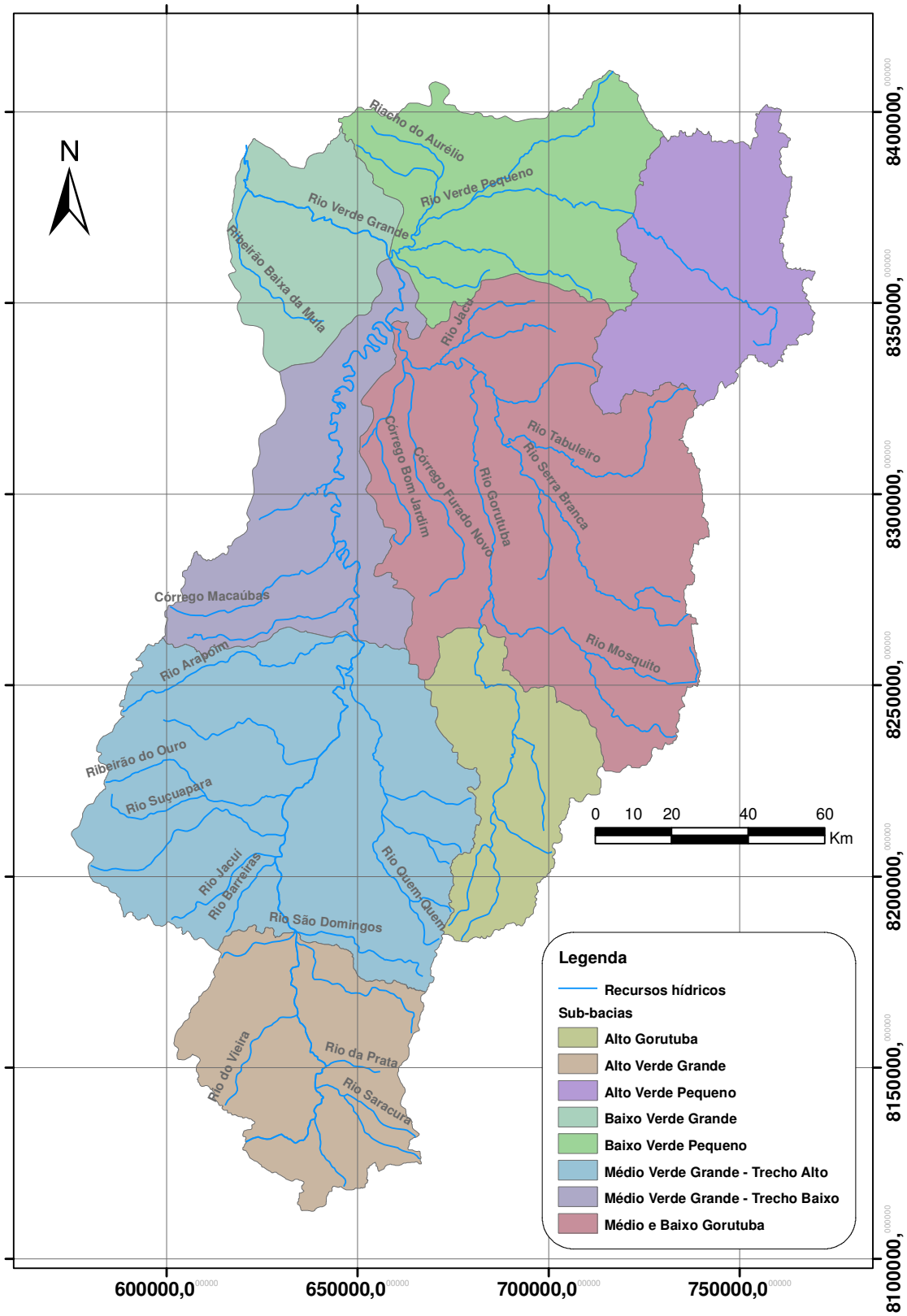


Figura 3.1 – Unidades de Estudo no contexto cartográfico da Bacia do Rio Verde Grande.

3.2. QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DAS UNIDADES

Como resultado do processo decisório, foram definidas as seguintes 8 unidades de estudo para a bacia do rio Verde Grande:

1. Alto Verde Grande (AGV)
2. Médio Verde Grande – Trecho Alto (MVG-TA)
3. Alto Gorutuba (AG)
4. Médio e Baixo Gorutuba (MBG)
5. Médio Verde Grande – Trecho Baixo (MVG-TB)
6. Alto Verde Pequeno (AVP)
7. Baixo Verde Pequeno (BVP)
8. Baixo Verde Grande (BVG)

Conforme os critérios técnicos adotados no item anterior, foram delimitadas e quantificadas as unidades de estudo da região de interesse. O Quadro 3.1, a seguir, apresenta as áreas de cada uma das unidades de estudo definidas para a bacia.

Quadro 3.1 – Área das Unidades de Estudo e suas participações percentuais nos Estados de Minas Gerais e Bahia (km^2).

SUB-BACIA	SIGLA	ÁREA					
		MG		BA		TOTAL	
		(km^2)	(%)	(km^2)	(%)	(km^2)	(%)
Alto Verde Grande	AVG	3.097,75	100%	0,00	0%	3.097,75	10%
Médio Verde Grande - Trecho Alto	MVG-TA	7.102,22	100%	0,00	0%	7.102,22	23%
Alto Gorutuba	AG	2.132,87	100%	0,00	0%	2.132,87	7%
Médio e Baixo Gorutuba	MBG	7.715,33	100%	0,00	0%	7.715,33	25%
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	MVG-TB	3.161,10	100%	0,00	0%	3.161,10	10%
Alto Verde Pequeno	AVP	1.359,66	47%	1.538,86	53%	2.898,52	9%
Baixo Verde Pequeno	BVP	1.354,50	40%	2.013,24	60%	3.367,74	11%
Baixo Verde Grande	BVG	1.295,07	67%	639,05	33%	1.934,11	6%
Bacia do Rio Verde Grande		**27.218,49**	**87%**	**4.191,15**	**13%**	**31.409,64**	**100%**

A bacia possui uma área total de 31.409,64 km² dos quais 87% (27.218,49 km²) correspondem à parcela da bacia inserida no Estado de Minas Gerais, e apenas 13% (4.191,15 km²) encontram-se no Estado da Bahia. Observa-se que a sub-bacia denominada Médio e Baixo Gorutuba (MBG) constitui a maior unidade de estudo, com 25% da área total da Bacia (7.715,33 km²), enquanto a sub-bacia Baixo Verde Grande (BVG), com apenas 6% da área (1.934,11 km²), representa a menor unidade desta sub-divisão.

Baseando-se no modelo digital de elevação hidrologicamente consistido, e em mapas temáticos do perímetro urbano, foram quantificadas as parcelas de contribuição dos municípios da região em cada sub-bacia adotada, e a localização das suas respectivas sedes municipais, conforme indica o Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Unidades de Estudo e suas respectivas áreas de contribuição municipal.

SUB-BACIA	NOME	UF	ÁREA			
			Total do Município	na Sub-Bacia	na Sub-Bacia	Total Sub-Bacia
			(km²)	(%)	(km²)	(km²)
Alto Verde Grande (AVG)	Bocaiúva	MG	3.231,70	6,0%	193,79	3.097,75
	Francisco Sá	MG	2.749,18	30,3%	832,24	
	Glaucilândia*	MG	145,45	100,0%	145,45	
	Guaraciama*	MG	391,96	25,6%	100,46	
	Juramento*	MG	431,86	99,3%	428,89	
	Montes Claros*	MG	3.580,12	39,0%	1.396,92	
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG - TA)	Capitão Enéas*	MG	970,18	100,0%	970,18	7.102,22
	Francisco Sá*	MG	2.749,18	48,6%	1.336,03	
	Ibiracatu	MG	358,95	9,0%	32,32	
	Janaúba	MG	2.188,73	36,7%	803,09	
	Mirabela*	MG	720,22	82,0%	590,78	
	Montes Claros	MG	3.580,12	24,7%	884,72	
	Patis*	MG	444,49	99,8%	443,71	
	São João da Ponte*	MG	1.848,42	99,1%	1.831,38	
	Varzelândia	MG	803,42	15,5%	124,23	
	Verdelândia	MG	1.451,38	5,9%	85,77	
Alto Gorutuba (AG)	Francisco Sá	MG	2.749,18	21,0%	578,25	2.132,87
	Janaúba*	MG	2.188,73	29,1%	637,14	
	Nova Porteirinha*	MG	121,06	73,0%	88,40	
	Porteirinha	MG	1.800,35	19,5%	350,90	
	Riacho dos Machados*	MG	1.315,32	36,4%	478,18	
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	Catuti*	MG	286,04	100,0%	286,04	7.715,33
	Gameleiras*	MG	1.733,65	71,5%	1.239,87	
	Jaíba	MG	2.739,56	34,3%	939,86	
	Janaúba	MG	2.188,73	30,6%	668,72	
	Mato Verde*	MG	474,78	99,8%	473,90	
	Monte Azul*	MG	991,85	84,9%	841,92	
	Nova Porteirinha	MG	121,06	27,0%	32,66	
	Pai Pedro*	MG	785,33	100,0%	785,33	
	Porteirinha*	MG	1.800,35	80,5%	1.449,14	
	Riacho dos Machados	MG	1.315,32	16,4%	215,45	
	Serranópolis de Minas*	MG	553,53	82,2%	455,14	
	Verdelândia	MG	1.451,38	22,6%	327,31	

SUB-BACIA	NOME	UF	ÁREA			
			Total do Município	na Sub-Bacia	na Sub-Bacia	Total Sub-Bacia
			(km²)	(%)	(km²)	(km²)
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG - TB)	Gameleiras	MG	1.733,65	5,2%	90,33	3.161,10
	Jaíba*	MG	2.739,56	39,1%	1.071,29	
	Janaúba	MG	2.188,73	3,6%	79,79	
	Matias Cardoso	MG	1.937,72	14,6%	282,04	
	Varzelândia*	MG	803,42	74,6%	599,37	
	Verdelândia*	MG	1.451,38	71,5%	1.038,29	
Alto Verde Pequeno (AVP)	Espinosa*	MG	1.877,11	49,2%	922,67	2.898,52
	Jacaraci	BA	1.243,75	6,5%	81,21	
	Mamonas*	MG	290,51	99,4%	288,68	
	Monte Azul	MG	991,85	15,0%	148,31	
	Mortugaba	BA	671,28	7,6%	50,91	
	Pindaí	BA	716,01	35,3%	252,59	
	Sebastião Laranjeiras	BA	2.004,81	13,0%	259,64	
	Urandi*	BA	896,60	99,8%	894,51	
Baixo Verde Pequeno (BVP)	Espinosa	MG	1.877,11	50,7%	951,85	3.367,74
	Gameleiras	MG	1.733,65	23,2%	402,65	
	Iuiú	BA	1.094,80	38,6%	422,68	
	Palmas de Monte Alto	BA	2.789,44	1,3%	36,46	
	Sebastião Laranjeiras*	BA	2.004,81	77,5%	1.554,11	
Baixo Verde Grande (BVG)	Iuiú	BA	1.094,80	26,3%	287,74	1.934,11
	Malhada	BA	2.138,61	16,4%	351,31	
	Matias Cardoso	MG	1.937,72	66,8%	1.295,07	

* Sedes Municipais Localizadas nas sub-bacias.

Os Quadros a seguir apresentam os municípios que integram cada Unidade de Estudo, com suas respectivas áreas, em quilômetros quadrados (km^2) e em porcentagem (%).

Quadro 3.3 – Distribuição, por Unidade de Estudo, das áreas dos municípios inseridas na Bacia (km^2).

UF	Município	AVG	MVG-TA	AG	MBG	MVG-TB	AVP	BVP	BVG	Bacia
MG	Bocaiúva	193,79	-	-	-	-	-	-	-	**193,79**
	Capitão Enéas	-	970,18	-	-	-	-	-	-	**970,18**
	Catuti	-	-	-	286,04	-	-	-	-	**286,04**
	Espinosa	-	-	-	-	-	922,67	951,85	-	**1.874,52**
	Francisco Sá	832,24	1.336,03	578,25	-	-	-	-	-	**2.746,52**
	Gameleiras	-	-	-	1.239,87	90,33	-	402,65	-	**1.732,84**
	Glaucilândia	145,45	-	-	-	-	-	-	-	**145,45**
	Guaraciama	100,46	-	-	-	-	-	-	-	**100,46**
	Ibiracatu	-	32,32	-	-	-	-	-	-	**32,32**
	Jaíba	-	-	-	939,86	1.071,29	-	-	-	**2.011,14**
	Janaúba	-	803,09	637,14	668,72	79,79	-	-	-	**2.188,73**
	Juramento	428,89	-	-	-	-	-	-	-	**428,89**
	Mamonas	-	-	-	-	-	288,68	-	-	**288,68**
	Matias Cardoso	-	-	-	-	282,04	-	-	1.295,07	**1.577,11**
	Mato Verde	-	-	-	473,90	-	-	-	-	**473,90**
	Mirabela	-	590,78	-	-	-	-	-	-	**590,78**
	Monte Azul	-	-	-	841,92	-	148,31	-	-	**990,23**
	Montes Claros	1.396,92	884,72	-	-	-	-	-	-	**2.281,65**
	Nova Porteirinha	-	-	88,40	32,66	-	-	-	-	**121,06**
	Pai Pedro	-	-	-	785,33	-	-	-	-	**785,33**
	Patis	-	443,71	-	-	-	-	-	-	**443,71**
	Porteirinha	-	-	350,90	1.449,14	-	-	-	-	**1.800,03**
	Riacho dos Machados	-	-	478,18	215,45	-	-	-	-	**693,63**
	São João da Ponte	-	1.831,38	-	-	-	-	-	-	**1.831,38**
	Serranópolis de Minas	-	-	-	455,14	-	-	-	-	**455,14**
	Varzelândia	-	124,23	-	-	599,37	-	-	-	**723,60**
	Verdelândia	-	85,77	-	327,31	1.038,29	-	-	-	**1.451,37**
BA	Iuiú	-	-	-	-	-	-	422,68	287,74	**710,42**
	Jacaraci	-	-	-	-	-	81,21	-	-	**81,21**
	Malhada	-	-	-	-	-	-	-	351,31	**351,31**
	Mortugaba	-	-	-	-	-	50,91	-	-	**50,91**
	Palmas de Monte Alto	-	-	-	-	-	-	36,46	-	**36,46**
	Pindaí	-	-	-	-	-	252,59	-	-	**252,59**
	Sebastião Laranjeiras	-	-	-	-	-	259,64	1.554,11	-	**1.813,74**
	Urandi	-	-	-	-	-	894,51	-	-	**894,51**
TOTAL		**3.097,75**	**7.102,22**	**2.132,87**	**7.715,33**	**3.161,10**	**2.898,52**	**3.367,74**	**1.934,11**	**31.409,64**

Quadro 3.4 – Distribuição, por Unidade de Estudo, das áreas dos municípios inseridas na Bacia (%).

UF	Município	AVG	MVG-TA	AG	MBG	MVG-TB	AVP	BVP	BVG	Bacia
MG	Bocaiúva	100%	-	-	-	-	-	-	-	**0,6%**
	Capitão Enéas	-	100%	-	-	-	-	-	-	**3,1%**
	Catuti	-	-	-	100%	-	-	-	-	**0,9%**
	Espinosa	-	-	-	-	-	49%	51%	-	**6,0%**
	Francisco Sá	30%	49%	21%	-	-	-	-	-	**8,7%**
	Gameleiras	-	-	-	72%	5%	-	23%	-	**5,5%**
	Glaucilândia	100%	-	-	-	-	-	-	-	**0,5%**
	Guaraciama	100%	-	-	-	-	-	-	-	**0,3%**
	Ibiracatu	-	100%	-	-	-	-	-	-	**0,1%**
	Jaíba	-	-	-	47%	53%	-	-	-	**6,4%**
	Janaúba	-	37%	29%	31%	4%	-	-	-	**7,0%**
	Juramento	100%	-	-	-	-	-	-	-	**1,4%**
	Mamonas	-	-	-	-	-	100%	-	-	**0,9%**
	Matias Cardoso	-	-	-	-	18%	-	-	82%	**5,0%**
	Mato Verde	-	-	-	100%	-	-	-	-	**1,5%**
	Mirabela	-	100%	-	-	-	-	-	-	**1,9%**
	Monte Azul	-	-	-	85%	-	15%	-	-	**3,2%**
	Montes Claros	61%	39%	-	-	-	-	-	-	**7,3%**
	Nova Porteirinha	-	-	73%	27%	-	-	-	-	**0,4%**
	Pai Pedro	-	-	-	100%	-	-	-	-	**2,5%**
	Patis	-	100%	-	-	-	-	-	-	**1,4%**
	Porteirinha	-	-	19%	81%	-	-	-	-	**5,7%**
	Riacho dos Machados	-	-	69%	31%	-	-	-	-	**2,2%**
	São João da Ponte	-	100%	-	-	-	-	-	-	**5,8%**
	Serranópolis de Minas	-	-	-	100%	-	-	-	-	**1,4%**
	Varzelândia	-	17%	-	-	83%	-	-	-	**2,3%**
	Verdelândia	-	6%	-	23%	72%	-	-	-	**4,6%**
BA	Iuiú	-	-	-	-	-	-	59%	41%	**2,3%**
	Jacaraci	-	-	-	-	-	100%	-	-	**0,3%**
	Malhada	-	-	-	-	-	-	-	100%	**1,1%**
	Mortugaba	-	-	-	-	-	100%	-	-	**0,2%**
	Palmas de Monte Alto	-	-	-	-	-	-	100%	-	**0,1%**
	Pindaí	-	-	-	-	-	100%	-	-	**0,8%**
	Sebastião Laranjeiras	-	-	-	-	-	14%	86%	-	**5,8%**
	Urandi	-	-	-	-	-	100%	-	-	**2,8%**
TOTAL		**10%**	**23%**	**7%**	**25%**	**10%**	**9%**	**11%**	**6%**	**100,0%**

3.3. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES: SUB-BACIAS

A seguir, encontra-se uma breve descrição das oito sub-bacias que constituem a bacia do rio Verde Grande.

Alto Verde Grande (AVG)

Consiste na bacia hidrográfica formada pelo trecho superior do rio Verde Grande, desde as suas nascentes até a confluência (inclusive) com o rio Cana Brava, pela margem esquerda. Os principais afluentes do rio Verde Grande, nesta área, são: rio do Juramento, rio Saracura, rio da Prata e ribeirão da Boa Vista pela margem direita, e o rio do Vieira pela margem esquerda. A área desta sub-bacia é de 3.097,75 km² localizada no Estado de Minas Gerais. As sedes municipais encontradas nesta sub-bacia são: Montes Claros, Glaucilândia, Guaraciama e Juramento.

Médio Verde Grande – Trecho Alto (AVG-TA)

Situada a jusante da sub-bacia *AVG*, é conformada pela área de drenagem do rio Verde Grande e seus afluentes, no trecho compreendido entre o rio São Domingos (inclusive) e o rio Arapoim (inclusive). Totalmente inserida no Estado de Minas Gerais, apresenta área de drenagem de 7.102,22 km², contando com as seguintes sedes municipais: Capitão Enéas, Francisco Sá, Mirabela, Patis e São João da Ponte. Os principais afluentes do rio Verde Grande, neste trecho, são: rio São Domingos e rio Quem-Quem pela margem direita, rio Barreiras, rio Jacuí, ribeirão do Ouro, riacho Salobro, e rio Arapoim pela margem esquerda.

Alto Gorutuba (AG)

Consiste na bacia hidrográfica formada pelo trecho superior do rio Gorutuba, desde as suas nascentes até a jusante do perímetro irrigado deste mesmo rio. Totalmente inserida no Estado de MG, possui uma área de 2.132,87 km², contando com as seguintes sedes municipais: Janaúba, Nova Porteirinha e Riacho dos Machados. Alguns afluentes do rio Gorutuba nesta sub-bacia são: ribeirão Confisco, córrego Piranga e rio da Água Quente pela margem direita, rio Baixa Cedro e os córregos Mato Dentro, Baixa Grande e Baixa da Serra, pela margem esquerda.

Médio e Baixo Gorutuba (MBG)

Essa sub-bacia é a maior da divisão hidrográfica adotada, com área de 7.715,33 km², totalmente inserida no Estado de Minas Gerais. Situada a jusante da sub-bacia *AG*, é conformada pela área de drenagem do rio Gorutuba e seus afluentes até sua confluência (exclusive) com o rio Verde Grande. As sedes municipais total ou parcialmente inseridas na sub-bacia são: Catuti, Gameleiras, Mato Verde, Monte Azul, Pai Pedro, Porteirinha, e Serranópolis de Minas. Os principais afluentes do rio Gorutuba nesta sub-bacia

são: rio Mosquito, rio Serra Branca e rio Jacu, pela margem direita, e o córrego Furado Novo pela margem esquerda.

Médio Verde Grande – Trecho Baixo (MVG-TB)

Origina-se, no rio Verde Grande, após o término da sub-bacia *MVG–TA* e limita-se à jusante pela confluência (exclusive) do rio Verde Grande com o rio Verde Pequeno. Apresenta uma área de drenagem de 3.161,10 km² totalmente localizada no Estado de Minas Gerais. As sedes municipais inseridas na sub-bacia são: Jaíba, Varzelândia e Verdelândia. Os principais afluentes do rio Verde Grande nesta sub-bacia são: rio Gorutuba pela margem direita, e córrego São Vicente, córrego Macaúbas e córrego Escuro pela margem esquerda.

Alto Verde Pequeno (AVP)

Consiste na bacia hidrográfica formada pelo trecho superior do rio Verde Pequeno, desde as suas nascentes até a confluência (inclusive) com o riacho Mangabeiras. Alguns afluentes do rio Verde Pequeno, nesta área, são: rio Cova da Mandioca, pela margem direita e rio Galheiros pela margem esquerda. A área desta sub-bacia é de 2.898,52 km², abrangendo parte dos Estados de Minas Gerais e Bahia. As sedes municipais inseridas na bacia são: Espinosa e Mamonas, em Minas Gerais e Urandi, na Bahia.

Baixo Verde Pequeno (BVP)

Essa sub-bacia consiste na área de drenagem do rio Verde Pequeno segundo os limites: a montante o término da sub-bacia *AVP*, e a jusante a confluência (inclusive) do rio Verde Pequeno com o rio Verde Grande. Possui área de drenagem com 3.367,74 km² entre os Estados de Minas Gerais e Bahia. Os principais afluentes nessa área são: riacho da Mandiroba e riacho do Aurélio, pela margem direita, e ribeirão do Poço Triste e riacho da Macaca pela margem esquerda. Sebastião Laranjeiras (BA) representa a única sede municipal localizada nessa sub-bacia.

Baixo Verde Grande (BVG)

Essa sub-bacia é a menor da divisão hidrográfica adotada, com área de 1.934,11 km² entre os Estados de Minas Gerais e Bahia. Localizada a jusante da sub-bacia *Médio Verde Grande – Trecho Baixo*, consiste na área de drenagem deste ponto do rio Verde Grande até sua foz no rio São Francisco. Os principais afluentes são: o rio Verde Pequeno pela margem direita, e o ribeirão Baixa da Mula pela margem esquerda. Nenhuma sede municipal está inserida nesta sub-bacia.

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA DA BACIA

4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA DA BACIA

4.1. CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA BACIA

A extração de dados físicos da bacia através de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, medidos indiretamente ou representados por índices, constitui a caracterização fisiográfica da Bacia.

O conhecimento dessas características físicas é de fundamental importância para os recursos hídricos, pois observando a relação entre esses elementos e o comportamento hidrológico conhecido em determinado local da bacia, podem-se estimar valores hidrológicos para outras áreas de interesse que não possuam dados medidos.

Os elementos físicos e respectivos índices relacionados, considerados relevantes para a elaboração do PRH da bacia do Rio Verde Grande são descritos e apresentados nos próximos itens.

4.1.1. Área de Drenagem, Perímetro e Comprimento do Rio Principal

Além de ser um elemento básico na estimativa de outras características físicas, a área de drenagem tem fundamental importância na estimativa da potencialidade hídrica da bacia, uma vez que determina o volume precipitado sobre a mesma.

Assim como a área de drenagem, o cálculo do perímetro da bacia e do comprimento de seu rio principal é importante para determinação de outros índices de caracterização, como pode ser observado mais adiante.

As áreas das unidades de estudo, já descritas anteriormente (item 3.2), são reapresentadas, no Quadro 4.1, juntamente com os valores dos outros dois elementos físicos.

Quadro 4.1 – Área, Perímetro e Comprimento do rio principal das unidades de estudo.

Unidade de Estudo	Área (*A*) (km^2)	Perímetro (*P*) (km)	Rio Principal	Comprimento (*L*) (km)
Alto Verde Grande	3.097,75	283,90	Verde Grande	85,12
Médio Verde Grande - Trecho Alto	7.102,22	408,56	Verde Grande	146,00
Alto Gorutuba	2.132,87	268,39	Gorutuba	141,81
Médio e Baixo Gorutuba	7.715,33	507,69	Gorutuba	140,89
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	3.161,10	367,75	Verde Grande	233,69
Alto Verde Pequeno	2.898,52	327,16	Verde Pequeno	69,67
Baixo Verde Pequeno	3.367,74	319,90	Verde Pequeno	95,64
Baixo Verde Grande	1.934,11	196,03	Verde Grande	81,10
Bacia do Rio Verde Grande	**31.409,64**	**1.108,55**	**Verde Grande**	**577,75**

4.1.2. Forma da Bacia

A forma da bacia hidrográfica interfere no tempo de concentração da mesma, uma vez que, em bacias de formato mais alongado o tempo necessário para que toda a bacia contribua, em um determinado ponto de interesse, é maior.

Os índices de forma abaixo, relacionam a forma da bacia com um círculo e com um retângulo, respectivamente para melhor comparação entre bacias.

Coeficiente de Compacidade (Kc)

O Coeficiente de Compacidade (Kc) é a relação entre o perímetro (P) da bacia e a circunferência de um círculo de igual área da bacia, onde:

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} \quad (1)$$

$$A = \pi . r^2 \text{ e } r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1), tem-se:

$$Kc = 0{,}28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{(Eq.1)}$$

Coeficiente de compacidade próximo ao limite mínimo (correspondente à unidade) indica que a forma da bacia se aproxima a um círculo.

Fator de Forma (K_f)

O Fator de Forma (K_f) é a relação entre a largura média ($\overline{L}$) da bacia, e o comprimento do seu rio mais longo (L) até a cabeceira, onde :

$$K_f = \frac{\overline{L}}{L} \quad (1)$$

e

$$\overline{L} = \frac{A}{L} \quad (2)$$

logo,

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{(Eq.2)}$$

Quanto menor o fator de forma da bacia, menor é a tendência desta a sofrer enchentes se comparada com outra bacia de maior fator de forma.

Caso os fatores de forma (Kf) de duas bacias forem iguais, o maior risco de enchente será atribuído à bacia que possuir menor fator de compacidade (Kc).

As características quanto à forma da bacia e sub-bacias do rio Verde Grande são apresentadas no Quadro 4.2 e comentadas a seguir.

Quadro 4.2 – Índices de Forma dos segmentos adotados (Coeficiente de Compacidade – Kc; e Fator de Forma - K_f).

Unidade de Estudo	*A* (km²)	*P* (km)	*L* (km)	Kc	K_f
Alto Verde Grande (AVG)	3.097,75	283,90	85,12	1,43	0,43
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	7.102,22	408,56	146,00	1,36	0,33
Alto Gorutuba (AG)	2.132,87	268,39	141,81	1,63	0,11
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	7.715,33	507,69	140,89	1,62	0,39
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	3.161,10	367,75	233,69	1,83	0,06
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.898,52	327,16	69,67	1,70	0,60
Baixo Verde Pequeno (BVP)	3.367,74	319,90	95,64	1,54	0,37
Baixo Verde Grande (BVG)	1.934,11	196,03	81,10	1,25	0,29
Bacia do Rio Verde Grande	**31.409,64**	**1.108,55**	**577,75**	**1,75**	**0,09**

Analisando os resultados, observa-se que a sub-bacia *MVG-TB* é a unidade mais irregular da bacia, por apresentar o maior coeficiente de compacidade (distanciando-se do formato circular em que o Kc =1) sendo, também, a mais alongada de acordo com o menor fator de forma apresentado (0,06) que, além disso, indica a menor disposição da bacia a ocorrência de cheias diante de chuvas intensas. A unidade de estudo mais regular da bacia é a *Baixo Verde Pequeno* (com Kc = 1,25), não muito sujeita a enchente por apresentar baixo fator de forma (0,29).

Já a sub-bacia com maior tendência para enchentes, por apresentar maior coeficiente de forma (0,60), é a *Alto Verde Pequeno*. Ou seja, esta unidade tem é a forma mais "achatada" da bacia, o que faz com que as contribuições dos tributários sejam muito próximas nos trechos do rio principal, já que este apresenta uma área grande em relação ao curto comprimento de rio.

4.1.3. Relevo da Bacia

As principais características físicas de relevo na bacia e sub-bacias são abordadas abaixo:

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)

A variação na altimetria da bacia influencia a precipitação, evaporação e transpiração, ou seja, influencia na determinação dos volumes do ciclo

hidrológico na bacia. Para as unidades adotadas na bacia do Verde Grande, a amplitude altimétrica máxima é apresentada no quadro abaixo (Quadro 4.3).

Quadro 4.3 – Amplitude altimétrica máxima (Hm) das unidades (m).

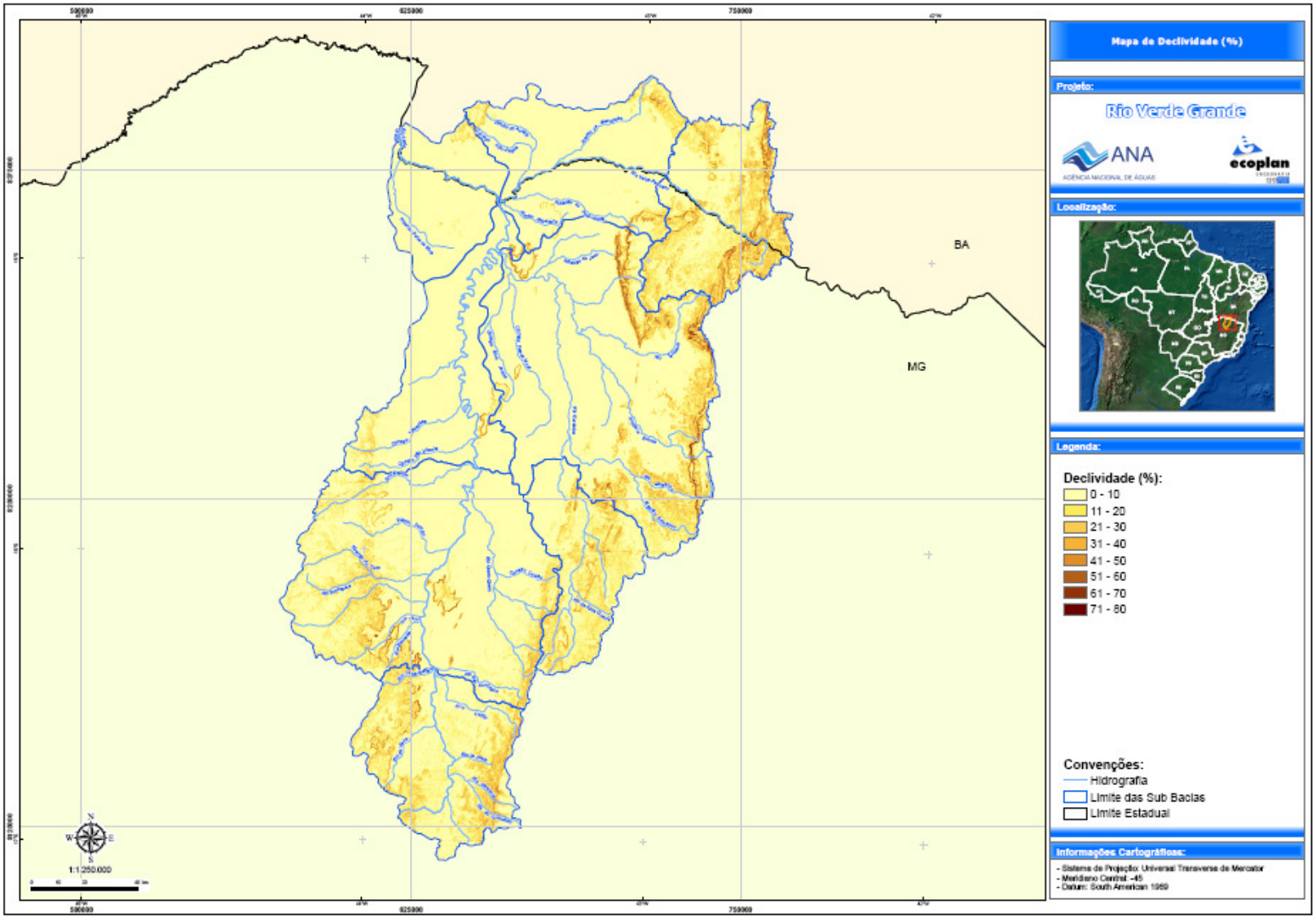
Sub-Bacia	Cota Mínima (Hmín)	Cota Máxima (Hmáx)	Amplitude (Hm)
Alto Verde Grande	530	1256	726
Médio Verde Grande - Trecho Alto	480	947	467
Alto Gorutuba	518	1130	612
Médio e Baixo Gorutuba	455	1820	1365
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	399	859	460
Alto Verde Pequeno	499	1615	1116
Baixo Verde Pequeno	444	1252	808
Baixo Verde Grande	431	598	167
Bacia do Rio Verde Grande	**399**	**1820**	**1421**

Declividade Média (H)

O quadro abaixo (Quadro 4.4) apresenta as declividades máximas, mínimas e média (H) por sub-bacia, calculadas através de ferramentas de geoprocessamento. A variação da declividade na bacia é apresentada no mapa a seguir.

Quadro 4.4 – Declividade Média das Unidades de Estudo (H).

Sub-Bacia	Máxima (%)	Mínima (%)	H (%)
Alto Verde Grande	59.4	0	29.7
Médio Verde Grande - Trecho Alto	59.27	0	29.635
Alto Gorutuba	69.04	0	34.52
Médio e Baixo Gorutuba	74.84	0	37.42
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	58.83	0	29.415
Alto verde Pequeno	68.93	0	34.465
Baixo Verde Pequeno	52.85	0	26.425
Baixo Verde Grande	36.87	0	18.435



Mapa 4.1 – Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. .

Hipsometria

A hipsometria representa a variação do relevo da bacia tendo como o nível do mar. O mapa a seguir indica esta variação por sub-bacia.

Declividade de álveo (S)

A declividade de um curso d'água, entre dois pontos, pode ser obtida dividindo-se a amplitude de elevação do leito pela extensão horizontal entre esses dois pontos. Essa característica física relaciona-se com a velocidade de escoamento dos rios, uma vez que, quanto maior a declividade, mais rápido é o escoamento em seu leito. O Quadro 4.5 abaixo resume a declividade dos cursos principais das bacias.

Quadro 4.5 – Declividade dos cursos d'água nas Sub-Bacias (m/km).

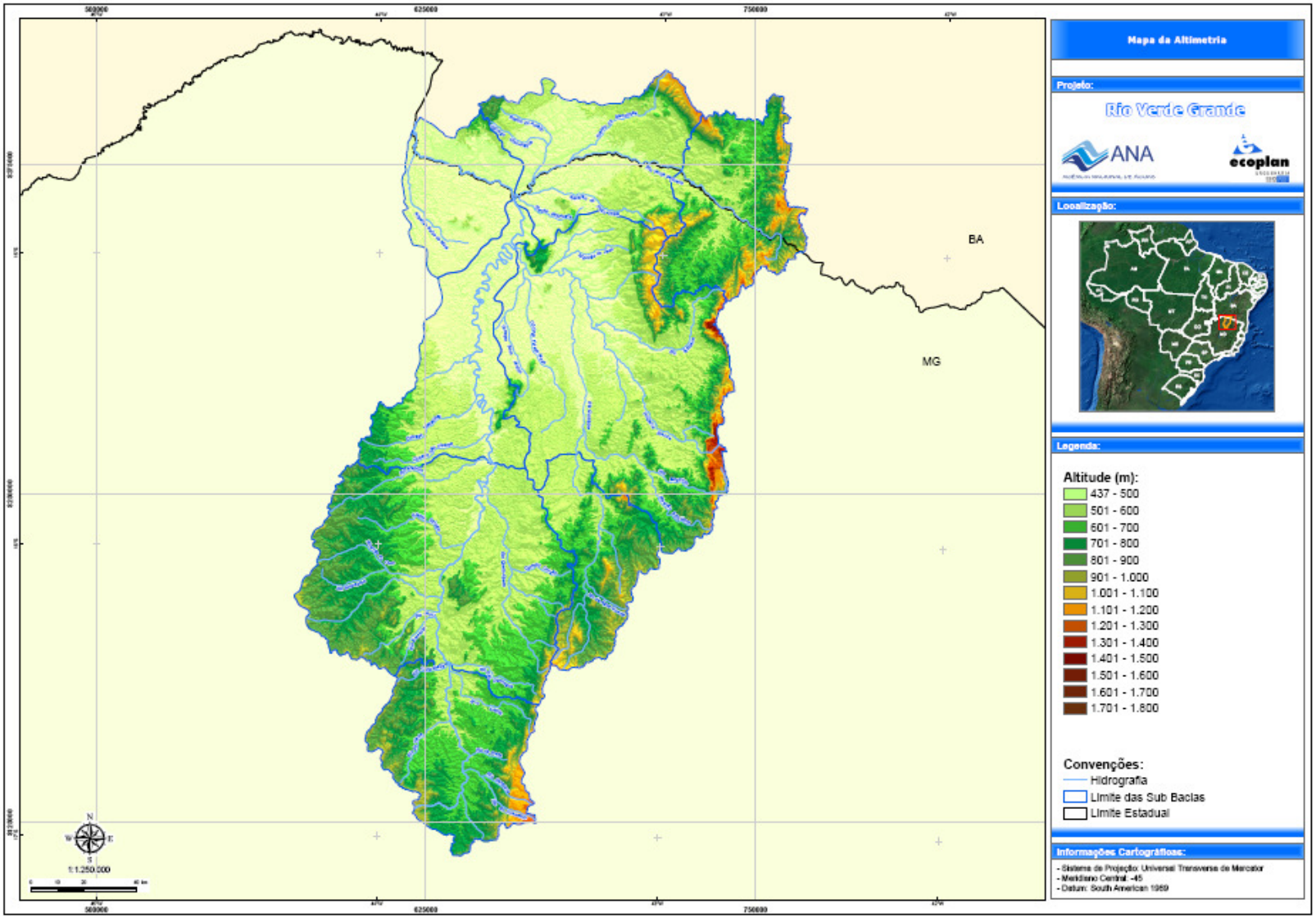
Sub-Bacia	Cota de Montante	Cota de Jusante	Distância Plana (d)	Declividade do curso d'água
	(m)	(m)	(km)	S = ΔH/d
Alto Verde Grande	950	500	46,70	9,64
Médio Verde Grande - Trecho Alto	500	450	77,64	0,64
Alto Gorutuba	1050	500	82,23	6,69
Médio e Baixo Gorutuba	500	455	81,92	0,55
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	450	400	100,31	0,50
Alto Verde Pequeno	1100	500	46,94	12,78
Baixo Verde Pequeno	500	400	64,96	1,54
Baixo Verde Grande	400	400	46,69	0,00

4.1.4. Sistema de Drenagem

Índice de Sinuosidade (IS)

O grau de sinuosidade de um curso d'água é, também, um fator controlador da velocidade de escoamento. A sinuosidade é determinada dividindo-se o comprimento do rio principal (L) pela distância entre os pontos de montante e jusante (*d*) do rio.

Valores próximos à unidade (*IS* = 1) indicam canais retilíneos e valores iguais ou superiores a 1,5 (IS ≥ 1,5) indicam canais meândricos. O Quadro 4.6 apresenta os índices de sinuosidade para as unidades de estudo adotadas.



Mapa 4.2 – Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Quadro 4.6 – Índice de Sinuosidade da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Sub-Bacia	Rio Principal	Comprimento (*L*)	Distância Plana (d)	Sinuosidade
		(km)	(km)	*(IS)*
AVG	Verde Grande	85,12	46,70	1,82
MVG-TA	Verde Grande	146,00	77,64	1,88
AG	Gorutuba	141,81	82,23	1,72
MBG	Gorutuba	140,89	81,92	1,72
MVG-TB	Verde Grande	233,69	100,31	2,33
AVP	Verde Pequeno	69,67	46,94	1,48
BVP	Verde Pequeno	95,64	64,96	1,47
BVG	Verde Grande	81,10	46,69	1,74
Bacia do Rio Verde Grande	**Verde Grande**	**577,75**	**269,29**	**2,15**

Observa-se que as bacias do Rio Verde Pequeno apresentam os canais mais retilíneos das unidades adotadas, porém encontra-se bem próximo ao limite de 1,5 para esta classificação. Os demais trechos da bacia são considerados meândricos de acordo com este índice.

Densidade da drenagem (Dd)

É calculada dividindo-se o somatório dos comprimentos de todos os rios da bacia ($\sum Lr$) pela área da bacia (A). Este índice indica a eficiência da drenagem na bacia variando de 0.5 km/km^2, para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km^2 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas (Villela e Mattos, 1936)[2].

O Quadro 4.7 apresenta a Densidade de Drenagem (Dd) das sub-bacias e seus respectivos graus de eficiências de drenagem.

Extensão média do escoamento superficial

A extensão média do escoamento superficial (ℓ) na bacia é calculada a partir da área de drenagem e do somatório dos comprimentos de todos os rios presentes na bacia, pela seguinte equação:

$$\ell = \frac{1}{4Dd} \text{ onde, } Dd = \frac{\sum Lr}{A}$$

Logo,

[2] Villela, S.M.; Mattos, A. 1936. Hidrologia Aplicada. Ed. McGraw-Hill do Brasil. 245p.

$$\ell = \frac{A}{4\sum Lr} \qquad \textbf{Eq.4.1}$$

Este índice representa a distância média em que a água precipitada sobre a bacia teria que escoar caso este escoamento se desse em linha reta, desde o ponto de precipitação até o ponto mais próximo do leito de um curso d'água qualquer.

A extensão média do escoamento superficial nas unidades de segmentação adotadas é apresentada no Quadro 4.7 abaixo:

Quadro 4.7 – Densidade de Drenagem (*Dd*) e Extensão média do escoamento superficial (ℓ) da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Sub-Bacia	*A* (km²)	Número de trechos de rios	∑*Lr* (km)	*Dd* (km/km²)	ℓ (km)
AVG	3097,75	1224	2331,19	0,75	0,33
MVG-TA	7102,22	3112	4398,37	0,62	0,40
AG	2132,87	4912	3285,84	1,54	0,16
MBG	7715,33	7176	6623,72	0,86	0,29
MVG-TB	3161,10	190	859,34	0,27	0,92
AVP	2898,52	2664	2961,27	1,02	0,24
BVP	3367,74	555	1366,23	0,41	0,62
BVG	1934,11	55	381,98	0,20	1,27
Verde Grande	**31409,64**	**19888**	**22207,96**	**0,71**	**0,35**

Ordem do rio principal

Seguindo os critérios de classificação de rios segundo Strahler (1964)[3], são considerados rios de primeira ordem aqueles que não possuem tributários. Canais de segunda ordem são formados pela união de dois rios de primeira ordem, enquanto canais de terceira ordem surgem a partir da junção de dois de segunda ordem, e assim sucessivamente de maneira que: a junção de dois rios de ordem n dá origem a um rio de ordem $n+1$.

Na bacia do Verde Grande foi utilizada essa classificação para todos os trechos de rios. A bacia possui três rios principais, a saber: Rios Gorutuba e Verde Pequeno, afluentes do Rio Verde Grande. O rio Verde Pequeno atinge a ordem 6 de acordo com a classificação de Strahler, já o Gorutuba e Verde Grande alcançam a ordem 8 ao longo do seu percurso.

[3] STRAHLER, A.N. 1964."Quantitive geomorfology of dranaige basins na channel networks". In: CHOW, Ven Te – Handbook of Applied hydrology. New York, McGraw-Hill Book

Relação de Bifurcação e Relação dos Comprimentos

As Relações de Bifurcação (Rb) e dos Comprimentos (Rl) são relações empíricas que procuram representar a totalidade da rede de drenagem nas bacias. São obtidas através das seguintes expressões:

$$Rb = \frac{Nn}{N(n+1)} \qquad \textbf{Eq.4.2}$$

$$Rl = \frac{\sum Ln}{\sum L(n-1)} \qquad \textbf{Eq.4.3}$$

Onde N representa o número de rios em determinada ordem (n, n+1) e L o comprimento dos rios na ordem (n) e na ordem (n-1) imediatamente inferior.

Feita a classificação dos trechos de rios para toda a Bacia do Rio Verde Grande, o número de trechos de mesma ordem e respectivo somatório de seus comprimentos foram agrupados por unidade de estudo e apresentados a seguir Quadro 4.8 e Quadro 4.9).

Quadro 4.8 – Números de trechos de rios em cada ordem, de acordo com a classificação de Strahler, na Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Sub-Bacia	Número de trechos de rios por ordem							
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
AVG	616	316	160	61	70	1	0	0
MVG-TA	1561	734	369	293	99	53	3	0
AG	2464	1136	647	387	153	55	70	0
MBG	3603	1781	957	372	248	124	55	36
MVG-TB	94	49	14	4	0	0	21	8
AVP	1336	643	326	228	109	22	0	0
BVP	277	134	64	59	0	21	0	0
BVG	27	15	2	0	0	0	0	11
Verde Grande	**9978**	**4808**	**2539**	**1404**	**679**	**276**	**149**	**55**

Quadro 4.9 – Comprimento total dos trechos de rios de mesma ordem da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Sub-Bacia	Soma dos comprimentos de trechos de mesma ordem							
	∑L1	∑L2	∑L3	∑L4	∑L5	∑L6	∑L7	∑L8
AVG	1306,38	529,62	230,71	116,44	144,87	3,16	0,00	0,00
MVG-TA	2275,95	874,48	471,51	416,72	120,83	226,77	12,11	0,00
AG	2075,28	533,50	290,36	199,47	75,82	31,26	80,15	0,00
MBG	3462,93	1433,19	788,29	318,43	212,53	187,50	89,75	131,09
MVG-TB	378,71	177,20	43,81	25,38	0,00	0,00	208,03	26,22

Sub-Bacia	Soma dos comprimentos de trechos de mesma ordem							
	∑L1	∑L2	∑L3	∑L4	∑L5	∑L6	∑L7	∑L8
AVP	1609,78	602,25	346,33	219,30	137,02	46,60	0,00	0,00
BVP	621,90	312,67	160,90	175,31	0,00	95,45	0,00	0,00
BVG	204,98	85,07	13,73	0,00	0,00	0,00	0,00	78,20
Verde Grande	**11935,91**	**4548,00**	**2345,64**	**1471,05**	**691,07**	**590,73**	**390,04**	**235,52**

Os quadros a seguir (Quadro 4.10 e Quadro 4.11) apresentam respectivamente as relações de bifurcação e de comprimentos para cada seqüência de ordem, e a relação média por sub-bacia. E o Quadro 4.12, mostra a relação entre estes dois índices.

Quadro 4.10 – Relação de bifurcação da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Bacia	Nn/N(n+1)							Rb
	1 e 2	2 e 3	3 e 4	4 e 5	5 e 6	6 e 7	7 e 8	
AVG	1.95	1.98	2.62	0.87	-	-	-	**1.85**
MVG-TA	2.13	1.99	1.26	2.96	1.87	-	-	**2.04**
AG	2.17	1.76	1.67	2.53	2.78	0.79	-	**1.95**
MBG	2.02	1.86	2.57	1.50	2.00	2.25	1.53	**1.96**
MVG-TB	1.92	3.50	3.50	-	-	-	2.63	**2.89**
AVP	2.08	1.97	1.43	2.09	4.95	-	-	**2.51**
BVP	2.07	2.09	1.08	-	-	-	-	**1.75**
BVG	1.80	7.50	-	-	-	-	-	**4.65**
VG	2.08	1.89	1.81	2.07	2.46	1.85	2.71	**2.12**

Quadro 4.11 – Relação de comprimentos da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Bacia	∑Ln/∑L(n-1)							RI
	2 e 1	3 e 2	4 e 3	5 e 4	6 e 5	7 e 6	8 e 7	
AVG	0.41	0.44	0.50	1.24	-	-	-	**0.65**
MVG-TA	0.38	0.54	0.88	0.29	1.88	-	-	**0.79**
AG	0.26	0.54	0.69	0.38	0.41	2.56	-	**0.81**
MBG	0.41	0.55	0.40	0.67	0.88	0.48	1.46	**0.69**
MVG-TB	0.47	0.25	0.58	-	-	-	0.13	**0.36**
AVP	0.37	0.58	0.63	0.62	0.34	-	-	**0.51**
BVP	0.50	0.51	1.09	-	-	-	-	**0.70**
BVG	0.42	0.16	-	-	-	-	-	**0.29**
VG	0.38	0.52	0.63	0.47	0.85	0.66	0.60	**0.59**

Quadro 4.12 – Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação da Bacia e Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Bacia	RI	Rb	RI/Rb
AVG	0.65	1.85	0.35
MVG-TA	0.79	2.04	0.39
AG	0.81	1.95	0.41
MBG	0.69	1.96	0.35
MVG-TB	0.36	2.89	0.12
AVP	0.51	2.51	0.20
BVP	0.70	1.75	0.40
BVG	0.29	4.65	0.06
VG	0.59	2.12	0.28

Coeficiente de rugosidade (RN) e Tempo de Concentração (Tc)

É calculado multiplicando-se a Densidade de drenagem (Dd) pela declividade média da Bacia (H). O Coeficiente de Rugosidade por sub-bacia é apresentado no a seguir (Quadro 4.13).

$$RN = H * Dd \qquad \textbf{Eq.4.4}$$

Quadro 4.13 – Coeficiente de Rugosidade das sub-bacias do Rio Verde Grande.

Sub-Bacia	Dd (km/km2)	H (%)	RN
Alto Verde Grande	0.75	29.70	0.22
Médio Verde Grande - Trecho Alto	0.62	29.64	0.18
Alto Gorutuba	1.54	34.52	0.53
Médio e Baixo Gorutuba	0.86	37.42	0.32
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	0.27	29.42	0.08
Alto verde Pequeno	1.02	34.47	0.35
Baixo Verde Pequeno	0.41	26.43	0.11
Baixo Verde Grande	0.20	18.44	0.04

O Tempo de Concentração é definido como o tempo necessário para que toda a bacia hidrográfica esteja contribuindo para sua seção de saída. Este parâmetro é muito utilizado no cálculo de chuvas e hidrogramas de projeto. Dentre as diversas equações propostas, a equação do Corps of Engineers apresenta um bom

desempenho quando aplicado em bacias rurais (Silveira, 2005)[4]. Esta equação é dada por:

$$Tc = 0{,}191 \cdot L^{0{,}76} \cdot S^{-0{,}19} \qquad \textbf{Eq.4.5}$$

onde L é o comprimento do rio principal em km e S é a declividade em m/m.

O Quadro 4.14 apresenta o tempo de concentração calculado por sub-bacia para a bacia hidrográfica do Rio Verde Grande.

Quadro 4.14 – Tempo de Concentração das Unidades de Estudo.

Sub-Bacia	Rio Principal	Comprimento (*L*) (km)	H (%)	Tc (h)
Alto Verde Grande	Verde Grande	85.12	29.70	7.05
Médio Verde Grande - Trecho Alto	Verde Grande	146.00	29.64	10.62
Alto Gorutuba	Gorutuba	141.81	34.52	10.09
Médio e Baixo Gorutuba	Gorutuba	140.89	37.42	9.89
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	Verde Grande	233.69	29.42	15.21
Alto verde Pequeno	Verde Pequeno	69.67	34.47	5.88
Baixo Verde Pequeno	Verde Pequeno	95.64	26.43	7.87
Baixo Verde Grande	Verde Grande	81.10	18.44	7.44

4.2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

4.2.1. Base de Dados e Procedimentos Metodológicos

Para a identificação e representação cartográfica das unidades litoestratigráficas presentes na área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Verde Grande, foram analisados mapeamentos e estudos geológicos realizados na região, em diversas escalas, notadamente aqueles elaborados pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Dentre os principais levantamentos de abrangência regional avaliados, destacam-se:

- Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas SE23 Belo Horizonte, SD23 Brasília , escala 1:1.000.000, CPRM (2004);
- Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000, COMIG/CPRM (2003);

[4] Silveira, A.L.L. 2005. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 1, 5-23.

- Projeto Espinhaço, escala 1:500.000, CODEMIG/UFMG (2007, reedição[5]);
- Projeto São Francisco, escala 1:100.000 CPRM (2003);
- Projeto Radambrasil, escala 1:1.000.000, Folha SD.23 Brasília (1982).

Na caracterização da bacia do rio Verde Grande foram priorizados os dados do levantamento geológico na escala 1:1.000.000, complementados com os dados dos Projetos São Francisco e Espinhaço, promovendo a compatibilização das informações constantes nos respectivos projetos. Esses levantamentos também forneceram informações sobre os recursos minerais associados às unidades litoestratigráficas ocorrentes na região. Dados complementares sobre o arcabouço geotectônico e aspectos litoestruturais foram obtidos a partir de estudos realizados por pesquisadores das Universidades Federais de Minas Gerais e Ouro Preto.

A caracterização geológica, descrita a seguir, aborda os domínios tectono-estruturais da bacia do rio Verde Grande, as unidades litoestratigráficas associadas e os seus recursos minerais.

4.2.2. Aspectos Geotectônicos Regionais

A bacia do rio Verde Grande está inserida nos domínios do Cráton do São Francisco (CSF), entidade tectônica do Ciclo Brasiliano (ALMEIDA, 1977[6]), ou seja, é uma das porções da Plataforma Sul-americana que não foram envolvidas nos processos orogênicos durante o Neoproterozóico (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001[7]). O CSF e os demais núcleos cratônicos da Plataforma Sul-americana representam porções interiores e relativamente estáveis de paleoplacas continentais que, aglutinadas ao final do Proterozóico, vieram a constituir a parte ocidental do supercontinente de Gondwana (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001).

As justaposições da América do Sul com a África nas reconstruções da Gondwanalândia (PORADA, 1989)[8] indicam que o CSF possui uma contraparte africana e com ela constituiu uma única peça até o surgimento do Atlântico no Cretáceo. O embasamento do cráton consolidou-se ao término do Ciclo Transamazônico e é caracterizado por todo o conjunto de rochas de idade maior que 1,8 Ga, sendo constituído em maior parte por rochas arqueanas com participação significativa de rochas de filiação mantélica paleoproterozóica, além de uma seqüência do tipo *greenstone belt*, denominada de Supergrupo Rio das Velhas.

---

[5] COMIG/Companhia Mineradora de Minas Gerais; UFMG/Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. Projeto Espinhaço. Em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, Reedição

[6] Almeida, F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, 7:349-364

[7] Alkmim, F. F.; Martins-Neto, M.A. 2001. A Bacia Intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e Cenários Evolutivos. In Martins – Neto M. A; Pinto C. P. (ed.). A Bacia do São Francisco – Geologia e Recursos Naturais. SBG/MG, Belo Horizonte, 9-30.

[8] Porada, H. 1989. Pan-African Rifting and Orogenesis in Southern to Equatorial África and Eastern Brazil. Precambrian Res., 44: 3-136.

As principais unidades supracrustais do Cráton do São Francisco são o Supergrupo Espinhaço de idade paleo/mesoproterozóica e unidades correlatas, o Supergrupo São Francisco de idade neoproterozóica, o Grupo Santa Fé de idade permo-carbonífera, além dos Grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia, de idade cretácea (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001).

Os limites do cráton são definidos pelos cinturões orogênicos neoproterozóicos que possuem vergência para o interior do cráton. Estes cinturões são denominados da seguinte forma: a leste, Cinturão Araçuaí; a oeste e sul, a Faixa Brasília; a noroeste a Faixa Rio Preto e, a norte, as Faixas Riacho do Pontal e Sergipana (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

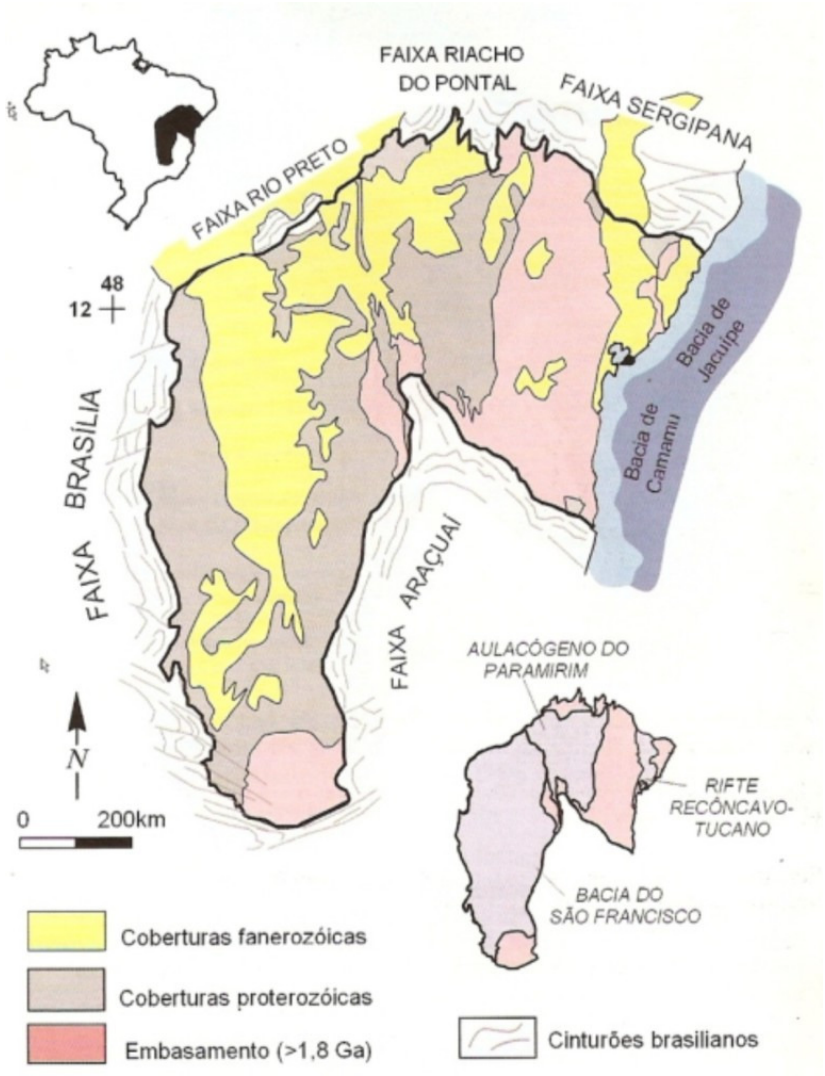


Figura 4.1 – Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (Modificado de ALKMIM, 2004[9])

[9] Alkmim, F. F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito-Neves, B. B. (eds.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Ed. Beca, 17-35

Em uma grande área do setor central do CSF as unidades pré-cambrianas acham-se indeformadas, diferentemente das porções próximas aos limites do cráton, que se apresentam um pouco deformadas. Caracterizam-se, desta forma, três compartimentos estruturais no cráton (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**): *i*) um compartimento a oeste, que corresponde à porção externa das Faixas Brasília e Rio Preto; *ii*) um compartimento central no qual os sedimentos do Supergrupo São Francisco encontram-se indeformados; *iii*) um compartimento leste, que corresponde à porção externa da Faixa Araçuaí.

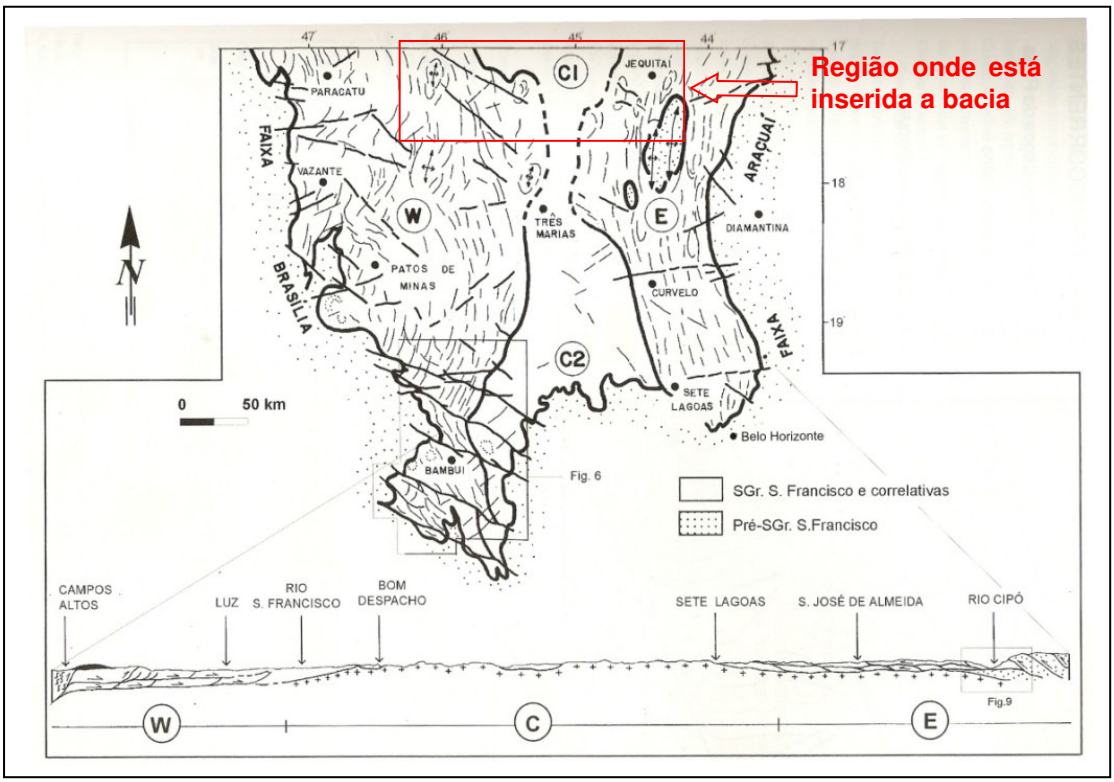


Figura 4.2 – Mapa estrutural simplificado das unidades pré-cambrianas na porção sul da Bacia do São Francisco, W compartimento oeste, C compartimento central, E compartimento leste (modificado de ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001)

Compartimento Central

As rochas que se encontram nesta porção pertencem exclusivamente ao Supergrupo São Francisco, sendo que a característica marcante é a deformação insignificativa das rochas (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001). Os elementos estruturais presentes neste compartimento são influenciados pelo tectonismo dos cinturões orogênicos Araçuaí, a leste, e Brasília a oeste. Estas faixas provocaram esforços que geraram estruturas de vergências, preferencialmente, nas direções NE-SW (Faixa Brasília) e NW-SE (Faixa Araçuaí). Este mosaico estrutural gerou em cada tipo de litologia deformações próprias, que variam em função da composição das rochas e sua distância em relação ao evento tectônico. Assim, observam-se estruturas como dobras e falhas nas regiões de borda do cráton, sendo que nas regiões mais centrais as estruturas estão horizontalizadas, com descolamento basal

das unidades, marcando uma deformação menos intensa em relação à zona periférica da bacia.

Compartimento Oeste (porção externa a Faixa Brasília)

Este compartimento representa um cinturão de dobramentos e cavalgamentos de antepaís (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001) subdividido em dois segmentos, sul e norte, com arcabouços estruturais e história tectônica distintos. O segmento sul foi acomodado na forma de dobras, falhas de empurrão e falhas transcorrentes, sendo que estas se orientam, preferencialmente, segundo NNE – SSW e vergem para leste. No extremo sudoeste da bacia dominam falhas transcorrentes sinistrais de direção N60°W que também afetam o embasamento na porção sul do cráton e datam tardiamente do Evento Brasiliano, por produzir uma rotação anti-horária de dobras e falhas originalmente orientadas NNE – SSW (MUZZI MAGALHÃES, 1989[10]). As estruturas dominantes do segmento norte do Compartimento Oeste formam um típico cinturão epidérmico de antepaís, envolvendo dobras de todas as escalas, falhas de empurrão e falhas transcorrentes destrais de orientação NE – SW (DARDENNE, 1978[11]; FONSECA & DARDENNE, 1993[12]).

Compartimento Leste (porção externa a Faixa Araçuaí)

As rochas pertencentes a este compartimento estrutural fazem parte dos Supergrupos Espinhaço e São Francisco, os quais estão envolvidos em um cinturão epidérmico de antepaís, vergentes para oeste. Essa cobertura pré-cambriana é isolada estruturalmente em relação ao embasamento por um deslocamento basal (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001). Nesta porção, o regime compressional da deformação gerou um metamorfismo de baixo grau nas regiões mais afastadas do limite do Cráton São Francisco e, na fácies xisto verde junto a Cordilheira do Espinhaço, onde também é verificada a marcante presença de fluídos hidrotermais (ALKMIM & MARTINS-NETO, 2001).

4.2.3. Unidades Litoestratigráficas Regionais e Aspectos Estruturais Associados

A seguir, tem-se a descrição das unidades litoestratigráficas ocorrentes na da bacia do rio Verde Grande de acordo com a cronoestratigrafia. A representação cartográfica dessas unidades consta do Mapa Geológico da bacia do rio Verde Grande, apresentado na escala 1:500.000.

a) Arqueano

10 Muzzi Magalhães, P. 1989. Análise estrutural qualitativa das rochas do Grupo Bambuí, na porção sudoeste da Bacia do São Francisco. Dissertação de mestrado, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 100p
11 Dardenne, M. A. 1978. Zonação tectônica na borda ocidental do Cráton São Francisco. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, XXX, Recife, Anais, 1: 299-308.
12 Fonseca, M. A.; Dardenne, M. A. 1993. Sistemas de falhamentos transcorrentes na porção norte da Faixa de Dobramentos Brasília. In: SBG/BA-SE, SGM/BA, Simpósio do Cráton do São Francisco, II, Salvador, Anais,280-282.

O embasamento do cráton é constituído por rochas e traços tectônicos mais velhos que 1,8 Ga. Estudos recentes determinaram a discriminação de duas feições tectônicas no embasamento (ALKMIM, 2004), sendo uma referente ao Cinturão Mineiro (TEIXEIRA et al., 1996[13]), situado no extremo sul do cráton, abarcando o Quadrilátero Ferrífero e adjacências, e outra ao norte do cráton, envolvendo parte do substrato do Aulacógeno do Paramirim. Este último terá destaque neste trabalho, pois se trata da porção aflorante do embasamento na área de estudo.

Complexo Santa Izabel

Este complexo ocorre ao longo de uma faixa norte-sul bordejando a Serra do Espinhaço Ocidental, sendo constituído por gnaisses e migmatitos com inclusões paleossomáticas de rochas básicas e ultrabásicas e bolsões neossomáticos de composição granítica e sienítica. BRITO NEVES et al. (1980)[14] sugerem a interpretação do Complexo Santa Isabel como uma zona de raiz de um antigo *greenstone belt*, metamorfizado ao final do Arqueano na fácies granulito. Este complexo alonga-se na direção norte do sul da parte oriental da bacia do rio Verde Grande, próximo aos municípios de Espinosa, Mamonas e Monte Azul.

Complexo Porteirinha

Ocupa a parte central da estrutura antiformal da Serra do Espinhaço na região dos municípios de Serranópolis/MG e Catuti/BA, sendo flanqueado pelos metassedimentos dos Supergrupos Espinhaço e São Francisco (NOCE et al., 2007[15]). Esse complexo é composto por gnaisses bandados de composição granodiorítica, localmente migmatizados, com intercalações de anfibolitos e metaultramáficas. Também ocorre uma seqüência metavulcano-sedimentar caracterizada por xistos aluminosos, xistos quartzo-feldspáticos, anfibolitos e metaultramáficas (ROQUE et al., 1997[16]). Não são disponíveis datações para este complexo, entretanto, ROSA et al. (2000)[17] o associam ao Batólito de Guanambi, datado em 2050 Ma, e ao Complexo Santa Izabel, com idade de 3050 Ma.

[13] Teixeira, W.; Carneiro, M. A.; Noce, C. M.; Machado, N.; Sato, K.; Taylor, P. N. 1996. Pb, Sr, and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. Precambrian Research, 78:151-164.

[14] Brito-Neves, B. B.; Cordani, U. G.; Torquato, J. R .F. 1980. Evolução geocronológica do precambriano do Estado da Bahia. In: H.A.V. Inda & F.B. Duarte (eds.), Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia, Salvador, CPM-SME BA, v.3, p. I -101 (Textos Básicos).

[15] Noce C. M.; Pedrosa-Soares A. C.; Grossi-Sad J. H.; Baars F. J. Guimarães M.L.V.; Mourão M.A.A.; Oliveira M.J.R.; Roque N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica. In: Simp. Geol. Minas Gerais, 9. Ouro Preto, 1997. Anais... Ouro Preto, SBG/MG, Bol. 14, p. 29-31

[16] Roque, N. C.; Grossi-Sad, J. H.; Noce, C. M. et al. Geologia da Folha Rio Pardo de Minas - SD-23. Z.D.V. In: Grossi-Sad, J.H .; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. et al. (Coords.) Projeto Espinhaço em CD-ROM. Belo Horizonte: COMIG, 1997. p. 125-221

[17] Rosa, M. L. S.; Conceição, H.; Oberli, F.; Meir, M.; Martin, H.; Macambira, M. J. B.; Santos, E. B.; Paim; M. M.; Leahy, A. S.; Leal, L. R. B. 2000. Geochronology (U-Pb/Pb-Pb) and isotopic signature (Rb-Sr/Sm-Nd) of the Paleoproterozoic Guanambi Batholith, southwest Bahia State (NE Brazil). Rev. Bras. Geociênc., 30:62-65.

Seqüências Metavulcanossedimentares

Urandi

Esta seqüência, ocorrente nas proximidades da cidade de Urandi, foi descrita inicialmente por INDA & BARBOSA (1978)[18]. De acordo com esses autores, esta seqüência vulcanossedimentar possui pequenas dimensões e está fortemente deformada com direções axiais N-NE. MORAES et al. (1980)[19] citam a presença de gnaisses com freqüentes lentes de anfibolitos, quartzitos ferruginosos e micaxistos e formação ferrífera associada. FERNANDES et al. (1982)[20] descrevem a seqüência Urandi como uma seqüência vulcanossedimentar de pequena área aflorante e enfatizam a presença de granitos em seu interior.

Licínio de Almeida

Ocorre na margem leste da Cordilheira do Espinhaço, nas redondezas dos municípios de Espinosa e Urandi. SOUZA et al. (1986)[21] definem esta seqüência como um conjunto de litologias de baixo grau de metamorfismo, no qual foram reconhecidos xistos aluminosos e metassedimentos pelíticos e químicos. A inexistência de litótipos de natureza comprovadamente vulcânica constitui uma das dificuldades de compará-lo a seqüências do tipo *greenstone belt*. De acordo com ROCHA (1990[22]), a seqüência resultou de uma sedimentação psamítico-pelítico-química, em uma bacia epicontinental arqueana/proterozóica, sem vulcanismo proximal. O mesmo autor descreve importantes depósitos de manganês relacionados com formações ferríferas e ocorrências de ouro ao longo de zonas de cisalhamento nos sedimentos químicos, estando estes lineamentos relacionados à bacia rifte paleo-mesoproterozóica do Espinhaço.

Riacho dos Machados

A seqüência metavulcanossedimentar de Riacho dos Machados localiza-se na região norte do Estado de Minas Gerais, nas proximidades do município homônimo, e está inserida em rochas da Faixa de Dobramentos Araçuaí, borda leste do Cráton São Francisco (LOBATO & PEDROSA-SOARES, 1993[23]). Esta seqüência é composta por rochas máficas e ultramáficas, xistos aluminosos e por rochas quartzo feldspáticas, estas se destacando como hospedeiras de depósitos auríferos associados a zonas de cisalhamento dúcteis. Características texturais, mineralógicas

[18] Inda, H. A. V.; Barbosa, J. F. 1978. Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000. Salvador, SME/CPM, 137 p.

[19] Moraes, L. C.; Martins, A. A.; Sampaio, A. R.; Gil, C. A.; Andrade Filho, E. L.; Aracanjo, J. B.; Lima, R. C.; Oliveira, R. B.; Margalho, R. S. F. X. 1980. Projeto Brumado-Caetité; Relatório Final, 1ª Fase. Salvador, CPRM, 9v. (inédito).

[20] Fernandes, P. E. C. A.; Montes, M. L.; Braz, E. R. C.; Montes, A. S. L.; Silva, L. L.; Oliveira, F. L. L.; Ghignone, J. I. Siga Jr., O.; Castro, H. E. F. 1982. Geologia, Folha SD.23 - Brasília. In: Projeto Radambrasil - Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, DNPM

[21] Souza, S. L.; Froes, R. J. B.; Moraes, A. M. V. 1986. Nova concepção sobre a evolução tectônica do Espinhaço Setentrional. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, Anais, v. 3, p. 1176-1190.

[22] Rocha, G. M. F. 1990. Caracterização da fácies ferrífera de Boquira, encaixante da mineralização de chumbo-zinco.In: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: textos básicos. Salvador, 1990, vol. 8.

[23] Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. P. Recursos minerais do Cráton do São Francisco e faixas marginais em Minas Gerais: Síntese e subdivisão em unidades. metalogeneticas. Geonomos, v. 1, n. 1, p. 51-63, 1993

e geoquímicas levam a sugerir um folhelho como protótipo da unidade de xistos aluminosos e para as rochas quartzo feldspáticas uma provável filiação vulcânica ácida (FONSECA et al., 1991[24]).

b) Proterozóico

b1) Paleoproterozóico

Suíte Monzossienítica Guanambi

O batólito é descrito como um corpo monzossienítico, intrusivo em ortognaisses, composto por múltiplas intrusões de monzonito, quartzo monzonito, quartzo sienito e sienito alcalino (ROSA et al., 1996). Exibe texturas equigranular e porfirítica, localmente apresenta foliação de fluxo magmático e só está deformado no estado sólido (foliação milonítica) ao longo de bandas de cisalhamento de direção N-S (BIZZI et al., 2003[25]). Assinaturas istotrópicas indicam origem relacionada com uma fonte mantélica enriquecida (PAIM, 1998[26]; ROSA, 1999). Alternativamente, TEIXEIRA (2000) interpreta essas rochas como resultantes de um magma híbrido. Outro corpo de destaque na área é o maciço sienitíco Cara Suja, localizado nas proximidades da cidade de Sebastião Laranjeiras-BA, o qual é descrito como plutônico porfirítico de filiação alcalina (SILVEIRA & CUNHA, 1997[27]).

b2) Mesoproterozóico

Supergrupo Espinhaço

O nome Supergrupo Espinhaço é adotado para as seqüências predominantemente quartzíticas que constituem a cordilheira homônima. O cinturão orogenético que contém a Serra do Espinhaço Meridional delimita o sudeste do Cráton do São Francisco e funde-se, para nordeste, com a Faixa Araçuaí. Trata-se de uma faixa orogênica que se destaca em relação às suas margens devido ao seu conjunto de rochas soerguidas a 1,85 Ga (MACHADO et al., 1989[28]) e ao seu alinhamento estrutural na direção norte-sul.

O Supergrupo Espinhaço é divido em dois segmentos geográficos relacionados com a sua geologia: a Serra do Espinhaço Meridional, que se estende por cerca de 300 km, desde o Quadrilátero Ferrífero até a região de Olhos D'água em Minas Gerais, e a Serra do Espinhaço Setentrional, esta situada no Estado da Bahia

[24] Fonseca, E.; Lobato, L. M. (1991). Metamorfismo e Alteração Hidrotermal da Seqüência de Ouro Fino, Riacho dos Machados, MG. Simp. Geol. Minas Gerais, 6, Anais (Rev. Esc. Minas, Ano 56, Vol. 45, 01/02, 1992), p. 176-178

[25] Bizzi L. A., Schobbenhaus C., Vidotti R. M.; Gonçalves, J. H (eds.) Geologia, tectônica e recuros minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. CPRM, Brasília, 2003. 692 p.

[26] Paim, M. M. Petrologia da Intrusão Sienítica Potássica de Cara Suja (Sudoeste da Bahia). In: Herbet Conceição; Manoel J. M. Cruz. (Org.). Sienitos Alcalino-Potássicos e Ultrapotássicos do Estado da Bahia. Publicação Especial da Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia-Sergipe: 1998, v. 4, p. 111-141

[27] Silveira, W. P.; Cunha, J. C. 1997. Síntese da geologia do greenstone belt de Riacho de Santana. Salvador: CBPM, 1997

[28] Machado, N.; Schrank, A.; Abreu, F.R.; Knauer, L. G.; Almeida-Abreu, P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: SBG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 5/ Simpósio de Geologia de Brasília, 1, Belo Horizonte, 1989, Bol. 10:171-174

(SCHOBBENHAUS, 1996[29]). Os dois segmentos apresentam conjuntos estratigráficos distintos, descritos a seguir.

Supergrupo Espinhaço Meridional – MPsem

Este segmento é objeto de discussão por diversos autores. PFLUG (1968)[30] subdividiu o Supergrupo Espinhaço em oito formações, as quais foram reunidas nos Grupos Diamantina e Conselheiro Mata (DOSSIN et al., 1984[31]). Destes, apenas o Grupo Diamantina tem ocorrência individualizada na área em estudo, sendo descrito a seguir.

Grupo Diamantina

Este grupo ocorre na parte oriental da bacia, a leste dos municípios Serranópolis e Mato Verde. Engloba as seguintes formações:

- *Formação São João da Chapada* (SCHOLL, 1979[32]): Seqüência de metabrechas de quartzitos, metaconglomerados, filitos hematíticos e quartzitos de granulação média a grossa.

- *Formação Sopa-Brumadinho* (SCHOLL, 1979): Constituída por filitos, quartzitos micáceos, metaconglomerados polimíticos, intercalados com quartzitos de granulação grosseira.

- *Formação Galho do Miguel* (PFLUG, 1968): Seqüência monótona de quartzitos puros, de granulação fina a média.

Todo esse conjunto litoestratigráfico, metamorfizado em fácies xisto verde, mostra um padrão de deformação bastante irregular, caracterizando uma sucessão de dobras assimétricas com eixo mergulhando para N-NNE e vergência para W, além de freqüentes falhamentos E-W e N-S.

Supergrupo Espinhaço Setentrional

Este segmento, situado no Estado da Bahia, é caracterizado por dois paleoambientes deposicionais, um continental e outro marinho de origem tafrogênica. Essas unidades são caracterizadas por rochas vulcânicas, sedimentares arenosas e pelitícas, além de rochas carbonáticas. A estratigrafia adotada segue a divisão em dois grupos: Grupo Oliveira dos Brejinhos, continental, e Grupo Santo Onofre (Supergrupo São Francisco), passagem de continental para marinho

[29] Schobbenhaus, C. 1996. As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, Estado da Bahia: Revisão e novas propostas. Revista Brasileira de Geociências, 26:265-276
[30] Pflug, R; 1968. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina, Minas Gerais.DNPM, DGM, Notas prel. E estudos 142, 20 p.
[31] Dussin, I. A.; Uhlein, A.; Dossin, T. M. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço Em Sua Porção Meridional - Mg. In: XXXIII CONG.BRAS.GEOL. V. 7:3118-3132, 1984, Rio de Janeiro. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro-RJ, 1984. v. 7. p. 3118-3132
[32] Schöll, W. U.; Fogaça, A. C. C.1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 1, Diamantina,1979. Atas.Belo Horizonte. SBG p. 55-73 (Boletim, 1).

(SCHOBBENHAUS, 1996). Esta faixa é interpretada como o núcleo de uma grande estrutura anticlinória de direção N-S e caimento do eixo para sul.

Grupo Oliveira dos Brejinhos

A estratigrafia desse conjunto de litologias, aflorante a leste das cidades de Espinosa-MG e Urandi-BA, foi proposta por SCHOBBENHAUS (1996) baseada em trabalhos anteriores de SCHOBBENHAUS (1972)[33] e COSTA & SILVA (1980)[34]. Com espessura estimada em 3.000 metros, esse grupo esta localizado na região nordeste da bacia do rio Verde Grande, na divisa dos Estados da Bahia e Minas Gerais. É constituído da base para o topo pelas seguintes formações aflorantes:

- *Formação Bom Retiro:* Caracterizada por uma espessa seqüência de quartzitos e arenitos bem selecionados, com estratificações cruzadas.

- *Formação São Marcos:* Caracterizada por metarenitos muito finos a grossos, feldspáticos ou micáceos, com intercalações subordinadas de metapelitos e níveis raros de metarenito muito grosso a microconglomerático.

- *Formação Sítio Novo:* Constituída por conglomerados oligomíticos ortoquartzíticos e diamictitos arenosos, gradando para arenitos finos a muito grossos, cuja composição varia de quartzo-arenitos a arenitos feldspáticos e líticos, com estratificações cruzadas de tipos variados (UHLEIN et al., 2007[35]).

A bacia de sedimentação do Grupo Oliveira dos Brejinhos pode ser interpretada como um rift de orientação meridiana que, na sua fase inicial, esteve condicionado a um vulcanismo félsico em ambiente continental, associado a sistemas fluviais, de leques aluviais e eólicos. Em direção ao topo, a bacia grada para sistemas flúvio-deltáico a marinho de águas rasas As estruturas predominantes são lineações de direção NNW-SSE, com predomínio de zonas de cisalhamentos transcorrentes, além de cavalgamentos e dobras com vergência WSW.

b3) Neoproterozóico

<u>*Supergrupo São Francisco*</u>

Conforme PFLUG & RENGER (1973)[36], este supergrupo é constituído pelas seguintes seqüências do Proterozóico Superior (Neoproterozóico): Formação

[33] Schobbenhaus, C. 1972. Relatório geral sobre a geologia da região setentrional da Serra do Espinhaço - Bahia Central. Recife, SUDENE/DRN/DG, 91 p. (Série Geologia Regional, 19)
[34] Costa L. A. M. da; Silva, W. G. da. 1980. Projeto Santo Onofre - Mapeamento Geológico; Relatório Final. DNPM-CPRM-TRISERVICE (inédito)
[35] Uhlein, A.; Pedreira, A. J.; Caxito, F. A.; Pereira dos Santos, Y. L. O. 2007. A geologia entre Macaúbas – Canatiba (Bahia) e a estratigrafia do Supergrupo Espinhaço no Brasil central. In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste, 10, Diamantina, Anais, p. 79
[36] Pflug, R.; Renger, F. E. Estratigrafia e evolução geológica da margem SE do Craton Sanfranciscano. In: 27 Congresso Brasileiro de Geologia, 1973, Aracajú. Anais do 27 Congresso de Geologia. Aracajú, SE: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo do Nordeste, 1973. v. 2. p. 5-19

Jequitaí e Grupos Macaúbas e Bambuí em Minas Gerais e Grupo Santo Onofre na Bahia. O Supergrupo São Francisco recobre quase todo o segmento centro-sul do cráton homônimo, marcando o que alguns autores denominam "Bacia Sedimentar do São Francisco" (MARTINS NETO et al., 2001[37]).

Formação Jequitaí

KARFUNKEL & HOPPE (1988)[38] relacionam essa unidade a uma sedimentação glácio-terrestre, entretanto alguns autores revogam a sedimentação para plataforma marinha rasa glacial considerando que os sedimentos teriam sido depositados por geleiras aterradas ou flutuantes, o que explicaria a grande espessura dos diamictitos (0-120m) (UHLEIN et al., 2000)[39]. Essa unidade foi descrita em Minas Gerais na região da cidade homônima, sendo constituída basicamente de diamictitos, tilitos, varvitos e arenitos. A Formação Jequitaí ocorre na porção norte da bacia do rio Verde Grande, abrangendo áreas dos municípios de Espinosa-MG e Sebastião Laranjeiras-BA.

Grupo Macaúbas

Essa unidade foi primeiramente descrita como grupo por SCHÖLL (1973) e representa essencialmente um conjunto de rochas de origem glacial (metadiamictitos). Possui espessura variável, comumente da ordem de centenas de metros, sendo litologicamente caracterizado por metadiamictitos, geralmente maciços, com raras intercalações de quartzito e filito, e quartzitos (NOCE et al., 1997). As feições estruturais principais estão representadas por dobramentos abertos, assimétricos, com eixo variando de N10^{o}W a N30^{o}E e clivagem espaçada ou de crenulação segundo o plano axial. Também é observada crenulação N-S subhorizontal.

Grupo Santo Onofre

Esse grupo aflora em quase toda a extensão central e centro-ocidental da Serra do Espinhaço Setentrional, compreendendo seqüências de quartzitos e filitos com raras lentes de calcários. Os filitos têm proporções variadas de hematita, grafita e mais raramente óxidos de manganês. Conforme redefinido por SCHOBBENHAUS (1993)[40], o Grupo Santo Onofre corresponde às Formações Santo Onofre e Sítio Novo de INDA & BARBOSA (1978) e DOMINGUEZ (1996). Essa seqüência é marcada por um padrão estrutural de orientação preferencial NNW-SSE, no qual é caracterizado um sistema de dobras e falhas regionais com vergência dupla.

---

[37] Martins-Neto, M. A.; Pinto, C. P. 2001. A Bacia do São Francisco – Geologia e Recursos Naturais. SBG – MG, Belo Horizonte, 238p.

[38] Karfunkel, J.; Hoppe, A. Late Proterozoic Glaciation in Central-Eastern Brazil: Synthesis and model. Palacogeography, palacoclimatology, palacoecology, Amsterdam, v.65, p. 1-21, 1988

[39] Uhlein, A.; Trompete, R.; Alvarenga, C. J. S. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: the Jequitaí-Macaúbas sequence, Minas Gerais, Brazil.. In: 31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro, 2000

[40] Schobbenhaus, C. 1993. O Proterozóico Médio do Brasil com ênfase à região Centro-Leste: uma revisão. Tese de Doutoramento, Universidade de Freiburg, Freiburg, 166 p

Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí é caracterizado por uma seqüência de rochas carbonáticas alternadas com terrígenos, possuindo ambiente de sedimentação exclusivamente marinho. A idade para o Grupo Bambuí ainda é discutida. Estudos de geoquímica isotópica fornecem idades de deposição, deformação e insipiente metamorfismo no intervalo compreendido entre 750 e 600 Ma (BABINSKI et al., 1999). Estruturalmente, este grupo apresenta uma baixa deformação relacionada ao evento brasiliano, gerando estruturas de vergência NE-SW, com camadas horizontais a subhorizontais de 5° a 20° de inclinação.

Para este estudo utiliza-se a divisão estratigráfica proposta por ALKMIM & MARTINS-NETO (2001), sendo a seqüência Bambuí dividida nas seguintes formações, da base para o topo:

- *Formação Sete Lagoas:* as litologias constituintes desta formação são predominantemente metacalcarenitos e metacalcilutitos, com características de retrabalhamento, subordinadamente há metapelitos. Depositadas em plataforma rasa marinha, (MARTINS et al., 1993). Ocorre a norte da bacia nas proximidades de luiu-BA e a sul nos municípios de Montes Claros e Mirabela em Minas Gerais.

- *Formação Serra de Santa Helena:* Definida por BRANCO & COSTA (1961)[41], é representada por uma sucessão monótona de ritmitos silto-argilosos cinza esverdeados, com laminação plano-paralela, apresentando marcas onduladas de pequeno porte. Em sua porção basal encontram-se intercalações métricas de margas ou calcários impuros (SCHÖLL, 1976). Afloram com maior expressão na parte sudoeste da bacia, nas proximidades dos municípios de São João da Ponte, Varzelândia e Patis.

- *Formação Lagoa do Jacaré:* BRANCO & COSTA (1961) caracterizam-na como um pacote de intercalações cíclicas de calcarenitos oolíticos grossos, com estratificação cruzada de médio porte e estruturas do tipo *hummochy*, calcarenitos impuros finos, siltitos calcíferos, calciruditos e doloruditos. Esta formação ocorre principalmente na parte sudoeste da bacia, a leste de Montes Claros e Capitão Enéas.

- *Formação Três Marias:* SCHÖLL (1976) caracterizou esta formação como um conjunto de siltitos e arcóseos de cores verde a cinza esverdeado, sendo freqüentes pequenas lentes de margas e calcários. Esta seqüência não apresenta metamorfismo, em geral possui acamamento sub-horizontal, adquirindo forte inclinação quando afetada por falhamentos (LIMA, 2005). Essa formação é pouco aflorante na bacia, ocorrendo a leste de Jaíba e nas proximidades da confluência dos rios Verde Grande e Gorutuba.

[41] Branco, J. J. R.; Costa, M. T. 1961. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasilia. In: Instituto de Pesquisas Radioativas da Universidade Federal de Minas Gerais, Congresso Brasileiro de Geologia, XIV, Belo Horizonte, 15:1-19.

Ressalta-se que, em razão da inexistência de mapeamento geológico de detalhe, o Grupo Bambuí é apresentado indiviso em grandes extensões da bacia do rio Verde Grande.

c) Fanerozóico

c1) Mesozóico

Grupo Urucuia

Essa unidade é constituída por uma seqüência de arenitos eólicos e argilosos, com lentes de conglomerado e níveis intercalados de argila, formados em ambientes áridos, fluvial e lacustre, marcando um máximo de aridez seguido por condições de crescente de umidade (SCHOBBENHAUS et al., 1984)[42]. Alguns autores destacam esse grupo como uma formação componente do Grupo Areado (SGARBI, 2000[43]), entretanto, os últimos mapeamentos efetuados na área descrevem apenas o Grupo Urucuia na região da bacia do rio Verde Grande (Mapa Geológico de Minas Gerais, COMIG/CPRM, 2003). Os sedimentos cretáceos do Grupo Urucuia estão localizados na parte sudoeste da bacia, tendo sua distribuição controlada por um sistema de falhas de orientação NE-SW.

c2) Cenozóico

Depósitos Detríticos Lateríticos

As coberturas detríticas cenozóicas de idade indiscriminada, encontradas sobre superfícies de aplainamento correspondentes à superfície Sul-Americana, são eluviões e coluviões eventualmente associados a sedimentos aluvionares de canais suspensos, que se apresentam em graus variados de laterização. Trata-se de uma sucessão de arenitos argilosos e lamitos arenosos, intercalados com camadas de argilito, folhelho orgânico e linhito de grau de pureza muito variável. Localmente ocorrem camadas pouco espessas de arenito ferruginoso e brechas intraformais argilosas. As coberturas detríticas cenozóicas podem ser observadas em toda a bacia, principalmente na sua parte central. São descritas concreções ferruginosas preenchendo fraturas e cobertura detrito-laterítica na forma de solo laterítico residual. Material areno-argiloso, concreções ferruginosas e fragmentos de quartzo revestem estas coberturas como concentrações supergênicas de óxidos de ferro.

Depósitos Aluvionares

Os depósitos aluvionares, encontrados margeando os principais cursos d'água da região (rios Verde Grande e Gorutuba), são compostos por areias, cascalhos, siltes

[42] Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Derze, G. R.; Asmus, H. E. 1984. Geologia do Brasil; Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral,1984.
[43] Sgarbi, G. N. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, Eastern Plateau of Brazil, Revista Brasileira de Geociências, 0(3):450-452, setembro de 2000.

argilas e termos mistos, com ou sem contribuição orgânica, depositados em ambiente fluvial ao longo de calhas, planícies de inundação e terraços. Localmente, ocorrem depósitos de turfa. Nos depósitos de paleocanais recentes predominam areia com intercalações de argila e cascalho e restos de matéria orgânica. Nos depósitos residuais, associados a paleocanais fluviais, predominam areia e cascalho. Como depósitos colúvio-aluvionares recentes, recobrindo encostas resultantes da gênese da morfologia atual, estão às coberturas coluvionares. São compostas por areias silto-argilosas, com grânulos e seixos, geralmente de quartzo, quartzito e canga limonítica, com linhas de seixos (*stone line*) na base

4.3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A bacia do Verde Grande abrange a região do semi-árido brasileiro. O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é o Aw, clima tropical quente e úmido com estação seca bem acentuada, que abrange a maior parte da bacia. Ocorre também o Cwa, mesotérmico de altitude com verões quentes e chuvosos e inverno seco com temperaturas mais amenas, característico da serra do Espinhaço, na borda oriental (ANA, 2002)[44].

O regime pluviométrico na bacia é caracterizado por dois períodos bem distintos. O período chuvoso que se estende de outubro a março, quando ocorre cerca de 93% da chuva anual, e o período seco vai de abril a setembro. Na Figura 4.3 é apresentada a variação da precipitação média anual na bacia do Verde Grande, considerando o período base de 1979 a 2002. A precipitação média anual na bacia é da ordem de 866 mm, sendo que os mais altos índices se concentram nas cabeceiras da Bacia, atingindo valores anuais próximos a 1.030 mm. Esses índices vão diminuindo gradualmente em direção ao centro e na região nordeste da bacia, até atingir valores inferiores a 750 mm.

Os gráficos da Figura 4.4 apresentam as variações da temperatura média e da evapotranpiração potencial da cultura de referência, ao longo do ano, obtida com base nas normais climatológicas, referentes ao período base de 1961 e 1990, para as estações climatológicas Montes Claros (localizada no Alto Verde Grande), Janaúba (localizada no Alto Gorutuba) e Espinosa (localizada no Alto Verde Pequeno).

[44] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, **Sub-projeto 4.2A – Avaliação de mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Verde Grande.** Brasília: ANA/GEF/PNUMA/ OEA, 2002. 81p.

Quadro 4.15 – Estações Climatológicas na bacia do Rio Verde Grande.

Nome	Código	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Espinosa	83338	-42,850	-14,917	569,6
Janaúba	83395	-43,300	-15,783	516,0
Montes Claros	83437	-43,833	-16,683	646,3

As temperaturas médias na bacia variam de 19,6 ºC em Montes Claros, a 26,7 ºC em Janaúba. O período mais quente compreende os meses de outubro a março, enquanto, que as temperaturas mínimas ocorrem em junho e julho. Já as evapotranspirações variam de 91,4 mm/mês em Montes Claros a 211,1 mm/mês em Janaúba (Quadro 4.16).

Segundo ANA (2002) a evapotranspiração média anual é da ordem de 1.651 mm, sendo os meses de menor evapotranspiração de maio a julho e a umidade relativa do ar varia de 46,7 a 77,4%.

Quadro 4.16 – Valores mensais de temperatura média e evapotranpiração potencial da cultura de referência, com base nas normais climatológicas, do período de 1961 a 1990, para as estações climatológicas Montes Claros, Janaúba e Espinosa.

Variável Climática	Nome	Meses											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Média (°C)	Espinosa	24,9	23,3	25,1	24,5	23,7	22,1	21,8	23,2	24,9	25,5	25,0	24,6
	Janaúba	25,1	25,3	25,2	24,6	23,3	22,2	22,0	23,4	25,5	26,4	25,2	24,7
	Montes Claros	23,5	24,0	24,4	22,7	21,2	19,7	19,4	21,2	22,7	23,7	23,4	23,3
Evapo transpiração (mm/mês)	Espinosa	163,2	152,3	168,2	152,0	144,3	127,4	136,6	167,5	191,1	186,8	161,3	158,5
	Janaúba	166,4	170,1	177,2	174,2	156,9	142,0	145,8	170,0	195,7	211,1	171,0	156,2
	Montes Claros	147,0	143,0	149,1	127,2	117,6	91,4	98,9	128,3	151,1	152,0	129,1	133,4

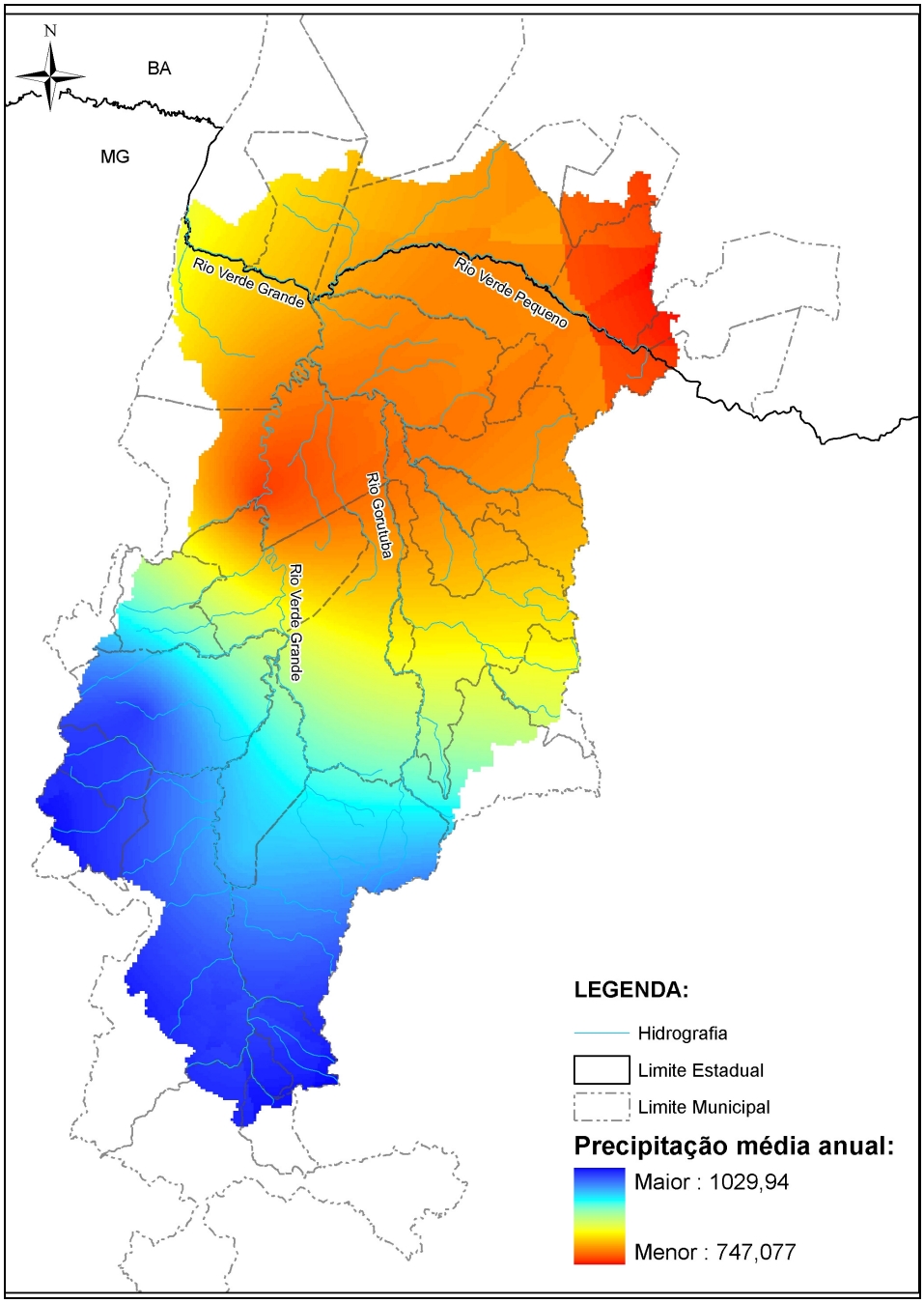


Figura 4.3 – Variação da precipitação média anual para a bacia do Verde Grande.

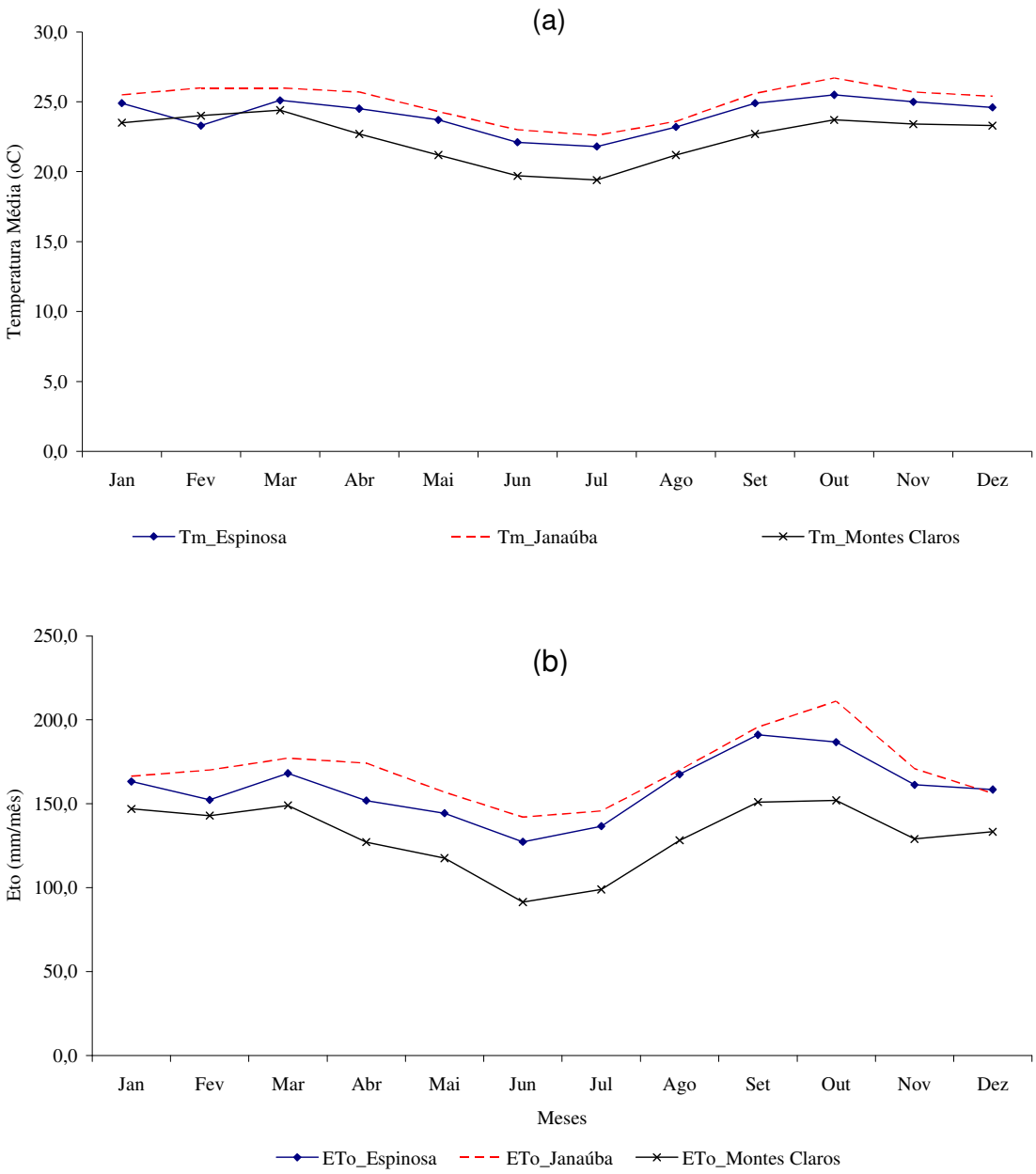


Figura 4.4 – Variação da temperatura média (a) e da evapotranspiração (b) da cultura de referência nas estações climatológicas Montes Claros (localizada no Alto Verde Grande), Janaúba (localizada no Alto Gorutuba) e Espinosa (localizada no Alto Verde Pequeno).

4.4. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA

Na Figura 4.5 é apresentado o mapa de solos da bacia do rio Verde Grande. Nesta bacia predominam os Latossolos Vermelho Amarelo e Vermelho, abrangendo 57% da área total da bacia, os Argissolos Vermelho Amarelo e Vermelho, abrangendo 26% da área total da bacia e o Neossolos, abrangendo 12% da área total da bacia.

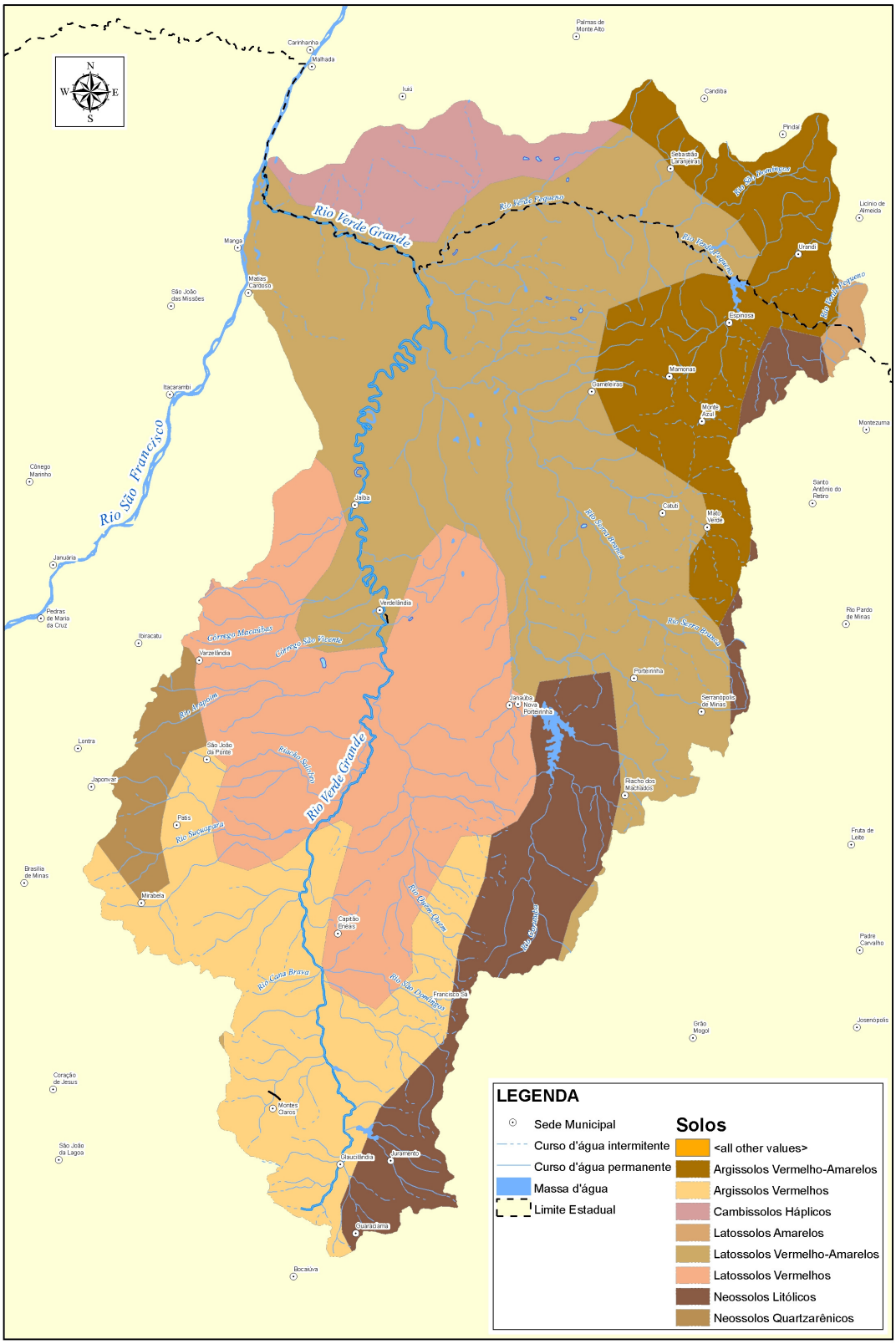


Figura 4.5 – Tipos de solo na bacia do rio Verde Grande.

Os Latossolos são caracterizados por solos profundos com estrutura granular, acentuadamente drenados, com horizonte B latossólico, muito intemperizados e praticamente sem mineral primário facilmente intemperizável. Estes solos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. Um fator limitante é a baixa fertilidade desses solos. Contudo, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícia de plantio de cultivares adaptadas, obtêm-se boas produções. Os Latossolos Vermelhos são latossolos cuja cor é igual ou mais vermelha que 2,5YR na notação de Munsell e os Latossolos Vermelho-Amarelo possuem cor laranjada, com matiz Munsell entre 2,5YR e 5YR (UFLA, 2009)[45]. O matiz amarelado é causado por um mineral chamado goethita, um óxido de ferro. Embora os Latossolos Vermelho-Amarelo geralmente tenham vários metros de profundidade, eles não são tão profundos quantos os Latossolos Vermelhos.

Os Argissolos são solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes. Têm profundidades variadas e ampla variabilidade de classes texturais. Nesses solos, constata-se grande diversidade nas propriedades de interesse para a fertilidade e uso agrícola. Problemas sérios de erosão são verificados naqueles solos em que há grande diferença de textura entre os horizontes A e B, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno (EMBRAPA, 2009)[46]. O Argissolo Vermelho distingue do Argissolo Vermelho-Amarelo por apresentar uma coloração avermelhada mais escura e teor de óxidos de ferro mais elevado.

Já os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espessos (30 cm). Os Neossolos Litólicos caracterizam por ser pouco profundos e, muitas vezes, cascalhentos. Estes são solos "jovens" que possuem minerais primários e altos teores de silte até mesmo nos horizontes superficiais. O alto teor de silte e a pouca profundidade fazem com que estes solos tenham permeabilidade. A baixa profundidade, a grande quantidade de cascalho e o relevo inclinado são impedimentos sérios à mecanização. O maior problema, no entanto, é o risco de erosão. Devido à baixa permeabilidade, sulcos são facilmente formados nestes solos pela enxurrada, mesmo quando eles são usados com pastagens. Ao contrário dos Neossolos Litólicos, os Neossolos Quartzarênicos são muito profundos. A característica principal destes solos, no entanto, é serem completamente dominados por areia. Como o nome já diz, o mineral da fração areia destes solos é o quartzo. Portanto são considerados solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo de culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação

[45] UFLA- UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Solos do Cerrado. Disponível em: http://www.dcs.ufla.br/Cerrados.

[46] EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos do Cerrado.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/ arvore/AG01_96_10112005101956.html

4.4.1. Classificação das Terras para Irrigação

O CETEC (1995)[47] classificou as terras para irrigação com base no sistema de classificação "United States Bureau of Reclamation" normalizado para as condições brasileiras, o qual adota conceitos de economia da produção para enquadrar as terras para a irrigação em seis classes distintas, apesar do fato de que a definição do número de classes, em qualquer levantamento específico, dependa sobretudo da diversidade das terras identificadas, e outros requisitos ditados pelo objetivo do levantamento. O sistema reconhece basicamente quatro classes aráveis, de acordo com a sua aptidão para a agricultura irrigada, uma classe provisória e uma última classe de terras não aráveis. Fundamentalmente o que determina a inclusão de uma terra numa classe é a chamada "capacidade de pagamento", ou seja, a expectativa de retorno pela produção (produtividade), face aos investimentos de implantação (custos de desenvolvimento), assegurando renda adequada aos usuários.

Segundo CETEC (1995) cerca de 30% da área da bacia é classificada como de terras não aráveis, 40% como aráveis e enquadradas nas classes 2 e 3 para irrigação e 30% como aráveis e enquadradas na classe 4 (usos especiais).

As terras não aráveis ocorrem, principalmente, em função da topografia acidentada e/ou solos rasos e cascalhentos e, em menor extensão, por apresentarem textura arenosa. Estas terras distribuem-se principalmente pela faixa leste da bacia (Serra do Espinhaço e adjacências), bem como no sul e sudoeste.

As terras tidas como aráveis e enquadradas nas classes 2 e 3 para irrigação, distribuindo-se predominantemente em toda a parte central e noroeste da bacia. As terras de classe 2 possuem ligeira limitação devido a deficiência de fertilidade natural, e em alguns casos devido a topografia suavemente ondulada, quanto a deficiência de drenagem. As terras de classe 3 distribuem-se de forma mais irregular que as anteriores. Possuem geralmente limitação forte devido a deficiência da fertilidade natural e, poucas vezes, associada a limitação ligeira devido à topografia. Uma boa parte destas terras, principalmente as das manchas dispersas no sul da bacia, poderão ser descartadas para o uso hidroagrícola em virtude da sua posição elevada em relação às prováveis disponibilidades hídricas.

As terras tidas como aráveis e enquadradas na classe 4 (usos especiais). Cabe porém salientar que essa classificação de uso especial indica a aspersão como método de irrigação mais adequado. Tal fato ocorre devido aos solos apresentarem textura leve e consequentemente uma capacidade de infiltração elevada o que inibe o mesmo impede a irrigação por gravidade. Portanto estas terras serão, na maioria aptas para culturas diversificadas, podendo também enquadrar-se nas classes 2 e3. Exclui-se desta regra uma única mancha de terras, incluída em classe especial para rizicultura (inundação). As terras de classe 4 distribuem-se preferencialmente na parte centro-nordeste da bacia. Outras manchas isoladas destas terras são

[47] CETEC- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Desenvolvimento metodológico para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas. Estudo de caso: Bacia do Verde Grande**. Belo Horizonte: CETEC, 28 p., 1995.

observadas ao sul e a sudoeste da área e se localizam-se, em alguns casos, numa posição muito alta em relação aos mananciais hídricos o que inibe a sua utilização

Em síntese, potencial de terras aptas para irrigação da bacia da Verde Grande é da ordem dos 70% da sua área, totalizando mais de 2.000.000 há (40% enquadrados na Classe 2 e 3 e 30% na Classe 4), enquanto a capacidade total de áreas irrigáveis, considerando-se a disponibilidade hídrica da bacia, segundo dados do Plano Integrado de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande, corresponde a 27.000 ha. Entretanto, até o ano de 2000 apenas cerca de 1,1% (22.000 ha) da área correspondente à 2.000.000 ha era irrigada (ANA, 2002)[48].

4.5. SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DOS TERRENOS

A caracterização da susceptibilidade à erosão das terras permite identificar onde ocorrem as áreas mais frágeis e sujeitas à degradação, que devem, portanto, serem utilizadas e manejadas com maior cuidado, ou mesmo preservadas ou mantidas sem utilização. O clima, o relevo, o solo, a vegetação e a interação entre eles são os fatores condicionantes naturais da intensidade da erosão em dado local. Comumente, a interferência humana acelera em muito o processo, tornando-o de difícil controle.

Projetos que tenham por finalidade a utilização dos recursos hídricos têm, necessariamente, que buscar os conhecimentos sobre a erosão na área, visto que é considerada como fonte potencial difusa, na medida em que possa provocar carreamento de sólidos e, conseqüente, assoreamento dos cursos de água.

A caracterização da susceptibilidade erosiva na área da bacia foi realizada a partir da análise dos seguintes levantamentos:

- CETEC. Estudos de erosão acelerada e de práticas conservacionistas. Programa de Desenvolvimento Rural Integrado da Região do Jequitaí/Verde Grande. 1984. Este trabalho abrange parte da bacia (42% da área da bacia) e a cartografia apresentada é municipal (Juramento, Montes Claros, Francisco Sá, Capitão Enéas, Mirabela, São João da Ponte, Varzelândia), Escala: 1: 100.000.

- Codevasf/FAO. Estimativa da erosão atual e potencial no vale do São Francisco. Relatório de Consultoria Henrique Chaves, Nov./1994

- CETEC. Estratégias de Recuperação da Bacia do rio Verde Grande. Estudos de erosão acelerada, 1991.

[48] ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.2A – Avaliação de mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Verde Grande. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/ OEA, 2002a. 81p

Está em fase final de elaboração um mapa de áreas susceptíveis à erosão para a bacia do rio Verde Grande, a ser apresentado na próxima versão deste relatório. O mapa está baseado na conjugação dos fatores naturais condicionantes do processo erosivo, como o relevo, o solo, a litologia e as chuvas.

Das cinco unidades geomorfológicas pertencentes à bacia, somente em três foram identificadas áreas susceptíveis à erosão, correspondendo 13% da superfície total da bacia.

As áreas propensas no Planalto São Francisco, ocorrem em trechos do alto curso dos rios Jacuí, ribeirão do Ouro, rio Arapoim e no alto e médio do rio Salobro, nos patamares rochosos, interflúvios e vertentes elaboradas sobre os siltitos do Grupo Bambuí capeados com Cambissolos associados aos Neossolos Litólicos. Essas formas, pela própria evolução do relevo, encontram-se as cabeceiras de drenagem, e configuram-se em áreas de instabilidade. As formas erosivas possíveis de instalar são: em lençol e sulcos e ocorrência esparsa de voçorocas nas vertentes. Nos rebordos das superfícies tabulares constituídas de rochas areníticas ou nas áreas de cristas com vertentes ravinadas, em rochas impermeáveis, como as que ocorrem no alto curso do ribeirão do Ouro a erosão é significativa.

A Unidade denominada Depressão Sanfranciscana apresenta baixa susceptibilidade à erosão no âmbito geral, mas ocorrem áreas propensas que estão localizadas nas colinas e vertentes ravinadas e em alguns trechos das superfícies onduladas, elaboradas sobre os siltitos da Formação Paraopeba. Os solos característicos são, em sua maioria, os Argissolos associados aos Cambissolos, que possuem características intrínsecas favoráveis à erosão. Nesta unidade as áreas propensas concentram-se no sul da bacia, abrangendo as nascentes dos rios Verde Grande e Quem-Quem e no centro-sul da Depressão, onde se tem o exemplo típico de frente de instabilidade, representada pelos rebordos de coberturas dedríticas de superfícies aplainadas, na passagem para áreas de dissecação fluvial – colinas e cristas. Tais rebordos mapeados comumente como rupturas de declive ou escarpas erosivas, embora possam apresentar áreas sem sinais de erosão acelerada, são de grande fragilidade perante aos processos erosivos.

No Planalto das Bordas do Espinhaço, distribuído na parte leste da bacia, as áreas propensas são identificadas nas colinas, vertentes retilíneas e vales encaixados, circundadas pelas cristas estruturais da Serra do Espinhaço, e elaboradas sobre as rochas graníticas (migmatitos e gnaisses) comumente alteradas. Esta área apresenta alta densidade de drenagem e escoamento superficial e abrangem as cabeceiras do rio Gorutuba, que destaca-se na região devido ao escoamento perene. A ocorrência de extensas áreas com erosão laminar vem confirmar a fragilidade deste trecho frente aos processos erosivos.

A interferência do relevo no processo erosivo se relaciona ao fato de que ela determina a energia potencial atuante e a capacidade do agente erosivo de realizar trabalho - destacamento e transporte do material erodido. O escoamento das águas torna-se mais acelerado, com o aumento da inclinação (declividade) e com o comprimento da encosta, o que resulta em maior efetividade dos processos erosivos.

O índice de erosividade de Fournier, calculado para a bacia (CETEC,1991), obteve os valores entre 90 e 136. Pesquisas existentes em áreas com sérios problemas de erosão acelerada como na bacia do rio Santo Antônio (bacia do rio Grande/MG) e rios Tafaina e Tamatave (Madagascar) relacionam valores médios de 88 na primeira região e 79 a 98 na segunda região. Os valores máximos encontrados na bacia do rio Verde Grande situam-se ao norte, no baixo vale deste rio. Contudo as condições físicas deste trecho caracterizam-na como de baixa propensão à erosão. O outro núcleo de erosividade máxima situa-se no sul da bacia, na região entre Montes Claros e Juramento. Ao contrário do trecho anterior, as precipitações mais agressivas somam-se a outros fatores (relevo, solo, litologia) e caracterizam o alto curso do rio Verde Grande como a área mais crítica de toda a bacia.

Em 2001, a Agência Nacional das Águas (ANA) visando a reestruturação do sistema de gestão dos recursos hídricos na bacia propôs um Programa de Combate à Erosão e readequação de estradas vicinais para a área da bacia. É comum a ocorrência de morros desmatados em seus topos e vertentes íngremes, de cicatrizes de erosão nas encostas e de sinais de assoreamento nas partes mais baixas, comprometendo o escoamento dos cursos de água. Tal sistemática de ocupação induz a rupturas no ciclo hidrológico, comprometendo de forma gradativa os quantitativos de água disponíveis na região. Ao desmatamento acresce-se a existência de grandes áreas reflorestadas com eucalipto, em áreas de recarga à sudoeste da bacia. Salienta-se que na bacia verifica-se uma forte utilização de sistemas de irrigação por aspersão (pivô central) ou por superfície (por sulco ou faixas), os quais se não forem bem manejados e planejados podem vir a contribuir na aceleração dos processos erosivos.

4.6. CARACTERIZAÇÃO DA ICTIOFAUNA

A região Neotropical (América Central e do Sul) apresenta a maior diversidade de peixes do mundo, com cerca de 4.500 espécies conhecidas e cerca de 1.500 ainda não descritas (REIS et al., 2003)[49]. Isso representa entre 20 a 25% do total de espécies de peixes existentes no mundo, tanto de água doce quanto marinha (VARI & MALABARBA, 1998)[50]. Toda essa diversidade deve-se a história da formação dos sistemas fluviais da América do Sul, que remontam ao início do Cretáceo a 112 milhões de anos (LUNDBERG et al., 1998)[51].

Com ambientes tão heterogêneos, o conhecimento a cerca da ictiofauna da região Neotropical ainda apresenta lacunas bastante significativas. Segundo BRITSKI et al.

[49] REIS, R.E., S.O. KULLANDER, C.J. FERRARIS (eds.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS, 742p. 2003.
[50] VARI, R. P. and L. R. MALABARBA. Neotropical Ichthyology: an overview. In L. R. Malabarba, R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena, and C. A. S. Lucena (eds.), Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. Porto Alegre, EDIPUCRS, p. 1-11. 1998.
[51] LUNDBERG, J.G.,L.G. MARSHALL, J. GUERRERO, B. HORTON, M.C. MALABARBA, & F. WESSELINGH. The stage for Neotropical fish diversification: A history of tropical South American rivers. *In*: L.R. MALABARBA; R. REIS; R.P. VARI; Z.M. LUCENA & C.A. LUCENA (eds.) *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*, EDIPUCRS, p. 13-48. 1998.

(1988)[52], o conhecimento das espécies de água doce no Brasil ainda é incipiente e o domínio da sistemática é essencial ao desenvolvimento da ictiologia e da piscicultura. Toda e qualquer pesquisa na área da ictiologia deve estar alicerçada no conhecimento seguro da espécie objeto do estudo. MENEZES (1996) cita que tentar promover quaisquer estimativas precisas acerca da diversidade de peixes em áreas do Nordeste do Brasil constitui ainda ação prematura, especialmente tendo em vista a atual carência de coleções representativas de peixes daquelas regiões.

As regiões do Brasil onde a taxonomia dos peixes é mais conhecida correspondem àquelas onde existem grandes aproveitamentos hidrelétricos (p.ex. Itaipu), localizadas próximas a centros de pesquisas que tenham a sistemática como um dos objetivos (Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul), ou áreas de interesse em preservação (região Amazônica, Pantanal Mato-grossense).

Segundo BRITSKI et al. (1988), na área de domínio da bacia do rio São Francisco os estudos ictiofaunísticos são citações ou descrições de espécies dispersas por um grande número de revistas científicas, principalmente européias e norte-americanas. Trabalhos mais amplos sobre a ictiofauna do rio São Francisco foram publicados por Lütken em 1875 que fez uma monografia sobre os peixes do rio das Velhas (Velhas-Flodens Fiske), posteriormente, em 1960, Haroldo Travassos publicou o Catálogo dos peixes do vale do São Francisco, e mais recentemente, em 1988, Heraldo Britski e outros publicaram o Manual de identificação de peixes da região de Três Marias.

A bacia do rio São Francisco apresenta cenários naturais bastante diferenciados, com grande diversidade ambiental, abrangendo biomas do cerrado e da caatinga. Apresenta desde regiões com potencial hídrico elevado até regiões em que se observam ocorrências freqüentes de secas COSTA et al. (2003)[53].

Essa grande diversidade ambiental se reflete no número de espécies com ocorrência registrada na bacia do rio São Francisco. COSTA et al (2003) citam a ocorrência de 133 espécies, GODINHO & GODINHO (2003)[54] falam em 158 espécies, excluindo-se as espécies diádromas (aquelas que migram entre o mar e a água doce).

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos com base em dados secundários.

Foram identificadas 106 espécies para a bacia do rio Verde Grande distribuídas em seis Ordens e 22 Famílias (

Quadro 4.17).

[52] BRITZKI, H. A., SATO, Y. & ROSA, A.B.S. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco). 3ª edição. Ministério da Irrigação – CODEVESF. Brasília, 115 p. 1988.
[53] COSTA, F.J.C.B., E.M.M. MAGALHÃES, M.C.A. LYRA, M.M. SANTOS, R.C. SANTOS JÚNIOR, S.C.S. MONTENEGRO. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco. Sub-projeto 1.3 – Recomposição da ictiofauna reofílica do baixo São Francisco. ANA, GEF, PNUMA, OEA. Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingo. Canindé do São Francisco. 74 p. 2003.
[54] GODINHO A.L. & H.P. GODINHO. Breve visão do São Francisco. In. GODINHO H.P. & A.L. GODINHO. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PUC Minas. p. 15-24. 2003.

A Ordem com maior número de representantes foi Characiformes com 58 espécies (55%), seguida de Siluriformes com 33 espécies (31%), Cyprinodontiformes e Perciformes com cinco espécies cada uma (5%), Gymnotiformes com quatro espécies (4%) e Clupeiformes com uma espécie (1%) (figura 1).

Quadro 4.17 – Lista das espécies com ocorrência registrada para a bacia do rio Verde Grande. As espécies estão listadas em ordem filogenéticas de acordo com Reis et al. (2003).

Ordem	Família	Espécie
Clupeiformes	**Engraulidae**	*Anchoviella vaillanti*
Characiformes	**Parodontidae**	*Apareiodon hasemani*
		Apareiodon sp.
		Apareiodon sp.B
		Parodon hillarii
		Parodon sp.
	Curimatidae	*Curimata* sp.
		Curimatella lepidura
		Steindachnerina elegans
		Steindachnerina insculpta
	Prochilodontidae	*Prochilodus argenteus*
		Prochilodus costatus
		Prochilodus vimboides
	Anostomidae	*Leporellus vittatus*
		Leporinus elongatus
		Leporinus piau
		Leporinus reinhardti
		Leporinus taeniatus
		Leporinus sp.
		Schizodon knerii
	Crenuchidae	*Characidium* sp.
		Characidium zebra
		Characidium fasciatum
	Characidae	*Acinocheirodon melanogramma*
		Astyanax bimaculatus
		Astyanax fasciatus
		Astyanax sp.
		Brycon lundi
		Bryconamericus sp.
		Bryconamericus stramineus
		Bryconops affinis
		Cheirodon piaba
		Cheirodon sp.
		Compsura heterura
		Hemigrammus marginatus

Ordem	Família	Espécie
		Hemigrammus brevis
		Hyphessobrycon sp.
		Hyphessobrycon micropterus
		Hysteronotus megalostomus
		Hysteronotus sp.
		Moenkhausia costae
		Moenkhausia sanctaefilomenae
		Myleus micans
		Odontostilbe sp.
		Orthospinus franciscensis
		Phenacogaster franciscoensis
		Psellogrammus kennedyi
		Pygocentrus piraya
		Roeboides xenodon
		Salminus franciscanus
		Salminus hillari
		Serrapinnus heterodon
		Serrapinnus sp.
		Serrasalmus brandtii
		Tetragonopterus chalceus
		Triportheus guentheri
	Acestrorhynchidae	*Acestrorhynchus britzkii*
		Acestrorhynchus lacustris
	Erythrinidae	*Hoplias malabaricus*
Siluriformes	**Trichomycteridae**	*Trichomycteridae* sp.
	Callichthyidae	*Corydoras garbei*
		Corydoras polystictus
		Corydoras sp.
		Hoplosternum littorale
	Loricariichthys	*Hypostomus francisci*
		Hypostomus sp. A
		Hypostomus sp. D
		Hypostomus sp. F
		Hypostomus margaritifer
		Hypostomus sp. B
		Hypostomus sp. H
		Megalancistrus barrae
		Microlepidogaster sp.
		Otocinclus sp.
		Otocinclus sp. A
		Otocinclus xakriaba
		Pterygoplichthys etentaculatus

Ordem	Família	Espécie
		Rhineleps aspera
		Rineloricaria lima
		Rineloricaria sp.
	Pseudopimelodidae	*Microglanis* sp.
		Pseudopimelodus charus
	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia* sp.
		Pimelodella vittata
		Pimelodella sp.
		Rhamdia quelen
		Rhamdia sp.
	Pimelodidae	*Bergiaria westermanni*
		Pimelodus blochii
		Pimelodus maculatus
		Pseudoplatystoma coruscans
	Auchenipteridae	*Trachelyopterus galeatus*
Gymnotiformes	**Gymnotidae**	*Gymnotus carapo*
	Sternopygidae	*Eigenmannia virescens*
		Eigenmannia sp.
		Sternopygus macrurus
Cyprinodontiformes	**Rivulidae**	*Simpsonichthys magnificus*
		Simpsonichthys fulminantis
	Poecilidae	*Pamphorichthys hollandi*
		Phallotorhynus sp.
		Poecilia hollandi
Perciformes	**Scianidae**	*Pachyurus squamipennis*
		Plagioscion squamosissimus
	Cichlidae	*Cichlasoma facetum*
		Cichlasoma sanctifranciscense
		Crenicichla lepidota



Figura 4.6 – Percentual de espécies em cada uma das Ordens de peixes com ocorrência registrada na bacia do rio Verde Grande.

4.6.1. Espécies Endêmicas, Raras ou Ameaçadas de Extinção

A bacia do rio São Francisco apresenta um grande número de espécies com distribuição restrita aos seus domínios. O *status* de conservação das espécies que ocorrem na região é pouco conhecido. Dentre as 109 espécies identificadas para a bacia do rio Verde Grande, 29 são endêmicas da bacia do rio São Francisco, isso representa 27% da ictiocenose. Dessas 29 espécies endêmicas com ocorrência registrada na bacia do rio Verde Grande, 15 espécies, ou seja, mais de 52%, são espécies com importância na pesca comercial, esportiva e, principalmente, na pesca de subsistência.

Das espécies registradas para a bacia do rio Verde Grande, somente duas espécies de peixe-anual (*Simpsonichthys fulminantis* e *S. magnificus*) estão citados na Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção com Categorias da IUCN na categoria Vulnerável.

Outras duas espécies com distribuição restrita a bacia do rio São Francisco, mas que não foram registradas na bacia do rio Verde Grande, merecem atenção o pacamã ou niquim (*Lophiosilurus alexandri*) gênero monotípico pertencente à Família Pseudopimelodidae e o pirá (*Conorhynchus conirostris*) gênero monotípico, que era comumente relacionado à Família Pimelodidae e que, segundo REIS *et al.* (2003)[55], é considerado como *incertae sedis* dentro da Ordem Siluriformes, ou seja, seu parentesco com as outras espécies da Ordem Siluriformes é, atualmente, desconhecido. Essa espécie aparece na Lista Nacional das Espécies de

[55] REIS, R.E., S.O. KULLANDER, C.J. FERRARIS (eds.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS, 742p. 2003.

Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçados de Extinção com Categorias da IUCN na categoria Vulnerável. O pirá, considerado o peixe símbolo do baixo São Francisco, não é registrado nos desembarques de pesca há pelo menos 15 anos (COSTA *et al.* 2003).

Segundo COSTA *et al.* (2003) os pescadores do baixo São Francisco alagoano indicam a diminuição e/ou "desaparecimento" de pelo menos 12 espécies de peixes: mandim (*Pimelodus maculatus*), aragu (*Steindachnerina elegans*), cumbá (*Trachelyopterus galeatus*), lambia (*Acestrorhynchus lacustris*), niquim (*Lophiosilurus alexndri*), xira (*Prochilodus argenteus*), dourado (*Salminus franciscanus*.), surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), pirá (*Conorhynchus conirostris*), pilombeta (*Anchoviella lepidentostele*), piau-cutia (*Leporinus* sp.) e a piaba-mantega (*Moenkhausia costae*).

Dezoito das 32 espécies de peixes presumivelmente ameaçadas de extinção no Estado de Minas Gerais ocorrem no São Francisco (LINS *et al.* , 1997). Entre essas, destacam-se: cascudo-preto (*Rhinelepis aspera*), pirá, surubim, matrinchã e dourado. No processo de revisão da lista oficial da fauna ameaçada de extinção no Brasil, que culminou em seminário realizado ao final de 2002, o pirá foi indicado como vulnerável GODINHO & GODINHO (2003).

SATO & GODINHO[56] sugerem que a fauna de peixes migradores sanfranciscanos apresenta diferentes *status* de conservação ao longo da bacia. Segundo eles os peixes de piracema estão relativamente estáveis no segmento que se estende da foz do rio Abaeté à entrada da represa de Sobradinho, incluindo os rios Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande. Encontram-se vulneráveis no trecho do rio São Francisco, a montante da represa de Três Marias, e nos rios Abaeté, Paracatu e Pandeiros e estão ameaçadas nos rios Pará, Paraopeba, das Velhas, Verde Grande e no baixo São Francisco, a jusante da barragem de Xingó. Seu *status* de conservação é crítico na represa de Três Marias e no segmento do rio limitado pelas represas de Sobradinho e Xingó.

Quadro 4.18 – Lista das espécies endêmicas com ocorrência registrada para a bacia do rio Verde Grande. As espécies estão listadas em ordem alfabética.

Espécie	Nome comum
Acestrorhynchus britski	peixe-cachorro
Apareiodon hasemani	canivete
Cichlasoma sanctifranciscense	acará
Corydoras garbei	limpa-fundo
Hemigrammus brevis	piaba
Hyphessobrycon micropterus	piaba
Hypostomus francisci	cascudo
Hysteronotus megalostomus	piaba

[56] SATO, Y. & H. P. GODINHO. Peixes da bacia do rio São Francisco, p. 401-413. In: R. H. LOWE-McCONNELL. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EDUSP, 534 p. 1999. (no Prelo)

Espécie	Nome comum
Leporinus reinhardti	piau-tres-pintas
Leporinus taeniatus	piau-jejo
Megalancistrus barrae	cascudo
Myleus micans	pacu
Orthospinus franciscensis	cascudinho
Otocinclus xakriaba	cascudinho
Pachyurus squamipennis	corvina
Parodon hillarii	canivete
Phenacogaster franciscoensis	piaba
Pimelodella vittata	mandizinho
Prochilodus argenteus	curimatá
Prochilodus costatus	curimatá
Pterygoplichthys etentaculatus	cascudo
Pygocentrus piraya	piranha
Roeboides xenodon	
Salminus franciscanus	dourado
Schizodon knerii	piau-branco
Serrasalmus brandtii	piranha
Simpsonichthys fulminantis	peixe-anual
Simpsonichthys magnificus;	peixe-anual
Triportheus guentheri	piaba-facão

4.6.2. Espécies Migradoras

Segundo COSTA *et al.* (2003), na região do médio São Francisco, os peixes de piracema começam a se reproduzir em outubro, logo após o mês mais seco. Com a chegada das chuvas e início da enchente, tais peixes deixam as lagoas marginais, migrando para montante; após a desova, retornam os reprodutores e entram os alevinos nas citadas lagoas.

GODINHO & POMPEU (2003)[57] propõem que os jovens peixes migradores do rio São Francisco, no trecho entre a barragem de Sobradinho e Três Marias, possuem dois habitats importantes. O primeiro, as lagoas marginais das várzeas e o segundo, os ribeirões afluentes de pequena ordem dos cursos principais. Segundo GODINHO & POMPEU (2003), que estudaram a bacia do rio Preto, afluente do rio Paracatu, um dos principais afluente do rio São Francisco, os ribeirões, a exemplo das lagoas marginais, são habitats fundamentais para as espécies migradoras da bacia do rio São Francisco, as mais importantes da pesca. A conservação desses ambientes

[57] GODINHO A.L. & P.S. POMPEU. A importância dos ribeirões para os peixes de piracema. *In.* GODINHO H.P. & A.L. GODINHO. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PUC Minas. p. 15-24. 2003.

deve, portanto, ser prioritária para a manutenção do recrutamento e, conseqüentemente, de pesca.

Entre as espécies ocorrentes na bacia do rio Verde Grande, 18 são consideradas grandes migradoras (tabela 3), dessa podemos ressaltar o dourado (*Salminus franciscanus*), espécie de grande porte da bacia do rio São Francisco. Segundo LIMA & BRITSKI (2007)[58], esta espécie, embora conhecida ictiologicamente desde meados do século XIX (Valenciennes, em Cuvier & Valenciennes, 1850), nunca foi identificada de forma correta. Outro grande migrador é o surubim (*Pseudoplatystoma curruscans*) maior espécie do gênero podendo alcançar dois metros de comprimento e 100 kg de peso, apresenta grande valor comercial e é muito cobiçado na pesca esportiva.

Segundo SATO & GODINHO (1999), pelo menos o curimatá (*Prochilodus* spp.) e o dourado (*Salminus* spp.) são espécies migradoras de grande porte e alto valor comercial na região de Três Marias.

Quadro 4.19 – Lista das espécies migradoras de longa distância com ocorrência registrada para a bacia do rio Verde Grande. As espécies estão listadas em ordem alfabética.

Espécie	Nome comum
Acestrorhynchus britzkii	peixe-cachorro
Acestrorhynchus lacustris	peixe-cachorro
Brycon lundi	matrinchã
Leporellus vittatus	piau-rola
Leporinus elongatus	piau-verdadeiro
Leporinus piau	piau-gordura
Leporinus reinhardti	piau-tres-pintas
Leporinus taeniatus	piau-jejo
Leporinus sp.	piau
Myleus micans	pacu
Prochilodus costatus	curimatá
Prochilodus argenteus	curimatá
Prochilodus vimboides	curimatá
Pseudopimelodus zungaro	peixe-sapo
Pseudoplatystoma coruscans	surubim
Salminus franciscanus	dourado
Salminus hillari	tabarana
Schizodon knerii	piau-branco

[58] LIMA, F.C.T. & H.A.. BRITSKI. Salminus franciscanus, a new species from the rio São Francisco basin, Brazil (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). Neotropical Ichthyology, Porto Alegre. Vol. 5. n. 3. 2007.

4.6.3. Espécies de Importância Comercial

Das 106 espécies com ocorrência registrada para a bacia do rio Verde Grande 40 são capturadas por pescadores, sendo a maioria utilizada somente para consumo próprio. Dessas espécies as que apresentam maior valor comercial são o dourado (*Salminus franciscanus*) o curimatá (*Prochilodus* spp.) e o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), estas todas espécies nativas do rio São Francisco, e os tucunarés (*Cichla ocellaris* e *Chicla* sp.), espécie exótica proveniente da bacia Amazônica. O tucunaré é uma espécie exótica considerada, atualmente, um recurso pesqueiro muito importante para a comercialização (THÉ *et al*., 2003)[59].

Ainda segundo THÉ *et al*. (2003), com exceção da pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), todas as demais espécies de peixe capturadas são comercializadas. As de maior valor comercial são as espécies migradoras. Entre elas estão o dourado e o surubim, considerados os mais nobres e, em segundo plano, o pirá. O curimatá, também de ambientes lóticos, é uma exceção entre as espécies migradoras, pois é freqüentemente encontrado em sistemas represados. Eles são de grande importância comercial para os pescadores devido ao grande peso que podem atingir (até 10 kg), se comparados ao peso médio alcançado pelos demais peixes (2,5 kg) pescados na represa.

Segundo COSTA-NETO *et al.* (2002)[60] os recursos pesqueiros do médio São Francisco desempenham um papel significativo na vida socioeconômica dos pescadores da cidade de Barra e região, uma vez que estes dependem diretamente do pescado para sua subsistência material e social. Tais recursos, contudo, vem diminuindo drasticamente devido a problemas antrópicos, como a pesca predatória, represamento e assoreamento dos rios, desmatamento das matas ciliares e introdução de espécies exóticas.

4.6.4. Espécies Exóticas

Os mecanismos de dispersão e de motivos para a introdução de espécies de continentes, países ou outras bacias hidrográficas brasileiras para a bacia do rio São Francisco não estão suficientemente esclarecidos, com destaque apenas para a pescada do Piauí (*Plagioscion squamossissimus*) introduzida no reservatório de Sobradinho pelo DNOCS, através de peixamentos (COSTA *et al.* 2003).

Entre as várias espécies já introduzidas na bacia podemos citar os tucunarés (*Cichla* spp.), introduzidos nos reservatórios de Três Marias e Itaparica, em 1982 e 1989, respectivamente, mostrando aumento acentuado de ano para ano; a pescada (*Plagioscion* sp.), introduzida em Sobradinho pelo DNOCS no final da década de 70 e, posteriormente, também em Itaparica, com abundância crescente com o passar

[59] THÉ, A.P.G., E.F. MADI & N. NORDI. Conhecimento local, regras informais e uso do peixe na pesca do alto-médio São Francisco. *In.* GODINHO H.P. & A.L. GODINHO. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PUC Minas. p. 389-406. 2003.

[60] COSTA-NETO, E.M., C.V. DIAS & M.N. MELO. O conhecimento ictiológico tradicional dos pescadores da cidade de Barra, região do médio São Francisco, Estado da Bahia., Brasil. Acta Scientiarum. Maringá. V. 24, n. 2, p. 561-572. 2002.

dos anos, o tambaqui (*Colossoma macropomum*), a tilápia (*Oreochromis niloticus*), a carpa (*Cyprinus carpio*) e o apaiarí (*Astronotus ocellaris*). A presença de tucunaré (*Cichla* spp.), corvina (*Plagioscion squamosissimus*), carpa (*Cyprinus carpio*), bagre-africano (*Clarias gariepinnus*), tambaqui, (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis* sp. e *Tilapia* sp.), entre outras, também é mencionada por SATO & GODINHO (1999).

Várias espécies de peixes foram introduzidas na bacia e hoje apresentam populações estabelecidas. A grande maioria dessas ocorreu ao longo da última década no rastro do desenvolvimento aqüícola (GODINHO & GODINHO 2003).

Além dessas espécies COSTA *et al.* (2003) ainda cita a introdução de uma espécie híbrida denominada tambacu, que é o cruzamento da fêmea do tambaqui (*Colossoma macropomum*) com o macho do pacu (*Piaractus* spp.).

Segundo COSTA *et al.* (2003), a análise dos dados sobre estatísticas de pesca do baixo São Francisco (1998/99) revela que o tucunaré é umas das principais espécies em volume de captura.

4.6.5. Considerações Finais

O conhecimento detalhado das espécies de peixes que ocorrem em um determinado sistema, como a ocorrência de espécies endêmicas, locais de desova de espécies migradoras, entre outros, são de grande importância para a tomada de decisões sobre a utilização dos recursos disponíveis nos domínios desse sistema.

Na bacia do rio Verde Grande não foram realizados levantamentos específicos sobre a ictiofauna. Não existem dados consistentes sobre a ocorrência de espécies endêmicas, locais de desova de espécies que realizam migração reprodutiva (piracema), estudo sobre a biologia das espécies de importância na pesca comercial ou de subsistência, usos dos peixes pelos pescadores locais

Os dados sobre as espécies de peixes com ocorrência registrada para a bacia, obtidos em coleções ictiológicas do Brasil e do Exterior, são provenientes de expedições realizadas pelos Museus da Universidade de São Paulo, Nacional do Rio de Janeiro e de Ciências da PUCRS, mas nenhuma com o objetivo fazer um diagnóstico detalhado da ictiofauna do rio Verde Grande.

Em outras áreas da bacia e na calha principal do rio São Francisco existem vários estudos sobre a ictiofauna, incluindo estudos de biologia reprodutiva, dieta e estrutura trófica de comunidades de peixes, identificação de locais de crescimento de espécies de migradoras, estudos sobre o conhecimento ictiológico dos pescadores, entre outros.

4.7. CARACTERIZAÇÃO FITOGEOGRÁFICA DA BACIA

A bacia do rio Verde Grande encontra-se em uma região de contato entre dois grandes biomas brasileiros: Cerrado e Caatinga. O mapa de biomas continentais brasileiros (IBGE, 2004) também apresenta, no extremo nordeste da bacia hidrográfica, uma pequena área pertencente ao bioma Mata Atlântica, cuja ocorrência é bastante pouco expressiva e corresponde a menos de 1% da bacia.

O Cerrado ocupa cerca de dois terços da bacia, com a Caatinga respondendo pelo terço restante. A Figura 4.7 a seguir ilustra a distribuição dos biomas citados na área da bacia do rio Verde Grande. A porção de Caatinga que está incluída na bacia corresponde ao extremo sul de distribuição dessa formação vegetal exclusivamente brasileira, típica da região nordeste do país.

Por tratar-se de uma região de contato ou de ecótone entre duas formações vegetais distintas, a realidade de campo revela gradiente de situações que vão de locais onde as fisionomias correspondem aos padrões típicos de cada uma delas e locais onde há uma clara interpenetração de elementos de uma ou de outra formação.

O bioma Cerrado, que originalmente cobria cerca de dois milhões de quilômetros quadrados do país, é o segundo maior bioma em extensão do país, superado somente pela Amazônia.

O Cerrado apresenta uma área *core* localizada no Planalto Central brasileiro, estendendo-se das margens da Floresta Amazônica até o sul dos estados de São Paulo e Paraná, ao longo de mais de 20 graus de latitude. O bioma caracteriza-se por apresentar uma vegetação com estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo dispostos segundo um gradiente de biomassa.

Segundo Coutinho (1978), o Cerrado é caracterizado por cinco fitofisionomias, denominadas campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão. A ocorrência das diferentes fitofisionomias é freqüentemente dependente das propriedades do solo, profundidade, fertilidade e capacidade de drenagem, além do grau de interferência humana.

O solo, na maioria das vezes, é distrófico, com pH ácido e baixa concentração de cálcio e magnésio disponíveis e alta concentração de alumínio trocável. São solos comumente bem drenados, e onde não ocorre vegetação lenhosa em áreas com alagamento.

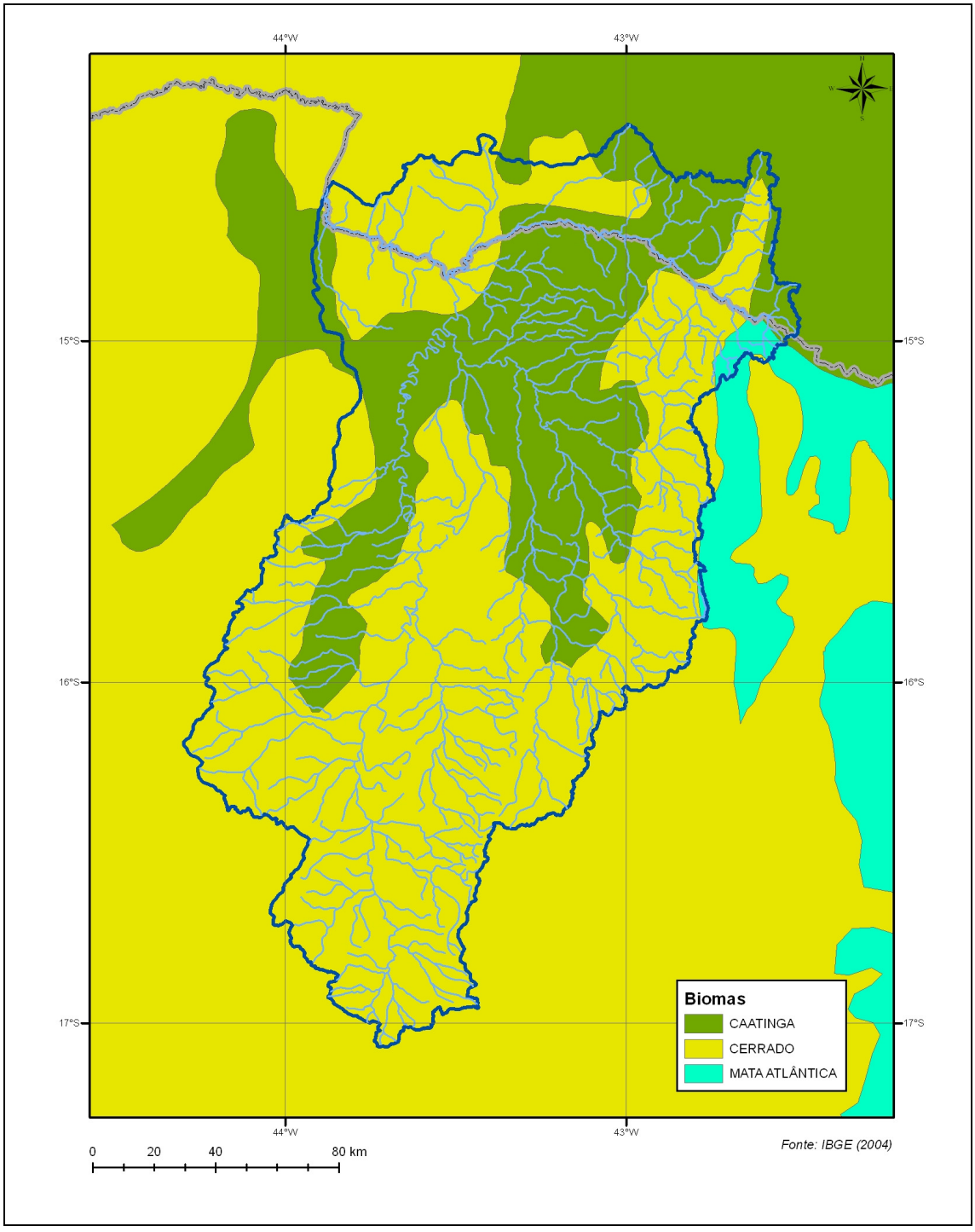


Figura 4.7 – Distribuição dos biomas na bacia do rio Verde Grande.

O fogo pode ser apontado como um dos principais fatores na gênese das diferentes fitofisionomias ou manutenção das áreas mais abertas de Cerrado, quando o solo não é fator discriminante. Durigan et al. (2003), em uma análise de padrões fitogeográficos do Cerrado Paulista considerou o clima como principal responsável pelas relações florísticas verificadas, vindo, em seguida, a fertilidade do solo. Segundo esses autores, os padrões regionais encontrados apresentam-se associados à distribuição geográfica das bacias hidrográficas, revelando a importância dos fatores associados à dinâmica de dispersão das espécies para composição do conjunto de espécies que ocupa uma dada região.

O Cerrado apresenta elevada riqueza de espécies, o que o torna a mais diversificada savana tropical do mundo. A grande diversidade de habitats condiciona a significativa diversidade de espécies animais e vegetais que pode ser encontrada na sua área de abrangência.

O bioma, de uma forma geral, está sujeito a uma intensa alteração, seja para a implantação de pastagens ou para o cultivo de grãos em larga escala. Estimativas atuais indicam que mais da metade do bioma já foi alterado pela ação humana, apresentando elevadas taxas de desmatamento.

Já a Caatinga, cuja ocorrência na bacia concentra-se na sua norte, compreende um complexo de vegetação decídua e xerófila, constituída de vegetais lenhosos e mais ou menos rica em cactáceas e bromeliáceas rígidas. Segundo FERNANDES (1995), no Estado da Bahia, a caatinga ocupa as áreas a leste do rio São Francisco.

O termo caatinga é de origem indígena (caa - mata; tinga - clara, aberta). O aspecto dessa vegetação no período seco levou o naturalista Carl von Martius, ao percorrer o nordeste brasileiro no século XIX, a referir-se a ela como silva aestu aphylla (mata sem folha no estio). Do ponto de vista fisionômico, trata-se de uma vegetação arbórea, caducifólia, com franca penetração da luz solar.

A caatinga é uma vegetação que se apresenta heterogênea quanto à fisionomia e estrutura. Já em termos de composição florística, é bastante uniforme, havendo um núcleo de espécies arbóreo-arbustivas e de cactáceas de ampla dispersão, cujos portes variam de acordo com as condições locais. A altura das árvores e sua densidade variam bastante de um local para outro. Indivíduos arbóreos em alguns lugares, em outros se tornam arbustos raquíticos e de baixo porte.

O principal fator a determinar a estrutura dessa vegetação é sem dúvida o clima, com especial ênfase à pluviosidade, com uma estação chuvosa de três a cinco meses, alternada com período de estiagem de sete a nove meses.

O regime das precipitações na área depende das condições atmosféricas dominantes, em particular a Convergência Intertropical, havendo, ainda, a influência das massas equatorial continental, equatorial atlântica e tropical atlântica.

As variações no aspecto e na formação da vegetação da caatinga recebe uma denominação regional própria como agreste, carrasco, sertão, cariri e seridó, que em geral refletem o caráter geral básico que é o xerofilismo, conseqüência da ocupação

de um ambiente seco, com deficiência hídrica temporal, onde a água disponível às plantas procede unicamente do curto período da estação chuvosa, e cujos elementos florísticos apresentam uma morfologia, uma anatomia e um mecanismo fisiológico adaptados a resistirem a esse ambiente.

Em termos de origem florística, apesar do domínio da caatinga apresentar hoje um contingente próprio, plenamente reconhecível e com a ocorrência de diversos endemismos, é possível constatar a presença de elementos tanto da flora do cerrado como da floresta tropical. Esses dois contingentes vegetacionais foram ocupando a região do semi-árido nordestino em função das modificações do clima e do relevo ocorridas a partir do período terciário, substituindo uma vegetação primitiva de caráter provavelmente florestal.

A caatinga arbórea apresenta uma estratificação vertical em três níveis que incluem o estrato arbóreo, com representantes de 8 a 12 metros de altura; o intermediário (arbustivo/subarbustivo), com indivíduos de 2 a 5 metros; e o herbáceo, geralmente de caráter anual ou efêmero. Essa formação originalmente revestia as encostas serranas úmidas/subúmidas e as elevações cristalinas isoladas (serras secas ou elevações entre 400 e 600 metros).

A caatinga arbustiva é a feição mais difundida dessa vegetação, sendo também conhecida como caatinga baixa. Estruturalmente, é composta por dois estratos, o superior, com indivíduos de 3 a 4 metros; e o inferior, com representantes herbáceos anuais ou efêmeros. Pode apresentar-se sob dois padrões, um mais denso e outro mais aberto.

O primeiro desenvolve-se sobre solos pouco profundos, com algumas árvores esparsas. O número de subarbustos é bem significativo, com o estrato herbáceo abundante.

O segundo padrão recobre solos rasos e duros, freqüentemente encharcados durante o período chuvoso. Com menor densidade de espécies arbóreas, os arbustos e subarbustos são esparsos, sendo a forma mais raquítica das caatingas, ocorrendo em áreas que apresenta baixa precipitação, entre 200 e 350 milímetros anuais. Corresponde ao que se costuma denominar seridó ou caatinga de varas. As espécies são as mesmas anteriormente citadas, com maior predominância do estrato herbáceo.

O quadro a seguir apresenta a distribuição dos biomas mapeados nas unidades de estudo estabelecidasidentificação das áreas protegidas.

Quadro 4.20 – Distribuição dos biomas nas unidades de estudo.

Unidade	Bioma	Área (ha)	% Unidade
Alto Gorutuba	CAATINGA	21.078,3	9,9
	CERRADO	192.356,5	90,1
Alto Verde Grande	CERRADO	310.217,1	100,0
Alto Verde Pequeno	CAATINGA	123.544,2	42,5
	CERRADO	145.473,7	50,0
	MATA ATLÂNTICA	21.736,4	7,5
Baixo Verde Grande	CAATINGA	49.102,0	25,4
	CERRADO	144.311,4	74,6
Baixo Verde Pequeno	CAATINGA	187.855,1	55,8
	CERRADO	149.070,9	44,2
Médio e Baixo Gorutuba	CAATINGA	419.385,2	54,3
	CERRADO	349.107,6	45,2
	MATA ATLÂNTICA	3.630,5	0,5
Médio Verde Grande - Trecho Alto	CAATINGA	64.567,1	9,1
	CERRADO	646.225,2	90,9
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	CAATINGA	172.328,6	54,5
	CERRADO	143.805,1	45,5

Como pode ser visto no quadro acima, existe uma grande influência da latitude sobre o bioma preponderante em cada unidade de estudo. A exemplo do que ocorre com a distribuição das chuvas, em linhas gerais as áreas de estudo localizadas mais ao norte estão sob maior influência da Caatinga, enquanto que as unidades meridionais têm predomínio do Cerrado, evidenciando claramente a marcante influência dos fatores climáticos sobre a biota regional.

4.7.1. Unidades de Conservação e Outras Áreas Protegidas

A manutenção da vida silvestre em espaços especialmente protegidos, além de uma necessidade na busca e da salvaguarda de características ambientais relevantes e da manutenção de serviços ambientais indispensáveis, revela muito do comprometimento de uma sociedade com seu futuro.

O território incluído em áreas protegidas pode ser considerado indicador importante à hora de avaliarem-se o alcance de políticas públicas voltadas à proteção da natureza, mesmo tendo-se em conta as dificuldades de gestão das áreas implantadas.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) recomenda a proteção de pelo menos 10% dos ambientes mais significativos de um dado território, e o Ministério do Meio Ambiente trabalha com esse valor como objetivo de conservação dos biomas continentais brasileiros.

Neste estudo será feita uma avaliação da distribuição das áreas especialmente protegidas na bacia, considerando-se as unidades de conservação estaduais e federais e as terras indígenas, não tendo sido incluídas as reservas particulares do patrimônio natural e unidades de conservação municipais, em função da necessidade de contar-se com as poligonais que delimitam as áreas para sua incorporação ao sistema de informações geográficas (SIG) e das dificuldades inerentes à obtenção desse tipo de informação.

A figura a seguir apresenta a distribuição das áreas protegidas na bacia e o Quadro que se segue a ela, a lista com seus nomes e categoria de proteção.

Quadro 4.21 – Áreas Protegidas na bacia do rio Verde Grande.

NOME	TIPO	CATEGORIA
APA Lajedão	Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental
APA Serra do Sabonetal	Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental
PE Rio Pardo	Proteção Integral	Parque Estadual
PE Lagoa do Cajueiro	Proteção Integral	Parque Estadual
PE Verde Grande	Proteção Integral	Parque Estadual
RB Serra Azul	Proteção Integral	Reserva Biológica
RB Jaíba	Proteção Integral	Reserva Biológica
TI Luisa do Vale	-	Terra Indígena

As áreas protegidas listadas no quadro acima totalizam 233.801,5 ha, dos quais 131.878 ha encontram-se na bacia, correspondendo a 4,2% de sua superfície total. Esses valores trazem à gestão dessas áreas protegidas, além dos aspectos interinstitucionais inerentes a elas, a questão de sua territorialidade, uma vez que quase metade delas está fora da bacia. O quadro a seguir apresenta a distribuição das terras protegidas na bacia.

Quadro 4.22 – Distribuição das Áreas Protegidas na bacia do rio Verde Grande.

NOME	Área total (ha)	% na bacia
PE Lagoa do Cajueiro	21.229,0	21,4
PE Verde Grande	25.551,6	98,9
RB Serra Azul	7.403,8	12,0
RB Jaíba	6.404,1	99,7
APA Lajedão	11.389,0	100,0
APA Serra do Sabonetal	85.794,0	16,0

NOME	Área total (ha)	% na bacia
PE Caminho dos Gerais	56.244,9	100,0
PE Lapa Grande	9.663,1	84,5
TI Luisa do Vale	10.122,1	52,0

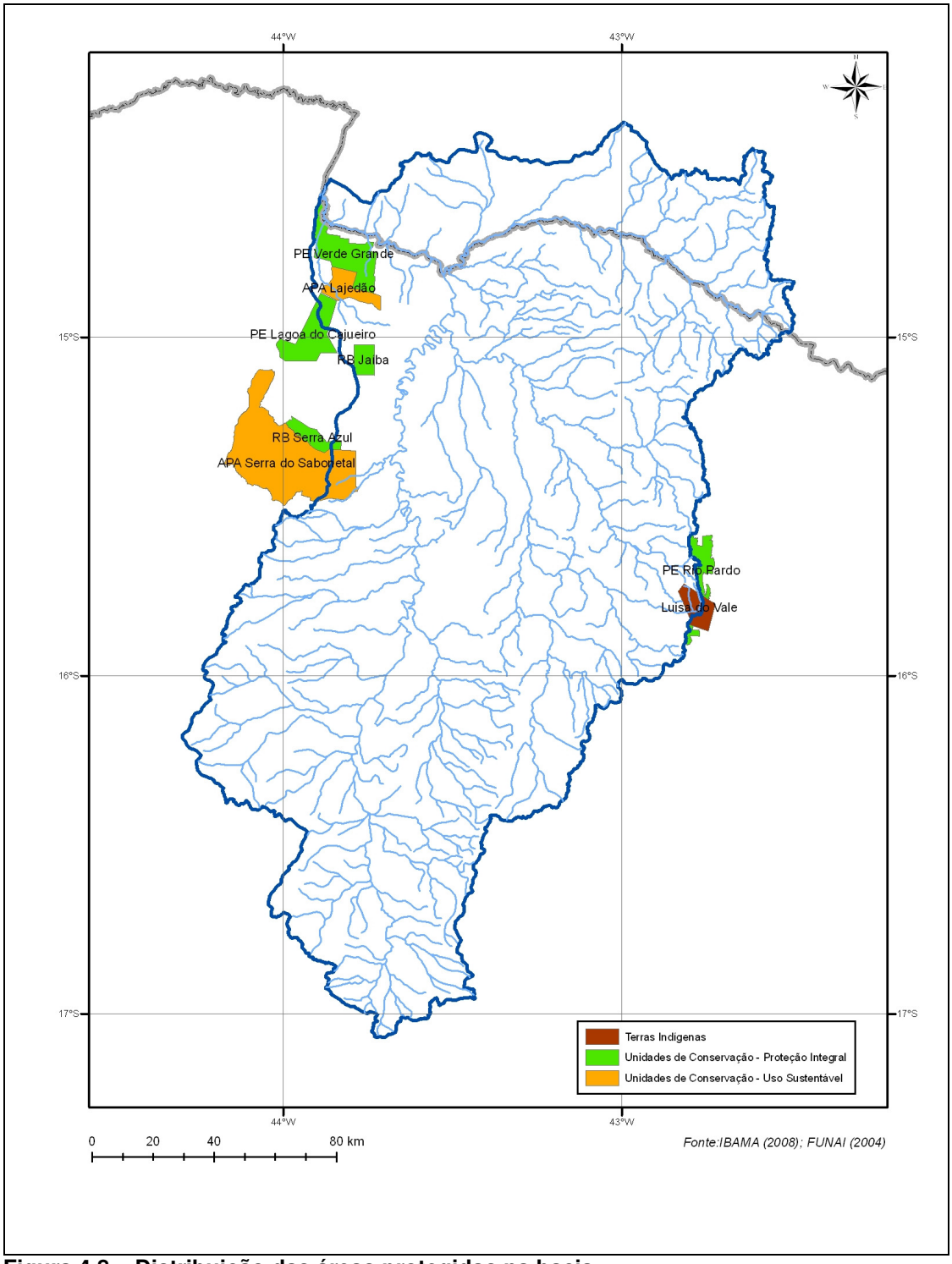


Figura 4.8 – Distribuição das áreas protegidas na bacia.

Como pode ser visto no quadro acima, quatro das nove áreas protegidas incluídas na base de dados estão integralmente na bacia: o PE Verde Grande, a RB Jaíba, a APA Lajedão e o PE Caminhos dos Gerais.

Já o quadro a seguir apresenta a distribuição das áreas protegidas nas unidades de estudo adotadas no presente trabalho.

Quadro 4.23 – Áreas Protegidas na bacia do rio Verde Grande.

Unidade de estudo	Área Protegida	Área (ha)	% Unidade
Alto Verde Grande	PE Lapa Grande	8.164,3	2,6
Alto Verde Pequeno	PE Caminho dos Gerais	13.291,7	4,6
Baixo Verde Grande	APA Lajedão	11.389,0	5,9
	PE Lagoa do Cajueiro	4.534,0	2,3
	PE Verde Grande	25.273,5	13,1
	RB Jaíba	3.458,8	1,8
	TOTAL	***44.655,2***	***23,1***
Baixo Verde Pequeno	PE Caminho dos Gerais	13.357,7	4,0
Médio e Baixo Gorutuba	PE Caminho dos Gerais	29.595,5	3,8
	TI Luisa do Vale	5.262,1	0,7
	TOTAL	***34.857,7***	***4,5***
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	APA Serra do Sabonetal	13.740,8	4,3
	RB Jaíba	2.923,5	0,9
	RB Serra Azul	887,2	0,3
	TOTAL	***17.551,5***	***5,6***

Das oito unidades em que se dividiu a bacia para fins de detalhamento dos estudos, somente duas (Alto Gorutuba e Médio Verde Grande – Trecho Alto) não possuem área protegidas incluídas no banco de dados do estudo.

Com relação às unidades que apresentam alguma área protegida, destaca-se o Baixo Verde Grande, com 23,1%de seu território formalmente protegido por Unidades de Conservação. Esse valor pode ser considerado bastante elevado, embora a proteção dos ambientes incluídos nas UCs dependa de fatores como a efetividade de sua implementação (regularização fundiária, estrutura de fiscalização, ameaças externas, etc).

Também merece destaque a distribuição espacial das áreas protegidas na bacia. Como pode ser visto no mapa de áreas protegidas apresentado acima, há uma clara concentração dessas na parte baixa da bacia.

Considerando os aspectos relacionados à proteção da região de nascentes, as únicas áreas que se enquadram nessa condição são o Parque Estadual Lapa Grande, no Alto Verde Grande, e a Terra Indígena Luísa do Vale, no Médio e Baixo Gorutuba.

4.7.2. Áreas Prioritárias para a Conservação

A delimitação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade faz parte dos compromissos assumidos pelo Brasil como signatário da "Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB" assinada na Eco 92, no Rio de Janeiro. Esse tratado internacional relaciona aspectos importantes referentes ao tema biodiversidade, tais como: conservação e utilização sustentável, identificação e monitoramento, conservação *ex situ* e *in situ*, pesquisa e treinamento, educação e conscientização pública, minimização de impactos negativos, acesso a recursos genéticos, acesso à tecnologia e transferência, intercâmbio de informações, cooperação técnica e científica, gestão da biotecnologia e repartição de seus benefícios, entre outros.

Para o atendimento das diretrizes emanadas da CDB, o país elaborou a Política Nacional de Diversidade Biológica e implementou o Programa Nacional da Diversidade Biológica - PRONABIO, para viabilizar as ações propostas pela Política Nacional.

O Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, que corresponde ao componente executivo do PRONABIO, foi criado para oferecer o apoio às iniciativas voltadas à coleta de informações capazes de oferecer uma avaliação a mais precisa possível da situação da biodiversidade do país..

Entre 1997 e 2000, o PROBIO realizou uma ampla consulta para a definição de áreas prioritárias para conservação na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal, Mata Atlântica e Campos Sulinos, e na Zona Costeira e Marinha.

Trabalhando na forma de oficinas que congregavam especialistas de distintas áreas do conhecimento e considerando tantos os aspectos relacionados à vida silvestre e a sua conservação como as pressões a que está sujeita, as consultas permitiram que se fizesse um grande apanhado da produção científica voltada à conservação, considerando também as principais forças que agem no sentido da sua desestabilização.

De maneira geral, a definição das áreas mais relevantes foi baseada nas informações disponíveis sobre biodiversidade e pressão antrópica, e na experiência dos pesquisadores participantes dos seminários de cada bioma. O grau de prioridade de cada uma foi definido por sua riqueza biológica, importância para as comunidades e sua vulnerabilidade.

As áreas selecionadas naquele momento foram objeto de revisão na Oficina para a Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade - Alvos e Ferramentas, realizada em novembro de

2005, sendo posteriormente aprovada pela Comissão Nacional de Biodiversidade - CONABIO (Deliberação CONABIO nº 39 de 14/12/2005). Como resultado dessa oficina, foi realizada uma nova rodada de reuniões técnicas no ano de 2006, preparando a realização dos Seminários Regionais dos Biomas, a partir dos quais foi gerado um conjunto de mapas que tiveram como base o Mapa de Biomas do IBGE, apresentando as áreas prioritárias em cada um dos biomas brasileiros.

As novas áreas prioritárias adquiriram um status oficial como parte integrante da Política Nacional de Biodiversidade pela Portaria n° 9, de 23 de janeiro de 2007 do Ministério do Meio Ambiente.

Além de definir classes de importância para as áreas delimitadas (importância extremamente alta, muito alta, alta ou insuficiente conhecida), o trabalho também indica iniciativas ou ações de manejo capazes de garantir a manutenção das características mais relevantes ou a recuperação daquelas que foram perdidas, definindo também o nível de prioridade das ações/iniciativas propostas.

Ao incorporarem o que há de mais atual nas informações científicas disponíveis, esses mapas representam uma síntese do conhecimento relacionado à conservação da vida silvestre, e como tal se revelam uma ferramenta indispensável para a definição de políticas públicas voltadas ao tema.

Neste trabalho, será feita uma avaliação da distribuição das áreas prioritárias dos biomas Cerrado e Caatinga na bacia do rio Verde Grande. A figura a seguir apresenta a distribuição das áreas prioritárias na bacia e o quadro que a segue sua relação completa, indicando seu nome, importância e principal ação recomendada.

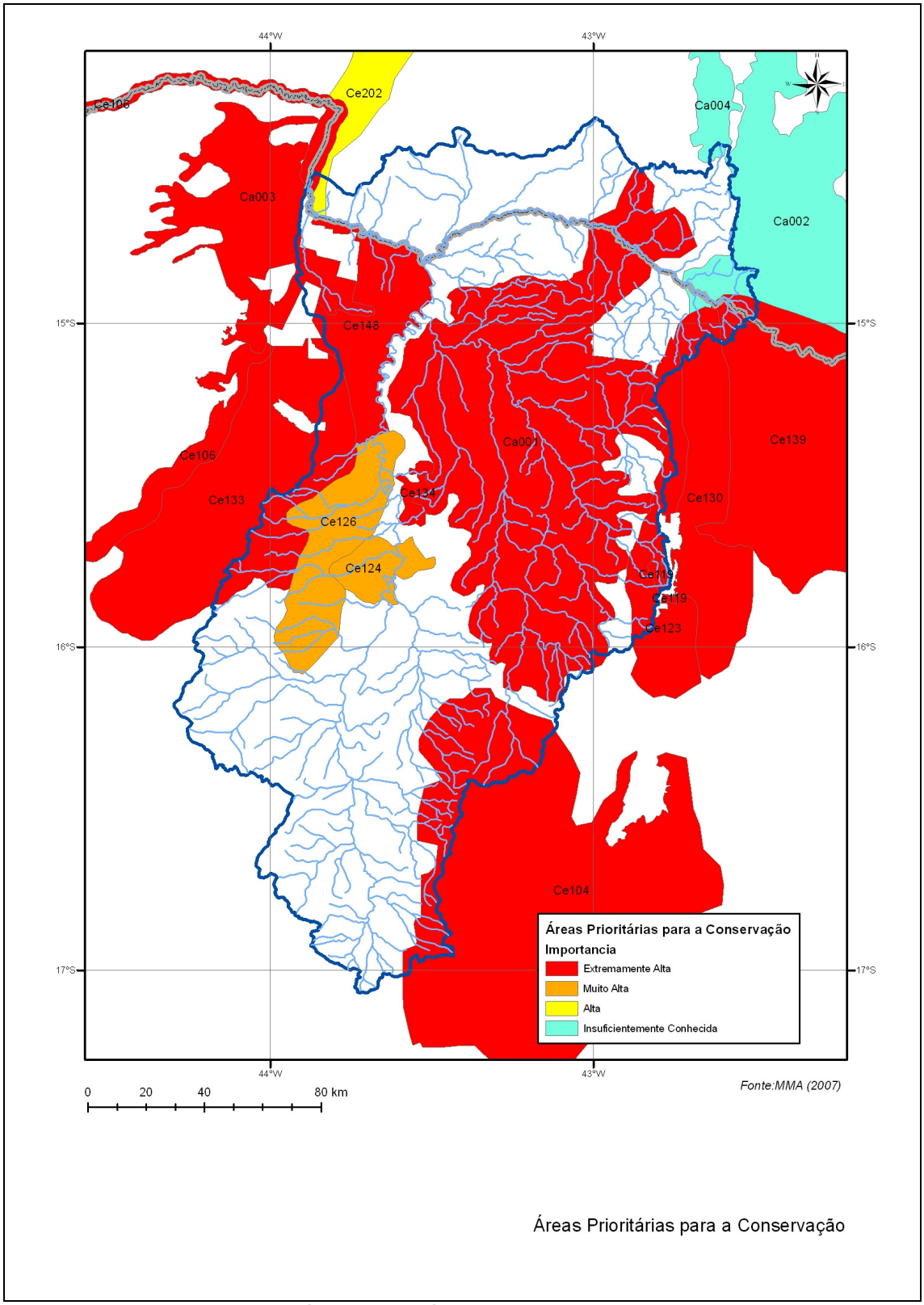


Figura 4.9 – Distribuição das áreas prioritárias para a conservação na bacia.

Quadro 4.24 – Áreas Prioritárias para a Conservação na bacia do rio Verde Grande.

Código	Nome	Ação Prioritária	Importância
Ca002	Jacaraci	Recuperação	Insuficientemente Conhecida
Ca004	Guanambi	Fomento Uso Sustentável	Insuficientemente Conhecida
Ca003	Corredor do Rio Japoré	Outras	Extremamente Alta
Ca001	Jaíba	Inventário	Extremamente Alta
Ce133	Entorno da Rebio Jaíba	Recuperação	Extremamente Alta
Ce134	Verdelândia	Recuperação	Extremamente Alta
Ce123	Espinhaço Setentrional	Recuperação	Extremamente Alta
Ce139	Areião	Criação de UC - Uso Sustentável	Extremamente Alta
Ce104	Grão Mogol - Francisco Sá	Recuperação	Extremamente Alta
Ce119	Luiza do Valle	Criação de UC - Uso Sustentável	Extremamente Alta
Ce148	Região do Jaíba	Recuperação	Extremamente Alta
Ce124	São João da Ponte	Fomento Uso Sustentável	Muito Alta
Ce126	Verdelândia - Varzelândia	-	Muito Alta
Ce130	Rio Pardo - Santo Antônio do Retiro	Inventário	Extremamente Alta
Ce106	Alto - Médio São Francisco	Recuperação	Extremamente Alta
Ce202	Médio São Fracisco	Inventário	Alta

O quadro a seguir apresenta a distribuição das áreas prioritárias incluídas na bacia pelas unidades de planejamento adotadas no estudo.

Quadro 4.25 – Distribuição das Áreas Prioritárias nas unidades de estudo.

Unidade	Importância	Área (ha)	% Unidade
Alto Gorutuba	Extremamente Alta	191.383,5	89,7
Alto Verde Grande	Extremamente Alta	38.859,9	12,5
Alto Verde Pequeno	Extremamente Alta	122.652,2	42,2
	Insuficientemente Conhecida	32.869,2	11,3
	Total	***155.521,3***	***53,5***
Baixo Verde Grande	Alta	5.552,9	2,9
	Extremamente Alta	103.026,8	53,3
	Total	***108.579,7***	***56,1***
Baixo Verde Pequeno	Extremamente Alta	37.964,4	11,3

Unidade	Importância	Área (ha)	% Unidade
Médio e Baixo Gorutuba	Extremamente Alta	705.739,8	91,4
Médio Verde Grande - Trecho Alto	Extremamente Alta	90.417,4	12,7
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	Extremamente Alta	164.581,9	52,1
	Muito Alta	95.415,0	30,2
	Total	***259.996,8***	***82,2***

É importante destacar o fato de que para cada uma das áreas prioritárias mapeadas existe uma indicação de manejo correspondente que não implica, necessariamente, qualquer tipo de restrição quanto ao uso ou mesmo perspectiva de implantação de áreas protegidas, embora essa alternativa se inclua entre as ações de manejo.

Assim sendo, para as regiões do Médio e Baixo Gorotuba e do Alto Gorotuba, que tem 91,4% e 89,7% de seu território coincidindo com a Área Prioritária Ca001 – Jaíba, respectivamente, a ação recomendada é de "Inventário", o que significa dizer que existem atributos naturais relevantes do ponto de vista da conservação dos recursos naturais que precisam ser melhor conhecidos para que seja possível a concepção de alternativas que garantam sua preservação.

Já o Baixo Verde Grande, tem 53% de seu território coincidindo com as áreas de importância Extremamente Alta Ce148 – Região do Jaíba e Ca003 – Corredor do Rio Japoré, para as quais as ações recomendadas são a recuperação da primeira e o incremento da conectividade, da segunda.

As áreas indicadas para a criação de novas unidades de conservação estão incluídas na região de cabeceiras do Alto Verde Pequeno (Ce139 – Areião) e no Médio e Baixo Gorutuba (Ce119 – Luisa do Vale), essa última apresentando uma sobreposição com a Terra Indígena de mesmo nome já existente.

É interessante observar que cinco das 16 áreas que têm sobreposição com a bacia encontram-se integralmente dentro dela, sendo elas Ca001 – Jaíba, Ce134 – Verdelândia, Ce124 – São João da Ponte e Ce126 – Verdelândia-Varzelândia.

4.7.3. Área de Aplicação da Lei n° 11.428 de 2006

A Lei Federal n° 1.428 de 2006 – Lei da Mata Atlântica – visa preservar os remanescentes da Mata Atlântica no país e criar alternativas para sua recuperação nas regiões onde essa formação vegetal se encontra mais depauperada.

O Decreto n° 6.660 de 2008 estabelece os procedimentos necessários para promover a intervenção ou o uso sustentável nos remanescentes de vegetação nativa no bioma e nos ecossistemas associados, apresentados, na bacia do Verde Grande, pelo mapa apresentado na Figura 4.10.

Esse arcabouço legal estabelece as normas e procedimentos que regularão o uso dos remanescentes florestais nas áreas mapeadas e os mecanismos para sua proteção, determinando que os licenciamentos ambientais, autorizações para corte, supressão ou exploração da vegetação sejam submetidos aos órgãos ambientais competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA.

No caso dos estados da Bahia e de Minas Gerais, para a caracterização do estado de conservação dos remanescentes incluídos na área de abrangência da Lei 11.428, deverão ser empregados os parâmetros definidos nas Resoluções Conama nº 5, de 4 de maio de 1994 (define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia) e n° 392, de 25 de junho de 2007 (define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais).

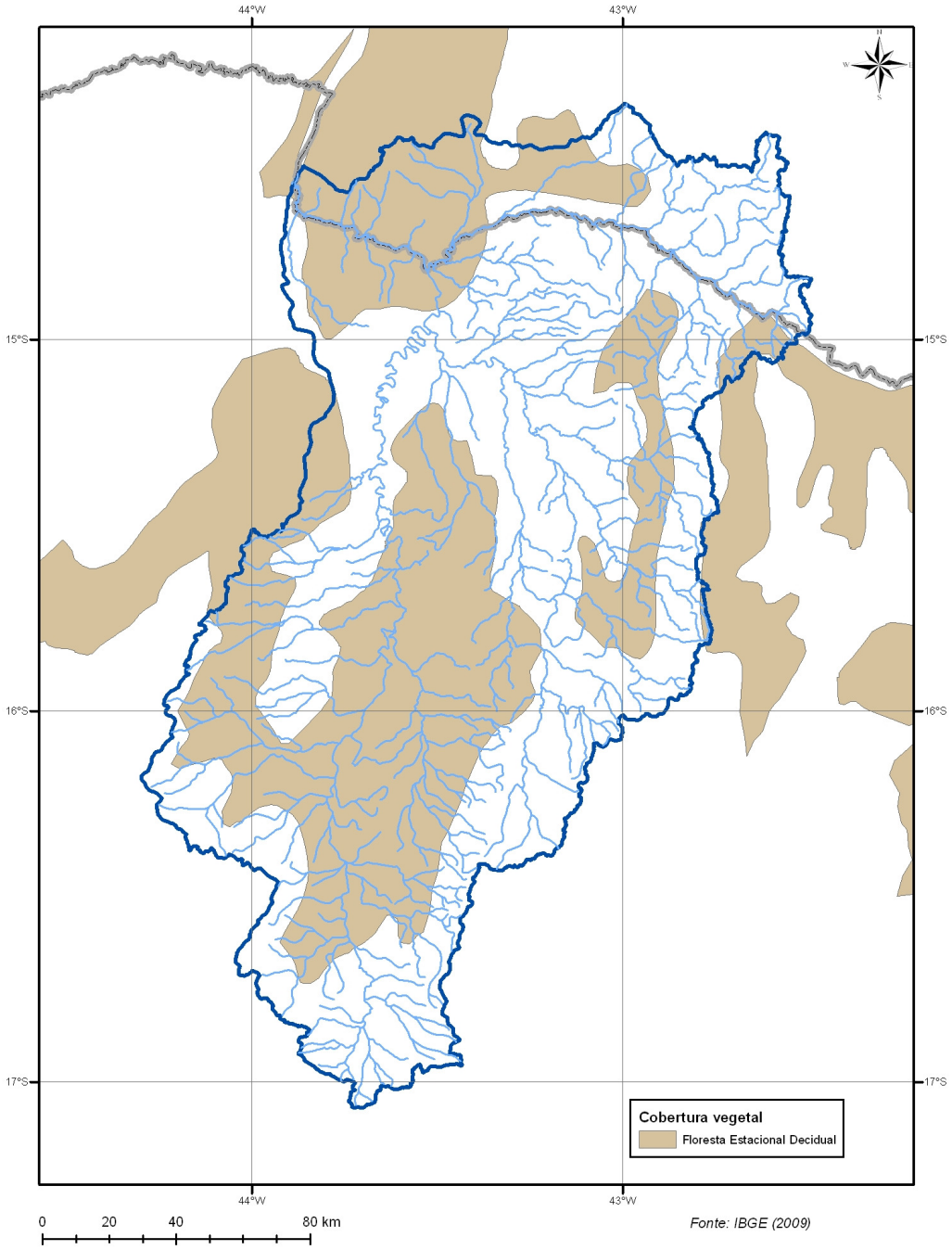


Figura 4.10 – Área de aplicação da Lei da Mata Atlântica

Na bacia do rio Verde Grande foram mapeadas áreas pertencentes à Floresta Estacional Decidual, que compreendem formações florestais que apresentam o predomínio de espécies predominantemente caducifólias, com mais de 50% das árvores do conjunto florestal perdendo as folhas na estação desfavorável (seca).

O quadro a seguir apresenta a distribuição da área de aplicação da Lei n° 1.428 de 2006 nas unidades de planejamento estabelecidas no presente documento.

Quadro 4.26 – Distribuição da área de aplicação da Lei da Mata Atlântica nas unidades de estudo.

Unidade	Área (ha)	% unidade
Alto Gorutuba	57828,0	27,1
Alto Verde Grande	82232,8	26,5
Alto Verde Pequeno	57812,6	19,9
Baixo Verde Grande	144273,7	74,6
Baixo Verde Pequeno	148814,1	44,2
Médio e Baixo Gorutuba	218874,0	28,3
Médio Verde Grande - Trecho Alto	488150,0	68,7
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	143805,1	45,5

É importante destacar o fato de que se verifica neste momento, em todo o Brasil, um esforço dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs) visando adequarem-se às exigências da Lei n° 1.428 de 2006, estabelecendo critérios de licenciamento das atividades nas suas áreas de abrangência.

Na oportunidade em que se realizou a vistoria de campo por parte da equipe responsável por este diagnóstico, no final do mês de abril de 2007, houve uma reunião entre técnicos do Ibama e representantes do setor produtivo, em Montes Claros/MG, para discutir as implicações da Lei nos procedimentos de licenciamento ambiental da região, evidenciando a relevância da questão para a gestão ambiental da região.

Como pode ser visto no quadro acima, as unidades que apresentam maior interferência com os polígonos de aplicação da Lei n° 1.428 são o Baixo Verde Grande (74,6%) e o Médio Verde Grande – Trecho Alto (68,7%), que tem mais da metade de seus territórios pertencendo à área de abrangência da referida lei.

5. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E CULTURAL

5. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E CULTURAL

As informações utilizadas neste estudo para a compreensão da estrutura organizacional (em termos sociais, econômicos e culturais) e a identificação de sujeitos e segmentos setoriais estratégicos, foram levantadas através de fontes primárias e secundárias. As fontes secundárias constituem-se em informações pré-existentes, obtidas em órgãos, instituições e bases de dados públicas, conforme indicação de fonte quando mencionadas neste relatório.

O estudo contou também com levantamento de informações em fontes primárias, obtidas com base em levantamento a campo, através de entrevistas com representantes de órgãos e instituições locais, especialmente em âmbito municipal, com relação direta ou apenas indiretamente relacionadas com a gestão dos recursos hídricos. As instituições identificadas foram visitadas e entrevistados seus representantes, os quais foram questionados sobre as características e os objetivos da instituição e sobre a opinião própria sua e oficial da instituição acerca de temas de interesse para o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bacia do Verde Grande.

Com base nas entrevistas e nas características institucionais arroladas, foram identificadas e avaliadas as condições de organização e atuação social desses atores, identificando os grupos sociais estratégicos envolvidos na implementação das ações de conscientização e mobilização da sociedade em favor da gestão dos recursos hídricos nas sub-bacias.

Ao todo foram realizadas 32 entrevistas, sendo os municípios visitados, Montes Claros, Janaúba e Jaíba no Estado de Minas Gerais e Urandi e Guanambi no Estado da Bahia. O levantamento de campo para estas informações foi realizado entre os dias 23 de junho a 02 de julho de 2009.

5.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O estudo de uso e cobertura atual da terra que compreende a bacia do rio Verde Grande foi elaborado na perspectiva de oferecer informações sobre o perfil da ocupação antrópica, bem como indicar o nível de preservação dos ambientes.

Do ponto de vista metodológico, os levantamentos realizados para a área em estudo foram elaborados a partir de imagens de satélite que, após terem sido processadas, serviram de base para os levantamentos.

O processo de diagnóstico de uso e cobertura atual da terra seguiu as etapas de seleção da plataforma, sensor (satélite) e cenas, georreferenciamento da base cartográfica, georreferenciamento das imagens de satélite, classificação, edição vetorial, checagem de campo e geração dos quantitativos. A classificação ainda contou com os subsídios da cartografia básica e temática da área e com as anotações de campo das equipes que vistoriaram a área.

As imagens utilizadas para os levantamentos quantitativos foram as do satélite Landsat TM 5, por possuírem uma maior cobertura temporal e menor quantidade de nuvens se comparadas com as imagens do programa CBERS.

O sensor TM do Satélite Landsat 5 possui uma resolução espacial de 30m com 6 bandas espectrais e uma termal, proporcionando a observação de fenômenos ou objetos cujo detalhamento satisfaz aos objetivos e a escala de trabalho. A área de abrangência da imagem é de 185 km x 185 km e a revisita ao mesmo ponto acontece a cada 16 dias.

Para a seleção das cenas a serem utilizadas na interpretação visual, foram adotados os seguintes critérios:

- Disponibilidade das cenas a partir de suas órbitas/ponto levantadas previamente no cruzamento do mapa índice com a área do estudo;
- Menor interferência de nuvens, sombras e fumaça na cena.

O resultado do levantamento preliminar das imagens foi de 5 cenas disponíveis, já apresentadas no Capítulo 2.

As imagens de satélite utilizadas neste diagnóstico foram previamente georreferenciadas a partir das cartas topográficas disponíveis na cartografia oficial brasileira para a área, fornecida pela Agência Nacional das Águas. As cartas topográficas selecionadas para o georreferenciamento das imagens foram aquelas que permitiram um recobrimento de toda a área em estudo, conforme apresentadas no Quadro 5.1 e na Figura 5.1.

Quadro 5.1 - Cartas topográficas (1:100.000) utilizadas para o georreferenciamento.

MI	Folha
2090	SD-23-Z-A-III
2091	SD-23-Z-B-I
2092	SD-23-Z-B-II
2134	SD-23-Z-A-VI
2135	SD-23-Z-B-IV
2136	SD-23-Z-B-V
2137	SD-23-Z-B-VI
2179	SD-23-Z-C-III
2180	SD-23-Z-D-I
2181	SD-23-Z-D-II
2222	SD-23-Z-C-V
2223	SD-23-Z-C-VI
2224	SD-23-Z-D-IV

MI	Folha
2225	SD-23-Z-D-V
2266	SE-23-X-A-II
2267	SE-23-X-A-III
2268	SE-23-X-B-I
2269	SE-23-X-B-II
2306	SE-23-X-A-V
2307	SE-23-X-A-VI
2308	SE-23-X-B-IV
2347	SE-23-X-C-III

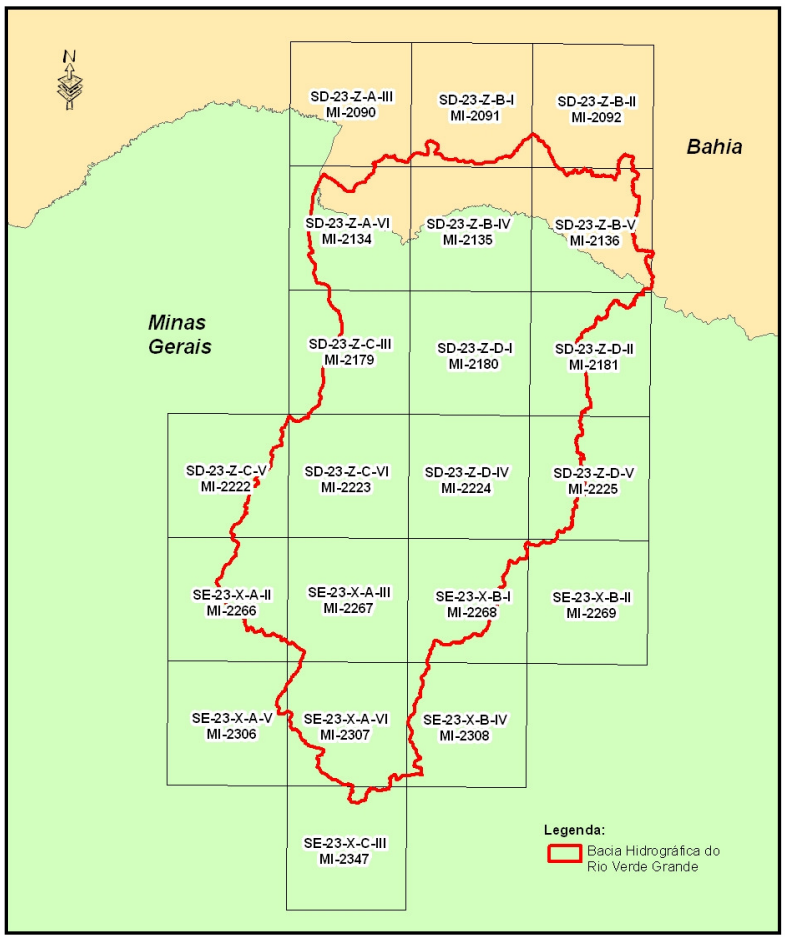


Figura 5.1 – Cartas topográficas (1:100.000) e abrangência da área de estudo.

O processo de georreferenciamento foi realizado em ambiente ESRI ArcMap. O algoritmo utilizado foi o polinômio de 2ª ordem (o mesmo utilizado nas cartas). Foram adquiridos 50 pontos de controle para o mosaico das cenas do Landsat, preferencialmente localizados em cruzamentos de rodovias (vicinais e caminhos

inclusive), divisa de propriedades, e na ausência destes, a rede de drenagem foi a referência, preferencialmente os cursos de margem dupla.

Após a seleção e o georreferenciamento, deu-se o início do processo de digitalização das diferentes classes de uso e cobertura da terra. A interpretação foi realizada visualmente sobre as imagens utilizando-se, contudo, subsídios bibliográficos e cartográficos pré-existentes, bem como o documentário fotográfico e as anotações dos trabalhos de campo. Assim, os arquivos vetoriais resultantes da interpretação têm sua delimitação nestes referenciais. O critério para vetorização foi o da diferente resposta espectral das feições. A primeira etapa do processo de classificação foi a separação destas feições conforme as características de textura, padrões, contextuais e radiométricas.

A geração destes arquivos vetoriais foi realizado em ambiente ESRI ArcMap, no formato *file geodatabase* (.gdb). Antes do processo de classificação foi realizada a edição vetorial dos arquivos buscando a geração de um arquivo final onde cada polígono vetorizado corresponde a apenas um registro na tabela do banco de dados.

Após o processo de edição vetorial, foi iniciado o de classificação das unidades. A técnica de classificação utilizada para a identificação das unidades foi a interpretação visual, onde a equipe definiu as unidades mapeadas a partir de características das feições e das necessidades técnicas do Estudo. Como subsídio para a interpretação das imagens foram utilizadas as cartas temáticas do RADAMBRASIL (sobretudo vegetação), as cartas topográficas 1:100.000, as fotografias aéreas do vôo panorâmico, levantamento florestal do IEF – 2007, bem como as anotações e fotos de campo realizadas pela equipe técnica.

As classes de uso e cobertura atual da terra foram estabelecidas através de estudos interdisciplinares considerando a realidade de campo. Foram definidas preliminarmente duas grandes categorias: uma na qual a dinâmica está relacionada com as atividades sócio-econômicas, denominada “Uso Antrópico”, e outra cuja dinâmica está relacionada com os elementos da natureza, denominada “Cobertura Natural”.

As unidades mapeadas são:

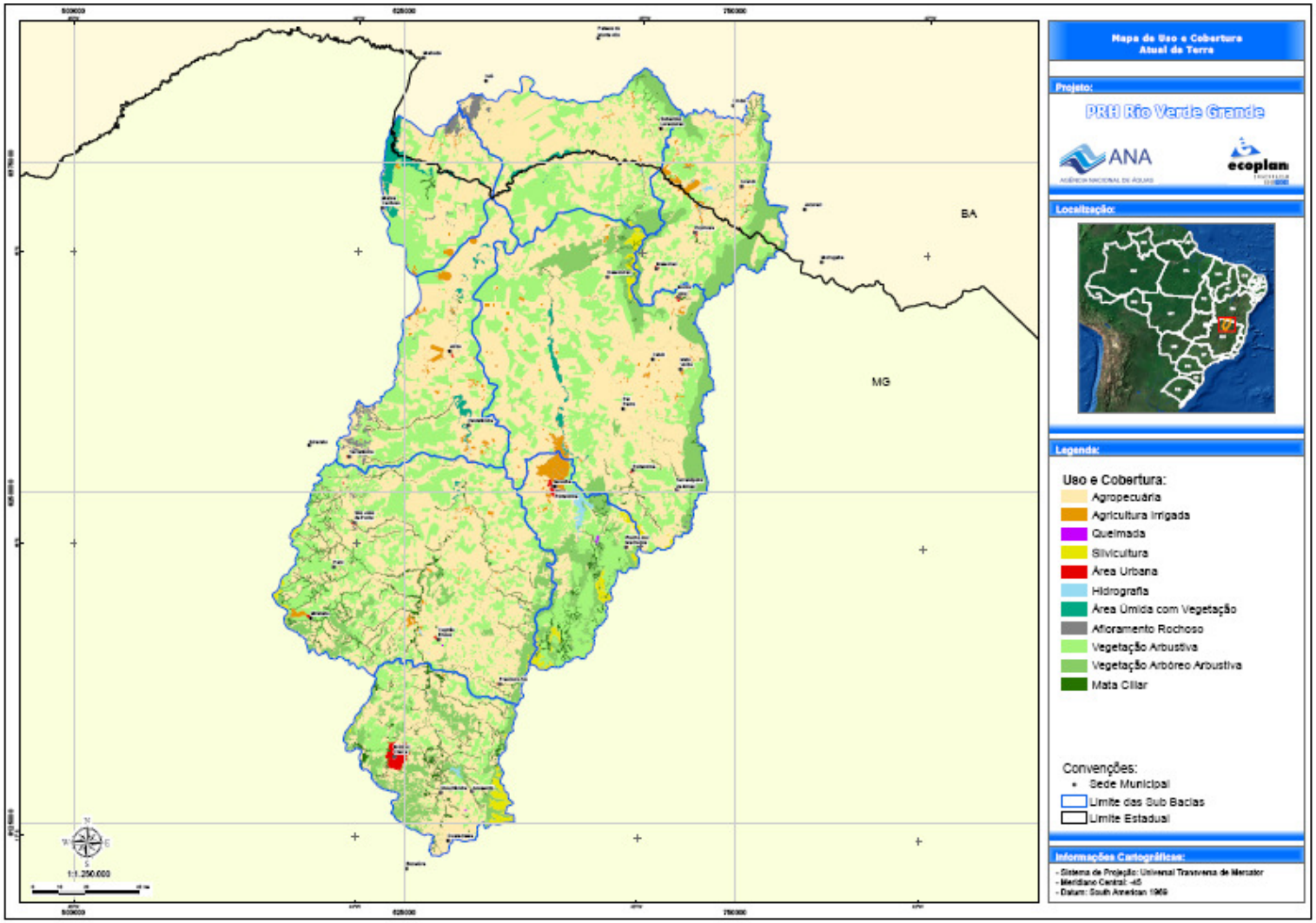
- Agropecuária;
- Agricultura Irrigada;
- Queimada
- Silvicultura;
- Área Urbana;
- Hidrografia;
- Área Úmida;

- Afloramento Rochoso;
- Mata Ciliar;
- Vegetação Arbustiva;
- Vegetação Arbórea / Arbustiva.

A partir da classificação e geração do Mapa de uso e cobertura atual da terra, apresentado a seguir, foram calculadas as áreas em km² de cada classe na bacia e a respectiva participação na área de estudo, conforme os quantitativos apresentados no Quadro a seguir.

Quadro 5.2 - Classificação utilizada para uso e cobertura atual da terra.

Classe	km²	%
Agropecuária	15593,30	49,60
Agricultura Irrigada	520,96	1,66
Queimada	4,59	0,01
Silvicultura	360,86	1,15
Área Urbana	127,67	0,41
Hidrografia	75,389	0,24
Área Úmida	367,30	1,17
Afloramento Rochoso	182,37	0,58
Mata Ciliar	799,18	2,54
Vegetação Arbustiva	10088,06	32,09
Vegetação Arbórea / Arbustiva	3318,22	10,55



Mapa 5.1 – Uso e cobertura atual da terra.

5.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Três aspectos foram selecionados para a caracterização da configuração demográfica da bacia do rio Verde Grande, a saber: população, densidade demográfica e taxa de urbanização. Da observação destes três aspectos, é possível perceber a configuração demográfica da bacia do rio Verde Grande, sob a ótica de concentração populacional e situação predominante dos domicílios, tendo em mente que o cenário apresentado, nas unidades de estudo, refere-se sempre às parcelas dos municípios interiores à bacia.

Assim como os demais tópicos tratados neste relatório, foram utilizadas, para caracterização demográfica, as unidades de estudos adotadas na segmentação da bacia, porém analisando-se também as peculiaridades de cada município.

5.2.1. Correspondência territorial

Em termos históricos, os atuais municípios da Bacia do Verde Grande registram um processo de emancipação recente. Em 1939 foram criados os nove primeiros municípios que a compõem atualmente, oriundos de emancipações de outros municípios de fora dos limites atuais da bacia, sendo três na Bahia e seis em Minas Gerais. Até 1954, outros cinco novos municípios foram criados, todos em Minas Gerais.

Conforme o quadro a seguir, o ano de 1963 marcou a principal leva de emancipações dos municípios da bacia localizados na Bahia. Foram emancipados três municípios dos três já existentes, mais o município de Malhada oriundo de outro de fora da bacia. Somente em 1990 o município de Iuíu veio a se emancipar de Malhada, configurando a atual divisão política da bacia no Estado da Bahia.

No Estado de Minas Gerais, no ano de 1963 emanciparam-se dois municípios e em 1993 outros três. Contudo, em 1997 registrou-se a maior quantidade de emancipações, 10 ao todo.

Conforme é possível observar, a correspondência para a mesma base territorial na bacia do rio Verde Grande é integral somente a partir de 1997. Ou seja, dados populacionais, contagens de efetivos de rebanhos, bem como outros valores de produção agropecuária ou outros são comparáveis diretamente em bases municipais, somente a partir de 1997 ou anos anteriores referenciados nesta base territorial (como por exemplo, o censo agropecuário de 1996).

Quadro 5.3 - Diagrama de emancipações dos municípios da Bacia do Verde Grande (data da instalação).

UF	1939	1944	1949	1954	1963	1990	1993	1997
Bahia	Jacaraci				Mortugaba			
	Urandi				Pindaí			
	Palmas de Monte Alto				Sebastião Laranjeiras			
					Malhada	Iuíu		
Minas Gerais	Porteirinha				Riacho dos Machados			
								Nova Porteirinha
								Pai Pedro
								Serranópolis de Minas
	Espinosa						Mamonas	
	Bocaiúva							Guaraciama
	Francisco Sá		Janúba					Verdelândia
				Capitão Enéas				
		São João da Ponte			Varzelândia			Ibiracatu
	Monte Azul			Mato Verde				Catuti
							Jaíba	
								Gameleiras
	Montes Claros			Juramento				Glaucilândia
					Mirabela			Patis
							Matias Cardoso	
Total	9	10	11	14	21	22	25	35

Fonte: IBGE – Compilação da Legislação Municipal e de Unidades da Federação

5.2.2. Histórico de ocupação regional

A ocupação da região norte-mineira data do final do século XVII, através de dois movimentos populacionais: um deles vindo de Pernambuco e Bahia e o outro de São Paulo. Os vaqueiros seguiram o curso do rio desde a Bahia e Pernambuco e os bandeirantes paulistas fundaram povoados e se estabeleceram como grandes criadores (MATA-MACHADO, 1991, p.24)[61].

Antes da chegada dos baianos e paulistas no norte de Minas a população dessa região era de grupos indígenas que acabaram sendo exterminados ou capturados pela expedição do tenente-general Matias Cardoso.

A expedição de Espinova-Navarro vinda da Bahia, mais precisamente de Porto Seguro no ano de 1553 chegou à região norte e alcançou o Rio São Francisco, porém, foi uma expedição apenas de reconhecimento do local, não realizando nenhum tipo de ocupação. Os historiadores atribuem a Matias Cardoso de Almeida[62] a ocupação efetiva da região a partir de 1690 que neste ano saiu de São Paulo numa campanha militar contra os índios do Ceará e do Rio Grande do Sul. A expedição de Matias Cardoso chegou à superfície plana do Rio Verde, margem do Rio São Francisco onde assentou o Arraial de Morrinhos (VASCONCELOS, 1948)[63].

Após o tenente-general Matias Cardoso e seus soldados deixarem a guerra no sertão nordestino encaminharam-se para o norte de Minas, onde juntos com muitos parentes e pessoas próximas fundaram as grandes fazendas de gado que nos primeiros anos dos setecentos se tornariam essenciais para o abastecimento de Minas. Matias estabeleceu seu arraial na beira do São Francisco e seus parentes acabaram concentrando-se nas margens do dito rio, sendo que a família dos Figueiras que faziam parte da comitiva de Matias fixaram-se junto ao Verde Grande. (FAGUNDES e MARTINS, 2002, p.65).[64]

As fazendas de gado, do nordeste, seguiram a margem do Rio São Francisco e alcançaram então o norte de Minas, sendo então a pecuário um meio eficiente para a ocupação e estruturação da região. No dizer de Caio Prado “esta parte de Minas é, geograficamente e historicamente um prolongamento da Bahia. Foi povoada pelas fazendas de gado que subiram no século XVII as margens do São Francisco, alcançando já nesta fase o seu afluente Rio das Velhas”. (PRADO, 2006)[65].

O Rio São Francisco e seus afluentes tiveram papel fundamental na ocupação da região, servindo de via para transporte de mercadorias e pessoas. Portanto, era estratégico que os povoados ficassem localizados às margens dos rios navegáveis.

---

[61] MATA-MACHADO, Bernardo. História do Sertão Noroeste de Minas Gerais 1690-1930. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1991.

[62] O Bandeirante Matias Cardoso e a ocupação do Norte de Minas. Eduardo Rodrigues da Silva http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=956

[63] VASCONCELOS, Diogo. História Média de Minas Gerais. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1918.

[64] FAGUNDES, Giselle; MARTINS, Nahílson. Capítulos Sertanejos. Montes Claros, 2002.

[65] PRADO, Caio Junior. Formação do Brasil Contemporâneo. 23 ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.

E parte da produção regional sendo comercializada dentro dos limites dos mesmos. Por conta da atividade pecuária desenvolvida, o rio São Francisco recebeu a denominação de Rio dos Currais. Importante meio de contato entre o nordeste e o centro sul do país, sendo assim, mais tarde, passou a ser chamado de Rio da Integração Nacional.

Nos primeiros tempos da ocupação à expansão das fazendas pelo velho Chico, se fez pela violência contra os indígenas, até porque as terras ocupadas eram deles, porém era preciso que se tornassem submissos. "Derrotados" os grupos indígenas, Matias Cardoso firmado nas relações de parentesco, repartiu as terras para seu filho Januário Cardoso e seus parentes. Da expedição do mestre-de-campo Matias Cardoso originou os principais povoadores da região. Entre eles podemos destacar Januário Cardoso e Antônio Gonçalves Figueira.

A Januário Cardoso é atribuída a fundação dos arraias de São Romão e Porto Salgado, hoje Januária. A Antônio Gonçalves Figueira, os de Manga, Barra do Rio das Velhas (Guaicui) e Formigas (Montes Claros). (...) As terras adjacentes foram repartidas por Januário Cardoso a seus parentes de São Paulo. Seus primos, capitão Francisco de Oliveira e D. Catarina Cardoso do Prado ocuparam terras do alto-médio São Francisco; o sobrinho Matias Cardoso de Oliveira, instalou-se na região do Urucuia; Domingos do Prado Oliveira em Pedras do Angico (São Francisco) e Salvador Cardoso Oliveira em Pedras de Baixo (Pedras de Maria da Cruz) (MATA-MACHADO, 1991, P.35)[66].

Os pecuaristas da época criavam cavalos para guiar as boiadas. Com isso, pode-se considerar as rotas das boiadas como um dos fatores para a formação de muitos povoados. Em princípio, esses povoados tendo a função de atender os vaqueiros no momento em que por eles passavam, servindo como uma parada para alimentar e descansar. Paralelo a pecuária desenvolveu-se a agricultura de subsistência como arroz, feijão, mandioca (farinha), milho e cana-de-açúcar (cachaça e rapadura). Os vaqueiros para complementar sua alimentação, plantavam nas vazantes e brejos. No período de enchentes derrubava as matas e se instalava no cerrado. Esse "ciclo natural do rio: seca, enchente, cheia, vazante - sempre possibilitou a essas populações o acesso a terras periodicamente fertilizadas pela matéria orgânica ou lameiro..." (COSTA, 2005, p.311)[67].

Podemos afirmar que no período da colonização, o norte de Minas apresentava muitas condições para a ocorrência de sua ocupação permanente. Seu povoamento no sentido norte para o sul ocorreu quase exclusivamente por força do grande centro que foi a Bahia, com a sociedade açucareira. Já o papel povoador vindo do sul, ocorreu da ganância dos paulistas por ouro, metais preciosos e mão-de-obra barata e farta. Nota-se que a bandeira do tenente-general Matias Cardoso na região foi diferente. Sendo que aos bandeirantes foi atribuída a fama de que sempre anda a

[66] MATA-MACHADO, Bernardo. História do Sertão Noroeste de Minas Gerais 1690-1930. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1991.

[67] COSTA, João Batista de Almeida.Cerrados Norte Mineiro: populações tradicionais e suas identidades territoriais.In: ALMEIDA, Maria Geralda (Org.). Tantos Cerrados: múltiplas abordagens sobre a biogeodiversidades e singularidade cultural. Goiânia: Ed. Vieira, 2005.

viajar, vistos como nômades. Aqui eles estabeleceram povoamentos sólidos, efetivos, permanentes e construiu uma nova vida longe dos grandes povoados, o litoral. Importante enfatizar, que nesse período, não tinha descoberto ouro em Minas Gerais. Portanto, baianos e paulistas – com a indiscutível ajuda dos nativos – baseados na pecuária e utilizando os recursos que a região dispunha, foi o elemento fundamental e estimulador da ocupação do sertão norte - mineiro.

5.2.3. Estratos Populacionais

As populações totais levantadas para cada um dos municípios da bacia correspondem aos dados da Contagem da População 2007 do IBGE. Os percentuais de população urbana e rural, para este ano, foram estimados utilizando-se a mesma proporção encontrada no Censo Demográfico 2000 do IBGE (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – População total, urbana e rural (2007) dos municípios que integram a Bacia.

Município	UF	2000			2007		
		Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Iuiú	BA	10489	44%	56%	11469	4998	6471
Jacaraci	BA	13520	27%	73%	14346	3874	10472
Malhada	BA	15614	39%	61%	16085	6256	9829
Mortugaba	BA	12598	40%	60%	13905	5512	8393
Palmas de Monte Alto	BA	20099	33%	67%	21107	6991	14116
Pindaí	BA	15494	23%	77%	15306	3587	11719
Sebastião Laranjeiras	BA	9283	39%	61%	10712	4199	6513
Urandi	BA	16076	29%	71%	15822	4655	11167
Bocaiúva	MG	42806	76%	24%	44657	33849	10808
Capitão Enéas	MG	13113	76%	24%	14106	10722	3384
Catuti	MG	5337	54%	46%	5303	2882	2421
Espinosa	MG	30978	54%	46%	31322	16998	14324
Francisco Sá	MG	23562	56%	44%	24838	13905	10933
Gameleiras	MG	5263	16%	84%	5226	849	4377
Glaucilândia	MG	2767	28%	72%	2932	808	2124
Guaraciama	MG	4469	54%	46%	4554	2452	2102
Ibiracatu	MG	6534	44%	56%	5898	2578	3320
Jaíba	MG	27287	48%	52%	30386	14641	15745
Janaúba	MG	61651	87%	13%	65387	57157	8230
Juramento	MG	3901	48%	52%	3960	1901	2059
Mamonas	MG	6138	29%	71%	6247	1817	4430
Matias Cardoso	MG	8600	44%	56%	10270	4470	5800
Mato Verde	MG	13185	71%	29%	12664	8980	3684
Mirabela	MG	12552	75%	25%	12769	9640	3129
Monte Azul	MG	23832	48%	52%	22437	10806	11631
Montes Claros	MG	306947	94%	6%	352384	331990	20394
Nova Porteirinha	MG	7389	57%	43%	7358	4164	3194
Pai Pedro	MG	5832	27%	73%	5979	1632	4347
Patis	MG	5164	39%	61%	5346	2106	3240

Município	UF	2000			2007		
		Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Porteirinha	MG	37890	48%	52%	36864	17649	19215
Riacho dos Machados	MG	9358	33%	67%	9392	3095	6297
São João da Ponte	MG	26028	30%	70%	26091	7881	18210
Serranópolis de Minas	MG	4038	39%	61%	4515	1752	2763
Varzelândia	MG	19169	45%	55%	19137	8517	10620
Verdelândia	MG	7179	51%	49%	8029	4124	3905

Para contextualizar os dados de população para o âmbito da bacia, foram utilizadas as proporções de áreas internas à bacia, considerando-se presença de sedes municipais para a população urbana e a parcela da área total do município inserida na bacia para a população rural (Quadro 5.5)

Quadro 5.5 – População urbana, total e rural inserida na Bacia (2007).

Sub-Bacia	Município			População				
	Nome	UF	Área na sub-bacia	Urbana	Rural	Urbana	Rural	TOTAL
			%	(hab)	(hab)	(hab)	(hab)	(hab)
AVG	Bocaiúva	MG	6.0%	-	648	337,150	16,619	353,769
	Francisco Sá	MG	30.3%	-	3,309			
	Glaucilândia*	MG	100.0%	808	2,123			
	Guaraciama*	MG	25.6%	2,451	538			
	Juramento*	MG	99.3%	1,901	2,044			
	Montes Claros*	MG	39.0%	331,990	7,957			
MVG-TA	Capitão Enéas*	MG	100.0%	10,721	3,384	44,251	42,766	87,017
	Francisco Sá*	MG	48.6%	13,905	5,312			
	Ibiracatu	MG	9.0%	-	298			
	Janaúba	MG	36.7%	-	3,019			
	Mirabela*	MG	82.0%	9,639	2,566			
	Montes Claros	MG	24.7%	-	5,039			
	Patis*	MG	99.8%	2,105	3,234			
	São João da Ponte*	MG	99.1%	7,881	18,042			
	Varzelândia	MG	15.5%	-	1,642			
	Verdelândia	MG	5.9%	-	230			
AG	Francisco Sá	MG	21.0%	-	2,299	64,415	13,059	77,474
	Janaúba*	MG	29.1%	57,156	2,395			
	Nova Porteirinha*	MG	73.0%	4,164	2,331			
	Porteirinha	MG	19.5%	-	3,745			
	Riacho dos Machados*	MG	36.4%	3,095	2,289			
MBG	Catuti*	MG	100.0%	2,881	2,421	44,546	51,870	96,416
	Gameleiras*	MG	71.5%	848	3,130			
	Jaíba	MG	34.3%	-	5,401			
	Janaúba	MG	30.6%	-	2,514			
	Mato Verde*	MG	99.8%	8,979	3,677			
	Monte Azul*	MG	84.9%	10,806	9,872			
	Nova Porteirinha	MG	27.0%	-	861			
	Pai Pedro*	MG	100.0%	1,632	4,346			
	Porteirinha*	MG	80.5%	17,648	15,466			
	Riacho dos Machados	MG	16.4%	-	1,031			
	Serranópolis de Minas*	MG	82.2%	1,752	2,271			
	Verdelândia	MG	22.6%	-	880			
MVG-TB	Gameleiras	MG	5.2%	-	228	27,280	18,243	45,523
	Jaíba*	MG	39.1%	14,641	6,156			
	Janaúba	MG	3.6%	-	300			

Sub-Bacia	Município			População				
	Nome	UF	Área na sub-bacia	Urbana	Rural	Urbana	Rural	TOTAL
			%	(hab)	(hab)	(hab)	(hab)	(hab)
	Matias Cardoso	MG	14.6%	-	844			
	Varzelândia*	MG	74.6%	8,516	7,922			
	Verdelândia*	MG	71.5%	4,123	2,793			
AVP	Espinosa*	MG	49.2%	16,997	7,040	23,468	30,617	54,085
	Jacaraci	BA	6.5%	-	683			
	Mamonas*	MG	99.4%	1,816	4,402			
	Monte Azul	MG	15.0%	-	1,739			
	Mortugaba	BA	7.6%	-	636			
	Pindaí	BA	35.3%	-	4,134			
	Sebastião Laranjeiras	BA	13.0%	-	843			
	Urandi*	BA	99.8%	4,655	11,140			
BVP	Espinosa	MG	50.7%	-	7,263	4,199	16,009	20,208
	Gameleiras	MG	23.2%	-	1,016			
	Iuiú	BA	38.6%	-	2,498			
	Palmas de Monte Alto	BA	1.3%	-	184			
	Sebastião Laranjeiras*	BA	77.5%	4,199	5,048			
BVG	Iuiú	BA	26.3%	-	1,700	-	7,190	7,190
	Malhada	BA	16.4%	-	1,614			
	Matias Cardoso	MG	66.8%	-	3,876			

*Sedes Municipais inseridas nas unidades

Observa-se que a população urbana de Montes Claros está totalmente inserida na unidade AVG (331.990 mil habitantes), já que esta contempla a sede municipal, enquanto sua população rural divide-se entre AVG (7.957 mil habitantes) e MVG-TA (5.039 mil habitantes) de acordo com a área deste município inserida nestas duas unidades.

Os municípios de Ibiracatu, em Minas Gerais, Iuiú, Jacaraci, Malhada, Matias Cardoso, Mortugaba, Palmas de Monte Alto e Pindaí, na Bahia, não possuem áreas urbanas inseridas nos limites da bacia hidrográfica.

A soma das populações rurais e urbanas de cada um dos municípios na bacia e sua correspondente distribuição nas unidades de estudo, resultou na configuração apresentada no Quadro 5.6, onde se pode perceber que as unidades mais populosas estão localizadas na parte sul da bacia. Destaca-se a unidade AVG que concentra quase 48% da população total da bacia (note-se que o território de AVG contempla a sede municipal de Montes Claros que é o município mais populoso da bacia). As unidades MBVG-TB e MBVG-TA, segundo e terceiro lugar na representação populacional da Bacia, respectivamente, aparecem com 13% e 12% do total.

Importante ressaltar que o mapa contempla apenas a parcela da população do município inserida na bacia, para denotar a localização das concentrações populacionais na bacia.

Quadro 5.6 – Distribuição da população, nas unidades de estudo, por município inserido na Bacia.

UF	Município	AVG	MVG-TA	AG	MBG	MVG-TB	AVP	BVP	BVG	TOTAL
MG	Bocaiúva	648	-	-	-	-	-	-	-	**648**
	Capitão Enéas	-	1.4105	-	-	-	-	-	-	**14.105**
	Catuti	-	-	-	5.302	-	-	-	-	**5.302**
	Espinosa	-	-	-	-	-	2.4037	7.263	-	**31.300**
	Francisco Sá	3.309	1.9217	2.299	-	-	-	-	-	**24.825**
	Gameleiras	-	-	-	3.978	228	-	1.016	-	**5.222**
	Glaucilândia	2.931	-	-	-	-	-	-	-	**2.931**
	Guaraciama	2.989	-	-	-	-	-	-	-	**2.989**
	Ibiracatu	-	298	-	-	-	-	-	-	**298**
	Jaíba	-	-	-	5.401	20.797	-	-	-	**26.198**
	Janaúba	-	3.019	59.551	2.514	300	-	-	-	**65.384**
	Juramento	3.945	-	-	-	-	-	-	-	**3.945**
	Mamonas	-	-	-	-	-	6.218	-	-	**6.218**
	Matias Cardoso	-	-	-	-	844	-	-	3.876	**4.720**
	Mato Verde	-	-	-	12.656	-	-	-	-	**12.656**
	Mirabela	-	12.205	-	-	-	-	-	-	**12.205**
	Monte Azul	-	-	-	20.678	-	1.739	-	-	**22.417**
	Montes Claros	339.947	5.039	-	-	-	-	-	-	**344.986**
	Nova Porteirinha	-	-	6.495	861	-	-	-	-	**7.356**
	Pai Pedro	-	-	-	5.978	-	-	-	-	**5.978**
	Patis	-	5.339	-	-	-	-	-	-	**5.339**
	Porteirinha	-	-	3.745	33.114	-	-	-	-	**36.859**
	Riacho dos Machados	-	-	5.384	1.031	-	-	-	-	**6.415**
	São João da Ponte	-	25.923	-	-	-	-	-	-	**25.923**
	Serranópolis de Minas	-	-	-	4.023	-	-	-	-	**4.023**
	Varzelândia	-	1.642	-	-	16.438	-	-	-	**18.080**
	Verdelândia	-	230	-	880	6.916	-	-	-	**8.026**
BA	Iuiú	-	-	-	-	-	-	2.498	1.700	**4.198**
	Jacaraci	-	-	-	-	-	683	-	-	**683**
	Malhada	-	-	-	-	-	-	-	1.614	**1.614**
	Mortugaba	-	-	-	-	-	636	-	-	**635**
	Palmas de Monte Alto	-	-	-	-	-	-	184	-	**184**
	Pindaí	-	-	-	-	-	4.134	-	-	**4.134**
	Sebastião Laranjeiras	-	-	-	-	-	843	9.247	-	**10.090**
	Urandi	-	-	-	-	-	15.795	-	-	**15.795**
TOTAL		**353.769**	**87.017**	**77.474**	**96.416**	**45.523**	**54.085**	**20.208**	**7.190**	**741.681**

5.2.4. Densidade Demográfica

A concentração demográfica em cada unidade da bacia está representada no Quadro 5.7. Os dados estimados de população em cada sub-bacia, para o ano de 2007, foram apresentados no item anterior, e as áreas foram obtidas através da segmentação da bacia. A densidade demográfica calculada refere-se à totalidade da Sub-Bacia ($Pop._{total}$ / $Área_{total}$), visto que se trata de um índice unitário, com valor homogêneo para todas as parcelas da unidade de estudo.

Quadro 5.7 – Densidade Demográfica das Sub-Bacias do Rio Verde Grande.

Unidade	População Total	Área	Densidade Demográfica
	(hab)	(km^2)	(hab/km^2)
Alto Verde Grande	353.769	3.097,75	114
Médio Verde Grande - Trecho Alto	87.017	7.102,22	12
Alto Gorutuba	77.474	2.132,87	36
Médio e Baixo Gorutuba	96.416	7.715,33	12
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	45.523	3.161,1	14
Alto Verde Pequeno	54.085	2.898,52	19
Baixo Verde Pequeno	20.208	3.367,74	6
Baixo Verde Grande	7.190	1.934,11	4
TOTAL	**741.682**	**31.409,64**	**24**

Este quadro traz um cenário diferente do anterior, pois há neste caso outra variável em consideração além da população, que é a área da sub-bacia. Assim, mesmo respondendo por pouco mais de 7% da população, a unidade AVP tem uma densidade populacional de 19 hab/km^2, superior às unidades de MVG-TB e MVG-TA que são a segunda e terceira unidades mais populosas respectivamente. AVG, novamente, aparece em destaque neste quadro, com 114 hab/km^2, seguido de AG (36). Na outra ponta, BVG e BVP são as sub-bacias de menor densidade populacional, com menos de 6 hab/km^2.

5.2.5. Urbanização

Também baseado nas estimativas populacionais descritas anteriormente, para o ano de 2007, o Quadro a seguir, retrata a situação da concentração da população urbana na bacia. O conceito de taxa de urbanização denota a uma unidade com taxa de urbanização superior a 50%, uma população concentrada predominantemente nas cidades (áreas urbanas), em detrimento da zona rural.

A taxa de urbanização da sub-bacia AVG, de 95%, deve-se fundamentalmente à população urbana de Montes Claros com uma população urbana de aproximadamente 345 mil habitantes, correspondente a 47% da população urbana total da bacia. Alto Gorutuba, dentre as unidades da Bacia, tem 83% da população concentrada na área urbana, sendo também superior a taxa de urbanizada da bacia como um todo (74%).

Quadro 5.8 – Porcentagem de urbanização nas unidades de estudo.

Sub-Bacia	População			% Urb	%
	Urbana (hab)	Rural (hab)	Total (hab)		
Alto Verde Grande	337.150	16.619	353.769	95%	**48%**
Médio Verde Grande - Trecho Alto	44.251	42.766	87.017	51%	**12%**
Alto Gorutuba	64.415	13.059	77.474	83%	**10%**
Médio e Baixo Gorutuba	44.546	51.870	96.416	46%	**13%**
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	27.280	18.243	45.523	60%	**6%**
Alto Verde Pequeno	23.468	30.617	54.085	43%	**7%**
Baixo Verde Pequeno	4.199	16.009	20.208	21%	**3%**
Baixo Verde Grande	-	7.190	7.190	0%	**1%**
TOTAL	**545.309**	**196.373**	**741.682**	**74%**	**-**

Importante frisar que a representação do referido quadro é para a parcela do município pertencente à bacia, ou seja, nos casos onde a área urbana do município estiver localizada fora da delimitação da bacia do rio Verde Grande, a parcela de população urbana correspondente não está computada, o que pode causar disparidades quando comparados com o município em sua totalidade. Entretanto, conforme já comentado, a intenção é retratar a situação demográfica dentro do limite da bacia, considerando como unidade de análise cada uma das sub-bacias.

5.3. ATIVIDADES ECONÔMICAS E POLARIZAÇÃO REGIONAL

Este item será complementado na próxima versão deste Relatório de Diagnóstico, abordando com mais detalhes todos os itens, além da atividade de mineração, aprsentando um panorama das atividades econômicas desenvolvidas na bacia, bem como a questão da polarização regional.

5.3.1. Estrutura fundiária e utilização das terras

Em 2006, segundo o Censo Agropecuário, a BHVG contava com um total de 1,95 milhão de hectares de área nos estabelecimentos agropecuários. Os estabelecimentos agropecuários são unidades contíguas, que podem ser formadas por mais de uma propriedade, que comportem atividade agropecuária. Desta área total, mais de 1 milhão de hectares era utilizado para pastagens (naturais e plantadas) e aproximadamente 700 mil hectares comportavam matas e florestas (incluindo as florestas plantadas). As lavouras temporárias representavam pouco menos de 150 mil hectares e as lavouras permanentes pouco menos de 36 mil hectares.

Quadro 5.9 – Área dos estabelecimentos agropecuários segundo o tipo de utilização (2006).

Sub-Bacia / UF	Total	Lavouras permanentes	Lavouras temporárias	Pastagens	Matas e florestas
AVG	146.914	1.396	12.502	90.127	42.889
MVG-TA	489.482	4.302	38.065	302.468	144.648
AG	157.869	3.978	10.730	65.426	77.735
MBG	486.230	10.218	40.627	256.045	179.339
MVG-TB	180.004	7.932	8.556	84.692	78.824
AVP	163.512	1.541	18.384	94.271	49.316
BVP	191.017	2.222	12.494	108.285	68.016
BVG	132.094	4.264	7.960	58.798	61.073
Verde Grande	1.947.122	35.852	149.319	1.060.112	701.840
% MG	27.650.775	2.343.271	3.665.970	12.901.698	9.301.335
% BA	35.669.795	2.638.927	4.272.280	20.555.061	8.805.707

Fonte: Censo Agropecuário 2006 – IBGE.

Proporcionalmente, portanto, a principal utilização das terras em 2006 era com pastagens (54,4%). As sub-bacias MVG-TA e AVG concentram maior proporção de áreas com este tipo de utilização (61,8% e 61,3%, respectivamente), embora a utilização das terras com pastagens possa ser considerada disseminada na BHVG, uma vez que a menor participação deste tipo de utilização é registrada na sub-bacia AG (41,4%). Em termos comparativos ao Estado de Minas Gerais, a utilização das terras com pastagens na BHVG é proporcionalmente maior. Somente duas sub-bacias registram utilização inferior ao percentual do Estado (46,7%).

A utilização das terras com matas e florestas na BHVG (36,0%) é proporcionalmente superior à registrada para os Estados de Minas Gerais (33,6%) e Bahia (24,7%). O menor percentual deste tipo de utilização é registrado na sub-bacia AVG (29,2%) e os maiores nas sub-bacias AG (49,2%) e BVG (46,2%), sendo que nestas duas últimas sub-bacias este tipo de utilização supera o uso com pastagens.

Com lavouras temporárias são utilizadas 7,7% da área dos estabelecimentos agropecuários da bacia, proporção inferior à registrada nos estados de Minas Gerais (13,3%) e Bahia (12,0%). A maior participação das lavouras temporárias na utilização das áreas dos estabelecimentos agropecuários nas sub-bacias é registrada na sub-bacia AVP (11,2%), seguida da sub-bacia AVG (8,5%) e a menor é registrada na sub-bacia MVG-TB (4,8%).

Apesar da presença de perímetros irrigados na bacia, a utilização das terras com lavouras permanentes representa 1,8% da área dos estabelecimentos

agropecuários, enquanto no Estado de Minas Gerais representa 8,5% e na Bahia 7,4%. A maior concentração deste tipo de uso, proporcionalmente à área total dos estabelecimentos agropecuários das sub-bacias, é registrada na sub-bacia MVG-TB (4,4%), seguida do BVG 3,2%.

Quadro 5.10 – Distribuição da área dos estabelecimentos agropecuários por tipo de utilização (2006).

Sub-Bacia / UF	Total	Lavouras permanentes	Lavouras temporárias	Pastagens	Matas e florestas
AVG	100	1,0	8,5	61,3	29,2
MVG-TA	100	0,9	7,8	61,8	29,6
AG	100	2,5	6,8	41,4	49,2
MBG	100	2,1	8,4	52,7	36,9
MVG-TB	100	4,4	4,8	47,1	43,8
AVP	100	0,9	11,2	57,7	30,2
BVP	100	1,2	6,5	56,7	35,6
BVG	100	3,2	6,0	44,5	46,2
Verde Grande	100	1,8	7,7	54,4	36,0
MG	102	8,5	13,3	46,7	33,6
BA	102	7,4	12,0	57,6	24,7

Fonte: Censo Agropecuário 2006 – IBGE.

Cabe ressaltar que, segundo informações do próprio IBGE, foram registrados problemas na coleta e tabulação dos dados do Censo Agropecuário 2006, o que pode comprometer a consistência dos resultados, como comprova o somatório da utilização das áreas para os Estados de Minas Gerais e Bahia, os quais supera 100%. Tais problemas podem estar acarretando distorções maiores que as aceitas para este tipo de metodologia, implicando também na não divulgação das demais informações relativas a tipos de cultivos, áreas irrigadas e outras informações úteis a este diagnóstico.

Por sub-bacias, a distribuição da área total dos estabelecimentos agropecuários registra maior concentração nas sub-bacias MVG-TA (25,1%) e MBG (25,0%). Estas sub-bacias perfazem, portanto, mais da metade da área total dos estabelecimentos agropecuários da BHVG, 52,7% do total das áreas utilizadas com pastagens e igual percentual do total das áreas com lavouras temporárias. As lavouras permanentes, contudo, registram distribuição diferenciada, destacando-se a sub-bacia MBG (28,5%) e MVG-TB (22,1%) do total da área com este tipo de utilização.

Quadro 5.11 – Distribuição da área dos estabelecimentos agropecuários por sub-bacias (2006).

Sub-Bacia / UF	Total	Lavouras permanentes	Lavouras temporárias	Pastagens	Matas e florestas
AVG	7,5%	3,9%	8,4%	8,5%	6,1%
MVG-TA	25,1%	12,0%	25,5%	28,5%	20,6%
AG	8,1%	11,1%	7,2%	6,2%	11,1%
MBG	25,0%	28,5%	27,2%	24,2%	25,6%
MVG-TB	9,2%	22,1%	5,7%	8,0%	11,2%
AVP	8,4%	4,3%	12,3%	8,9%	7,0%
BVP	9,8%	6,2%	8,4%	10,2%	9,7%
BVG	6,8%	11,9%	5,3%	5,5%	8,7%
Verde Grande	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
MG	4,7%	1,2%	2,9%	4,4%	7,0%
BA	1,0%	0,1%	0,7%	1,2%	1,0%

Fonte: Censo Agropecuário 2006 – IBGE.

Alguns indicadores relevantes para o diagnóstico da estrutura fundiária na bacia podem ser observados no quadro que segue. A BHVG contava em 2006 com um total estimado de 79.727 estabelecimentos agropecuários. Os estabelecimentos agropecuários localizados em Minas Gerais representavam naquele ano 12,6% do total de estabelecimentos daquele Estado, enquanto a área destes estabelecimentos representava apenas 4,7%. Ou seja, o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários na BHVG (24,4 hectares) é menor que o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários de Minas Gerais (36,1 hectares).

A sub-bacia BVG se destaca pelo tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários (67,0 ha), embora sua participação no número de estabelecimentos (2,5% dos estabelecimentos agropecuários da bacia) e na área (6,8%) seja relativamente reduzida. Destaca-se, também, no extremo oposto, a sub-bacia AVP, cuja área média dos estabelecimentos agropecuários é 12,6 ha, com uma participação significativa no total de estabelecimentos agropecuários estimado para a bacia (16,3%, enquanto em área sua participação é de 8,4%).

As demais sub-bacia apresentam uma área média que varia entre 20,1 ha (MBG) e 30,7 ha (MVG-TB), sendo que a primeira sub-bacia registra a maior participação no total de estabelecimentos agropecuários (30,3%).

Quadro 5.12 – Indicadores da estrutura fundiária (2006).

Sub-Bacia / UF	Estabelecimentos	%	Área média (ha)	Variação % no período 1996/2006		
				Estabelecimentos	Área	Área média
AVG	5.677	7,1%	25,9	14,0%	-22,9%	-32,4%
MVG-TA	16.017	20,1%	30,6	16,0%	-5,3%	-18,4%
AG	6.114	7,7%	25,8	55,9%	21,2%	-22,3%
MBG	24.158	30,3%	20,1	37,1%	-5,0%	-30,7%
MVG-TB	5.872	7,4%	30,7	25,9%	-26,1%	-41,3%
AVP	12.982	16,3%	12,6	-0,7%	0,5%	1,2%
BVP	6.934	8,7%	27,5	40,7%	0,2%	-28,7%
BVG	1.973	2,5%	67,0	32,2%	4,9%	-20,6%
Verde Grande	79.727	100,0%	24,4	23,6%	-6,1%	-24,0%
MG	765.498	12,6%	36,1	9,5%	-7,3%	-15,4%
BA	550.529	1,4%	64,8	10,8%	-12,6%	-21,1%

Fonte: Censo Agropecuário 1996/2006 – IBGE.

Comparando-se as informações relativas a 1996 e 2006 verifica-se que o total de estabelecimentos agropecuários aumentou 23,6% na BHVG, taxas muito superior ao crescimento de 9,5% no Estado de Minas Gerais e 10,8% na Bahia.

Contudo, a área total dos estabelecimentos agropecuários diminui 6,1% na BHVG, o que resultou em uma grande redução do tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários no período (-24,0%), conforme pode ser observado na ilustração a seguir.

A redução na área total dos estabelecimentos agropecuários na BHVG foi menor que a registrada nos estados de Minas Gerais (-7,3%) e Bahia (-21,1%). Entretanto, como o aumento do número de estabelecimentos agropecuários foi bem maior, o tamanho médio dos estabelecimentos na BHVG registrou grande redução.

Somente as sub-bacias AG e BVG registraram crescimento positivo de área total dos estabelecimentos agropecuários (21,2% e 4,9% respectivamente). A sub-bacia AVP manteve sua situação praticamente idêntica de 1996 para 2006. As maiores reduções na área total dos estabelecimentos agropecuários são registradas nas sub-bacias MVG-TB (-26,1%) e AVG (-22,9%).

De maneira geral, a se confirmar a consistência dos dados do Censo Agropecuário de 2006, a BHVG, assim como seus respectivos estados, registram uma redução da área dos estabelecimentos agropecuários acompanhada de um intenso processo de

fracionamento das propriedades, resultando em uma intensa redução no tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários.

A redução da área dos estabelecimentos agropecuários está relacionada com uma redução de sua utilização para pastagens. Na BHVG a área de pastagens reduziu 15,3% no período 1996/2006. Com menor impacto sobre a área total, a utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários para culturas permanentes registrou uma taxa ainda maior (-45,2%) que o uso com pastagens.

Ampliou-se no período 1996/2006 a utilização das áreas com matas e florestas, sendo uma parcela de florestas plantadas, porém, também por recomposição de áreas outrora utilizadas para atividade agropecuária.

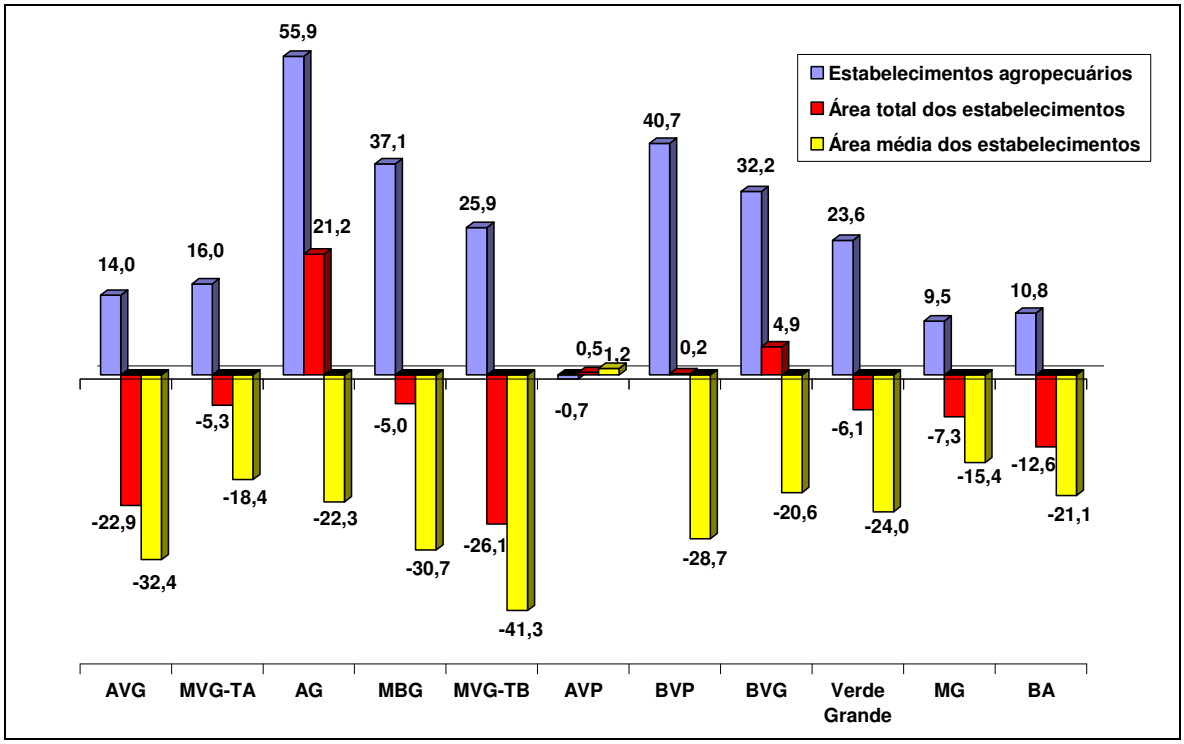


Figura 5.2 - Variação (%) no período 1996/2006 do número e da área dos estabelecimentos agropecuários.

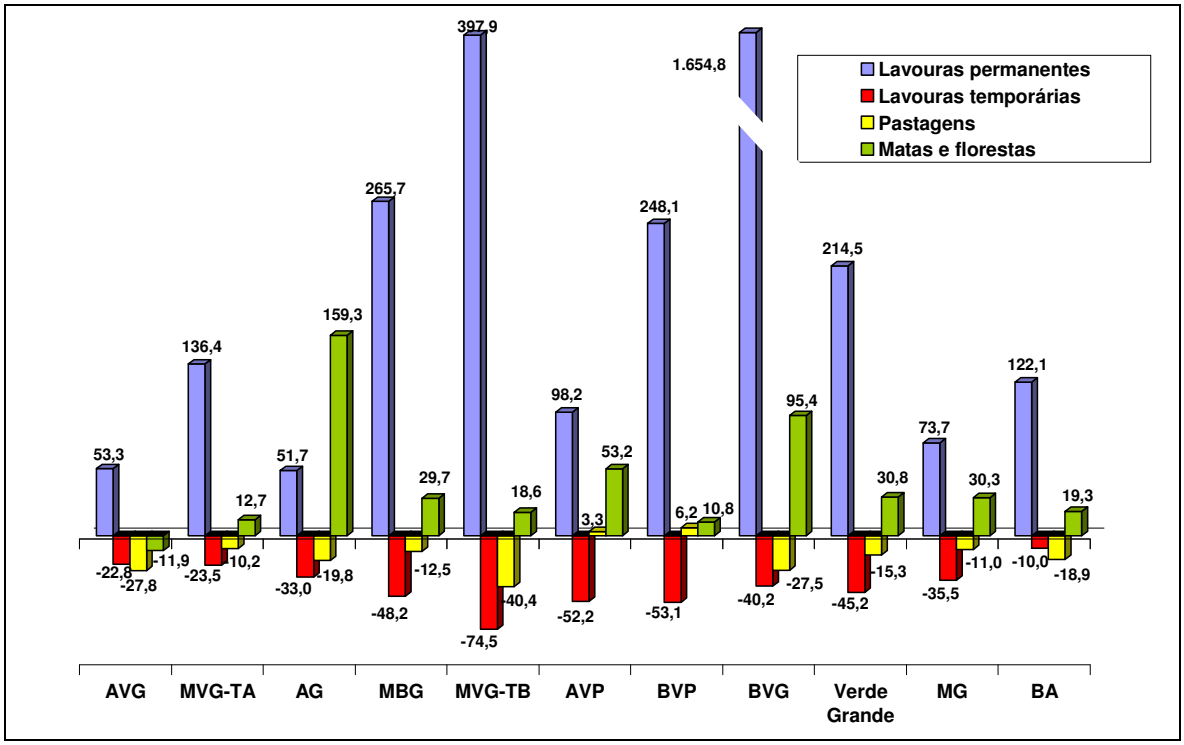


Figura 5.3 - Variação (%) no período 1996/2006 dos tipos de utilização.

A utilização das áreas com lavouras permanentes foi a que registrou maiores taxas de crescimento no período 1996/2006. Na BHVG, segundo os Censos Agropecuários do período, a utilização com lavouras permanentes cresceu 214,5%, enquanto em Minas Gerais este tipo de utilização cresceu 73,7% e na Bahia 122,1%.

O aumento da utilização com lavouras permanentes e a redução da utilização com lavouras temporárias e pastagens é consistente com a redução da área total dos estabelecimentos agropecuários e o aumento do número de estabelecimentos agropecuários, uma vez que os cultivos permanentes, por serem mais intensivos na utilização de capital e trabalho por unidade de área, é realizado em propriedades menores.

5.3.2. Projetos de irrigação

5.3.2.1. Projeto de Irrigação Gorutuba e Lagoa Grande

A implantação dos grandes projetos de irrigação impulsiona a região norte de minas e sudoeste da Bahia. Os principais projetos de irrigação existentes na Bacia são os Projetos Gorutuba (Nova Porteirinha), Lagoa Grande (Janaúba), Jaiba (Jaiba e Matias Cardoso) e Estreito e Cova da Mandioca (Urandi, Espinosa e Sebastião Laranjeiras).

O perímetro de Irrigação Gorutuba atualmente é mantido pela CODEVASF. Em 1978 foi construída a barragem Bico da Pedra. Em 1979 a distribuição dos lotes foi feita a pequenos irrigantes através de uma seleção. Aos grandes e médios produtores (empresários) esta distribuição se deu através de concorrência pública. Em 1986 o perímetro foi emancipado e passou a ser administrado pela cooperativa agrícola de irrigação do Vale do Gorutuba. Em 1992 as atividades de operação e manutenção retornaram para a responsabilidade da CODEVASF. Em 1993 foi instituído o Distrito de Irrigação do Perímetro Gorutuba - DIG que administra, opera, mantém e conserva toda a infra-estrutura de uso comum do projeto. O distrito de Irrigação é uma Associação Civil. Do lado direito do rio Gorutuba fica a cidade de Nova Porteirinha onde está localizado o projeto de irrigação Gorutuba. Do lado esquerdo do rio Gorutuba está localizado o município de Janaúba onde se localiza o projeto de irrigação Lagoa Grande.

A área total do perímetro irrigado do projeto Gorutuba é de 7.064 há e a Área irrigável é de 4.745 ha. São 53 empresários que ocupam 2.290ha e 392 pequenos produtores que ocupam 2.455 ha. As principais culturas produzidas no perímetro são banana, manga, coco, feijão e milho. A produção obtida no ano de 2006 foi de 44.312 toneladas e o valor comercializado com esta produção foi na ordem de R$ 15.510.564,00, conforme dados obtidos junto a CODEVASF de Montes Claros.



Figura 5.4 - Captação Barragem Bico da Pedra (Fonte: Foto Codevasf Montes Claros).

O projeto Lagoa Grande possui uma área de 1.689 ha sendo de 1.689ha irrigáveis. Este Projeto de irrigação atende pequenos empresários da fruticultura (banana). Destes 1.689ha irrigáveis estão sendo utilizados 995 ha, num total de 54 lotes. O projeto Lagoa Grande tem sua captação também na barragem Bico de Pedra e é mantido pela CODEVASF. Gera aproximadamente 900 empregos entre diretos e indiretos. São empregos formais na sua maioria. Porém, apenas um empresário possui 300 ha dos 995 ha irrigados. Conforme informações da CODEVASF de Montes Claros as principais culturas produzidas neste perímetro é banana, caju,

coco, feijão e milho, sendo que no ano de 2006 foram produzidas 8.900 toneladas desses produtos perfazendo um valor comercializado de R$ 3.576.929,00.

5.3.2.2. Projeto de Irrigação Jaíba

O projeto de irrigação Jaiba modificou a economia local e regional. As verduras e frutas que são comercializadas na região saem do projeto de irrigação. Somente para abastecer Montes Claros são de 10 a 15 caminhões por semana. São abastecidos também os mercados de BH e SP. A cidade de Jaíba é "dividida" pelo rio Verde Grande. A parte da cidade que fica entre o Verde Grande e o São Francisco é a parte rica do município e a parte que fica no sentido oposto, do outro lado do Verde Grande é a parte pobre dizem os moradores locais.

O projeto de irrigação Jaiba tem a captação no Rio São Francisco e é composto de quatro etapas. Das quatro etapas duas estão em funcionamento, sendo a primeira etapa de domínio da CODEVASF e a segunda etapa do governo do Estado de Minas Gerais.

A etapa I tem uma área irrigavel de 24.669,58 ha. Os pequenos irrigantes possuem 9.346,68 ha, os empresários 8.042,90 ha e os particulares 7.280,00 ha. A área média plantada em 2006 foi de 10.268,36 ha, tendo sido produzidas 72.659 toneladas e um valor comercializado de R$ 49.813.610,00 entre banana, manga, limão, sementes diversas, feijão, milho, mandioca e pastagens conforme dados da CODEVASF de Montes Claros. O valor investido na revitalização da infra-estrutura de irrigação entre os anos de 2005, 2006 e 2007 foi de R$ 15.001.627,00, sendo para a implantação da etapa III que também será controlada pela CODEVASF o investimento previsto está na ordem de R$ 21.935.000,00. A assistência técnica para os pequenos produtores é feita pela EMATER de Jaíba que mantém convênio com a CODEVASF. São 6 técnicos da EMATER para acompanhar o perímetro irrigado e 4 técnicos para acompanhar os assentamentos que são as áreas de sequeiro, onde estão sendo realizados projetos para a produção de mamona e girassol com o objetivo da produção de matéria prima para a empresa estatal de biodiesel de Montes Claros. O distrito de Irrigação de Jaíba funciona como um conselho e é este quem libera a água, opera e mantém a distribuição. Quem controla é a Associação civil e a CODEVASF. São 20.000 pessoas morando dentro da área do projeto. Este projeto hoje é considerado o maior do Brasil.



Figura 5.5 - Perímetro Jaiba Etapa I (Fonte: Codevasf Montes Claros).

A captação do projeto começa no distrito de Mocambinho pertencente a Jaíba e mesmo compreendendo os município de Jaíba e Matias Cardoso, este último tem uma economia insignificante, cabendo a Jaíba um crescimento expressivo. A produção já utiliza alta tecnologia, pois somente 28% da área está sendo utilizada, porém, já produz 41% da produtividade total do Estado. Estes produtos abastecem Minas, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e mercado externo, sendo que o limão é enviado ao mercado europeu. A IV etapa do projeto Jaíba vai chegar até o Rio Verde Grande. As etapas III e IV já estão com a parte técnica (canais) finalizada, faltando definir o modelo de ocupação e a quem caberá a administração se ao governo do Estado ou a União. A licença para conclusão de todo o projeto é de 5 anos. São áreas e glebas já adquiridas e neste local não terão projetos de assentamentos. A etapa II de Jaíba está sob controle do governo de Minas Gerais e são 20.000 ha que pertencem a apenas 28 empresários. A etapa I sob a gerência da CODEVASF pertence a 2.100 proprietários. O problema é administrar esta diferença dizem os representantes da CODEVASF, pois dentro do projeto há grandes empresários e gente pobre e endividada.

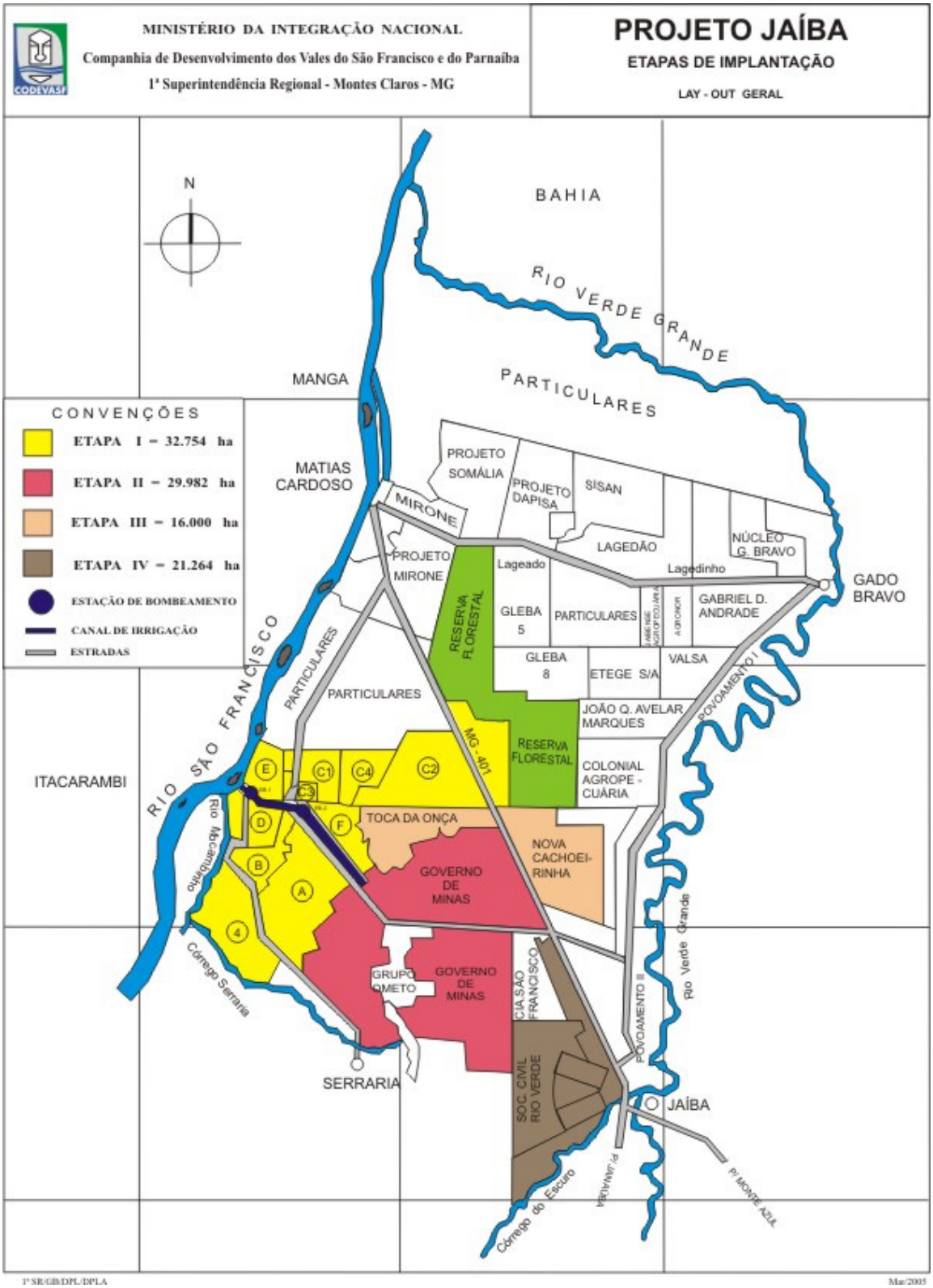


Figura 5.6 - Mapa do Projeto de Irrigação Jaíba (Fonte: Codevasf Montes Claros).



Figura 5.7 - Produção de banana no perímetro irrigado Gorotuba (Fonte: Levantamento de campo Junho de 2009).

5.3.2.3. Projeto de Irrigação Estreito e Cova da Mandioca

Existem dois projetos de irrigação da CODEVASF. O projeto Estreito (Rio Verde Pequeno) é o mais antigo e o Cova da Mandioca (Córrego Cova da Mandioca) é mais recente. Estas comunidades beneficiadas com a irrigação vivem melhores e produzem fruticultura sendo o forte da produção a banana. A produção é enviada para Belo Horizonte, Salvador e região. O município tem 4 rios o Verde Pequeno, Raíz, Cachoeira e Cova da Mandioca sendo que todos estes rios abastecem o projeto de irrigação Estreito e Cova da Mandioca. Aproximadamente 750 famílias são beneficiadas por este projeto. Estes projetos de irrigação compreendem os municípios de Urandi, Espinosa e Sebastião Laranjeiras onde está situada a sede de irrigação da CODEVASF.

5.3.3. Produção Agrícola

O estabelecimento da agricultura se deu em duas frentes. Uma delas diz respeito à implantação de grandes projetos de irrigação, destinados inicialmente à produção de cereais e redirecionados, posteriormente, à produção de frutas, especialmente a banana, que envolvem uma agricultura mais empresarial. A outra destinada à inclusão da agricultura familiar no mercado, através da produção de matéria prima para a indústria em detrimento da produção local e tradicional de subsistência diversificada. (Anexo I- TDR –ANA, 2008).

A produção agrícola das sub-bacias Médio Verde Grande – Trecho Alto (MVG-TA), Alto Gorutuba (AG), Médio e Baixo Gorutuba (MBG) e Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB) estão centrados na produção de fruticultura sendo a banana o produto carro-chefe dos municípios de Jaiba, Matias Cardoso, Janaúba e Nova

Porteirinha, municípios pertencentes a estas sub-bacias. A banana é produzida por médios e grandes produtores, sendo que os pequenos produtores não conseguem se organizar e acessar recursos para a produção desse produto. No município de Janaúba está sediada a Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas – ABANORTE que congrega 16 associações, cooperativas, sindicatos e empresas ligadas ao agronegócio da fruticultura com cerca de 3.500 produtores rurais.

O município de Jaiba exporta limão para a comunidade européia através de empresas de Pack House (Casa de Embalagem), sendo que uma dessas pertence a Associação CentralJaí formada por diversos produtores de limão. Esta associação hoje emprega 50 pessoas e embala em média 150 toneladas de limão por semana, enviando 50% dessa produção para o mercado europeu e 50% para o mercado interno. Para os produtores locais o limão de Jaíba hoje é classificado como o segundo melhor limão do mundo.

Para os representantes do poder público de Jaíba a economia agrícola está começando a tomar novos rumos. A região incorporou grandes projetos de irrigação e hoje estes projetos estão voltados totalmente para a produção de frutas, porém, há uma grande expectativa com relação ao biodiesel que passará na opinião desses representantes a ser o monopólio da economia regional. O município conta com uma empresa de biodiesel, SADA, que absorve aproximadamente 1.000 trabalhadores, entre empregos diretos e indiretos. Em Montes claros a Usina de Biodiesel inaugurada em 2008 pelo governo federal (Petrobrás) já é uma realidade, porém, não há produção da matéria prima no município ou na região norte para o abastecimento dessa usina. A matéria prima vem do triangulo mineiro. Há um movimento local, do município de Montes Claros e regional, abrangendo os municípios ligados a Montes Claros, dos governantes e produtores para encontrarem soluções efetivas para a produção dessa matéria prima. A secretaria de Agricultura de Montes Claros através de seu representante começa a pensar em desenvolver projetos em parceria com a Secretaria Estadual de Ciência Tecnologia e Ensino Superior, Banco do Nordeste, Banco do Brasil, EMATER e Petrobrás para a produção de girassol, mamona, pinhão bravo e outras oleaginosas, junto à agricultura familiar. A EMATER de Jaíba também propõe um projeto junto aos assentamentos do município na produção dessa matéria prima para a usina de Montes Claros, porém, em nenhum dos municípios da bacia há projetos efetivamente sendo realizados. O Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Montes Claros diz que não há possibilidade de que estes projetos venham a ser implementados: “Os pequenos não estão acreditando nisso, porque uma vez já plantaram mamona e ninguém comprou a produção. Acabaram perderam tudo”.

Nos municípios da bacia a CONAB é a grande parceria na demanda da produção agrícola. Porém, apenas os médios produtores conseguem realizar a parceria. Os pequenos produtores reclamam do baixo preço pago pela CONAB e pelas exigências que fazem. Muitos acabam comercializando esta produção para os médios produtores e estes revendem os produtos diretamente para a CONAB. Muito da produção agrícola dessas pequenas propriedades serve apenas para auto-consumo das famílias ou são comercializados nas diversas feiras que ocorrem em todos os municípios da região. Em Urandi duas feiras semanais movimentam a economia do município. São produtos das pequenas propriedades locais e de outros

municípios vizinhos que são comercializados num mercado público. A grande feira da região sudoeste da Bahia acontece em Guanambi. São duas feiras semanais, sendo que a que ocorre na segunda-feira movimenta economicamente toda a região. Os produtos comercializados vêm de todas as cidades do entorno e vão desde produtos como feijão, milho, rapadura, frutas de todas as espécies, alho, cebola, até arremates de gado e feira de carros.

No município de Glaucilândia os pequenos produtores rurais vivem da produção de milho, feijão, rapadura. A produção da pecuária é de pequeno porte e serve como "segurança" a estes produtores, que comercializam o produto apenas quando há necessidade por questão de saúde, por exemplo. As propriedades variam de 15 a 20 ha, podendo algumas chegar a 500 ha. Estas terras passam de geração para a geração, demonstrando que não ocorrem fluxos migratórios neste município.

Mas se não ocorrem fluxos migratórios nos municípios menores, os maiores como Montes Claros, porém, recebe um grande contingente de migrantes oriundos das zonas rurais que vem em busca de oportunidades vislumbradas nos principais centros urbanos. Para o presidente do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Montes Claros e Glaucilândia o que ainda mantêm muitos no campo é a aposentadoria rural. Quem mantém a população rural no campo são os aposentados dessas famílias. O programa federal Bolsa Família é outro modo de sobrevida desse homem do campo que conforme as palavras do presidente do sindicato "não quer mais saber de produzir e está acostumando a ficar pobre".

5.3.4. Produção Pecuária

A produção pecuária constitui a principal atividade econômica em se tratando de terra ocupada e de renda, estando direcionada prioritariamente ao corte. Segundo dados da SEAPA/MG (2001), "as pastagens, dada a importância da bovinocultura na região, ocupam 63% da área, sendo 19% com pastagem natural, ao passo que outros 44% são ocupados com pastagens formadas. Aliados a este quadro de ocupação do solo pela bovinocultura extensiva, têm-se ainda 19% de mata nativa (cerrado e caatinga) e 4% de mata plantada com pínus e eucalipto. Ou seja, a maior parte da bacia está ocupada com pastagens, sendo na sua maioria, degradadas. Esta média assume características mais extremas conforme a região considerada na bacia do Verde Grande, já que a atividade da bovinocultura exerce maior ou menor pressão sobre os recursos naturais".

A produção pecuária de Janaúba é absorvida pelo frigorífico Independência que é a maior empregadora do setor privado local. São cerca de 800 trabalhadores. Em fevereiro último em função da crise econômica mundial a empresa fechou as portas e em junho as atividades começaram a retomar lentamente. Pelo pouco tempo que o frigorífico esteve com suas atividades suspensas isso acabou não gerando impacto na economia local, afirmam os representantes do poder público de Janaúba. Além do frigorífico alguns municípios da bacia do Verde Grande possuem abatedouros municipais que servem para abastecer localmente.

Conforme Sindicato dos Produtores Rurais de Montes Claros, o município apresenta o maior rebanho do Estado, mesmo com todos os problemas enfrentados, como a crise econômica mundial, por exemplo. No sindicato são associados 1.500 produtores e o sindicato atende a 7 municípios denominado Base Territorial. A produção bovina de Montes Claros vai para frigoríficos locais, abatedouros e arremates.

5.3.5. Setor Industrial e Serviços

Algumas pequenas empresas estão sediadas na região de Jaíba e Janaúba. Além do frigorífico Independência em Janaúba e a Usina de Biodiesel em Jaíba a empresa Pomar Brasil localizada também no município de Jaiba que produz polpa de frutas como manga, maracujá e goiaba. A Pomar Brasil emprega cerca de 400 trabalhadores.

O município de Urandi tem uma indústria de fiação considerada a maior da Bahia relata o secretario de agricultura do município, a Sudoeste Têxtil. Ela exporta fios e a matéria prima da indústria vem do município de Barreiras. São cerca de 150 empregos diretos.

O distrito Industrial de Montes Claros possui uma área de 5,2 milhões de m², sendo que desse total 1,0 milhão de m² está disponível para novos empreendimentos. Atualmente funcionam 36 empresas sendo indústrias dos setores de alimentação, comércio atacadista, madeireiro, têxtil, embalagens de polpa, produtos veterinários, farmacêutico, bebidas, plásticos, transportes, reciclagem, metalurgia.

A prefeitura cede terrenos por 10 anos para as indústrias e por este tempo estas ficam isentas dos impostos municipais. Algumas dessas indústrias são exportadoras como é o caso da Coteminas do setor têxtil e a Nordisk do ramo farmacêutico (insulina).

Montes Claros teve um desenvolvimento regional muito grande, mas este desenvolvimento não foi alavancado pelo setor industrial, conforme relatam representantes do setor público. A educação foi a principal causa desse desenvolvimento, transformando o município no maior pólo de educação do norte de Minas e Sudoeste da Bahia. Hoje o município é referencia no Estado e já chegam ao número de 8 unidades de ensino superior. Este perfil transformou um município que tinha primeiramente no setor agropecuário e depois industrial seu forte, num município voltado ao comércio e serviços

5.3.6. Mineração

A abordagem sobre a potencialidade mineral da bacia do rio Verde Grande neste estudo contempla uma discussão sobre os principais bens minerais ocorrentes na bacia e uma avaliação sobre as diversas fases dos processos minerários protocolados junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, o que

permite uma análise sobre o estágio atual de conhecimento e/ou explotação dos depósitos minerais.

5.3.6.1. Principais Recursos Minerais na Bacia do Rio Verde Grande

Os principais bens minerais encontrados na bacia do rio Verde Grande são o calcário, o manganês, o ouro, a argila empregada na indústria cimenteira e aquelas substâncias com emprego direto na construção civil (areia, argila e cascalho). Completam o quadro mineral da bacia ocorrências de fluorita, de diversos metais (ferro, zinco, chumbo, cobre e vanádio) e de rochas fosfatadas.

A seguir é apresentada uma síntese descritiva dos recursos minerais ocorrentes na bacia do rio Verde Grande.

a) Calcário

O calcário ocorrente na bacia do rio Verde Grande está associado às Formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, sendo utilizado na indústria cimenteira, na construção civil (pedra britada) e na correção de solos. As principais jazidas se encontram nos municípios mineiros de Montes Claros, Janaúba, Januária e Jaíba e no município baiano de Iuiú.

Na região de Montes Claros, a indústria cimenteira lavra o calcário no segundo nível da Formação Lagoa do Jacaré, onde também ocorrem pelitos e lentes de dolomitos. A Lafarge do Brasil S.A. é a principal empresa cimenteira atuante na região. Ainda, na região de Montes Claros destaca-se a produção de pedra britada utilizada para lastros de ferrovia e agregados para construção civil, areia artificial de calcário para argamassas e pó para corretivo de solos. Na região de Janaúba também se verifica produção de brita e pedra para construção civil.

A produção de calcário para fins de correção de solos vem sendo explorada por diversas empresas na bacia do rio Verde Grande. Como exemplo, tem-se a Construtora Pavisan Ltda., produtora de agregados para a construção e pó calcário para corretivo de solo. Essa empresa, no momento, está expandindo sua produção de 6 mil para 10 mil toneladas/mês de pó de calcário para corretivo de solo. A unidade produtiva da Pavisan se localiza em Montes Claros.

No Quadro 5.13 são apresentadas as reservas de calcário na bacia do rio Verde Grande conforme dados do Anuário Mineral Brasileiro – 2006.

Quadro 5.13 – Reservas de calcário na bacia do rio Verde Grande

Município	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
Jaíba	75.007.487	52.312.400	25.450.500	127.319.887
Montes Claros	294.705.806	96.373.855	203.762.297	234.779.132
Sebastião Laranjeiras	39.060.706	71.196.000	-	39.060.706

b) Ouro

As ocorrências de ouro na bacia do rio Verde Grande estão associadas à Seqüência Metavulcanossedimentar Riacho dos Machados. O depósito de ouro denominado Ouro Fino, localizado no município de Riacho dos Machados, foi lavrado em mina de superfície pela Companhia Vale do Rio Doce, apresentando estimativas de reservas em 3 Mt de minério, com teor médio de 2,2 g/t Au. As atividades de lavra nesse depósito foram suspensas pela referida empresa.

O depósito Ouro Fino se encontra na unidade de xistos aluminosos e quartzo feldspáticos da referida seqüência metavulcanossedimentar (FONSECA et al., 1993[68]; LOBATO & PEDROSA-SOARES, 1993[69]). A mineralização aurífera nos xistos está intensamente hidrotermalizada ao longo de zonas de cisalhamentos dúcteis, com orientação N20E/45SE, as quais controlam a distribuição deste minério (FONSECA & LOBATO, 1991[70]). Os corpos de interesse para a mineração – com mais de 2 ppm Au – estão orientados segundo a lineação 140/38, onde apresentam associação com quartzo e diversos sulfetos de origem metamórfica. O ouro nestes corpos apresenta-se na forma de grãos muitos finos (aproximadamente 400 mesh), distribuídos ao longo dos veios de quartzo cristalizados.

c) Argila, areia, cascalho e pedra britada

Areia, brita, argila e cascalho são substâncias minerais comumente cobiçadas nas proximidades de centros urbanos, tendo em vista suas necessidades de edificações de moradias e de obras de infra-estrutura, dentre outras demandas. A escassez desses bens minerais e o distanciamento das áreas de produção levam a uma elevação dos custos do produto e a um acirramento na demanda pelos mesmos. Esta pressão para obtenção desses materiais construtivos não é observada na bacia do rio Verde Grande devido à grande oferta deste bem mineral.

As demandas regionais por areia e cascalho são atendidas a partir dos depósitos ocorrentes nas planícies aluvionares, como aqueles ocorrentes ao longo das calhas dos rios Verde Grande e Gorutuba. Como será visto no item seguinte, a explotação legal dessas substâncias minerais de emprego direto na construção civil é feita sob o regime de Licenciamento, titulação concedida pelas Prefeituras Municipais e registrada no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Assim, são verificados Licenciamentos para a extração de areia nos municípios de Francisco Sá, Janaúba, Mirabela e Porteirinha.

Para a extração de argila são verificados Licenciamentos nos municípios de Montes Claros, Porteirinha e Nova Porteirinha. Além do uso da argila na indústria cerâmica, esse bem mineral também é empregado na indústria cimenteira implantada no

[68] Fonseca, E. 1993. Depósito Aurífero de Riacho dos Machados, Norte de Minas Gerais: Hidrotermalismo, Deformação e Mineralização Associada. Tese de Mestrado - IGC-UFMG, Belo Horizonte, 179 p.
[69] Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. 1993. Síntese dos Recursos Minerais do Cráton do São Francisco e Faixas Marginais em Minas Gerais. GEONOMOS, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 51-64

[70] Fonseca, E.; LOBATO, L. M. 1991. Metamorfismo e Alteração Hidrotermal da Seqüência de Ouro Fino, Riacho dos Machados, MG. Simp. Geol. Minas Gerais, 6, Anais (Rev. Esc. Minas, Ano 56, Vol. 45, 01/02, 1992), p. 176-178.

município de Montes Claros. Para este fim industrial, a extração de argila é feita sob o regime de Concessão de Lavra. Conforme dados do Anuário Mineral Brasileiro – 2006, as reservas lavráveis de argila no município de Montes Claros totalizam cerca de 20.563.823 toneladas.

A brita é obtida pela cominuição de rochas calcárias ocorrentes na bacia. Licenciamentos para a produção de brita são verificados nos municípios de Montes Claros, Janaúba, Matias Cardoso e Mirabela.

A cidade de Montes Claros, por ser um centro urbano em crescente expansão, com características de polo regional, é o principal consumidor desses bens mineral de emprego direto na construção civil. A cidade de Janaúba também se destaca pela apropriação da argila na indústria de cerâmica vermelha.

d) Manganês

Depósitos de manganês são verificados no município baiano de Urandi. RIBEIRO FILHO (1974)[71] avalia que o minério da mina de Pedra Preta apresenta teores variando entre 45 a 53% de Mn. Este depósito tem sua gênese ligada ao metamorfismo regional sobre os sedimentos singenéticos ricos em óxidos de manganês.

No Anuário Mineral Brasileiro – 2006 não são referenciadas reservas de manganês no município de Urandi, no entanto, é creditada ao município vizinho de Licínio de Almeida, situado em área limítrofe à bacia do rio Verde Grande, uma reserva lavrável de 48.259 toneladas de minério com teor de 40,04% de Mn. O Anuário Mineral também credita ao município mineiro de Riacho dos Machados uma reserva lavrável de 6.529 toneladas de minério com 34,81% de Mn

e) Quartzo

Este mineral ocorre de forma difusa em toda bacia, mas com uma concentração maior na borda leste, onde as ocorrências estão relacionadas ao Supergrupo Espinhaço. Nessa região são verificados depósitos associados a zonas de falhas que cortam as unidades do referido supergrupo. O quartzo ocorre, comumente, na forma de veios, ganhando importância econômica aquele com características hialinas devido ao seu emprego na indústria eletro-eletrônica.

f) Zinco, chumbo e cobre

A principal ocorrência zinco e chumbo localiza-se na região de Porteirinha-MG, no denominado Depósito Salobro (CROCCO et al., 2006[72]). Este depósito foi investigado no âmbito de um programa nacional de prospecção de ouro e metais base executado pela Companhia Vale do Rio Doce.

[71] Ribeiro Filho, E. 1974. Geologia da mina de manganês Pedra Preta, Urandi, Bahia. Boletim IG-USP, v. 5, p. 47 - 55
[72] Crocco. F. A.; Abreu, F. R. de; Teixeira, N.; Cançado, F. L. L.; Maciel, J. D.; Sena, F.; Ramos, M. M. 2006. Mineralizações de zinco e chumbo do depósito Salobro, Porteirinha (MG). Revista Brasileira de GeocienciasVol. 25, n. 3 (359 - 378).

As mineralizações de zinco e chumbo estão associadas à Seqüência Metavulcanossedimentar Riacho dos Machados, ocorrem nas camadas de metachert e são do tipo *stratabound*. Investigações geológicas definiram os recursos em 8 Mt com teores de 7% de Zn e Pb. Esfalerita e galena são os minerais econômicos, ambos apresentando granulometria grossa devido ao metamorfismo regional. O teor de ferro da esfalerita varia entre 2,4% e 7,9%. A ganga do minério é composta principalmente por quartzo, anfibólio e magnetita. Pirita e pirrotita estão presentes disseminadas no minério e em vários corpos maciços e espessos.

Apesar de tratar-se de um depósito de dimensões reduzidas, o Salobro apresenta características competitivas e favoráveis à sua explotação. No contexto mundial, o depósito de zinco e chumbo do Salobro se enquadra como um depósito de pequeno porte, com cerca de 500.000 t de metal contido.

Outros estudos também citam a ocorrência de Pb e Zn nas rochas sedimentares do Grupo Bambuí, neste caso os depósitos são tipo Mississipi Valley. CPRM (2004)[73] informa uma ocorrência de cobre na localidade de Landinho, município de Monte Azul-MG.

g) Minério de Ferro

A Companhia Vale do Rio Doce avaliou na região de Porteirinha-MG depósitos de minério de ferro com reservas medidas da ordem de 650 Mt, com teores entre 40 e 60% de Fe. Estes depósitos estão associados aos diamictitos hematíticos do Grupo Macaúbas. O minério é constituído de hematita fina, geralmente lamelar. A sua gênese esta ligada a uma natureza sedimentar-exalativa relacionada à abertura do rifte Macaúbas, com idades aproximadas de 900 Ma. Na região de Urandi-BA ocorrem depósitos relacionados as seqüências metavulcanossedimentares, que recentemente foram calculados em 300 Ma toneladas de Fe.

Observa-se atualmente na bacia do rio Verde Grande um interesse na pesquisa por depósitos de minério de ferro. Nos municípios de Espinosa-MG, Urandi-BA e Sebastião Laranjeiras- BA, situado na porção norte da bacia, são verificadas dezenas de Autorizações de Pesquisa para minério de ferro.

h) Fluorita

A fluorita está relacionada as rochas metassedimentares do Grupo Bambuí, mais precisamente às lentes e bolsões cársticos intraestratificados em rochas dolomíticas (DARDENE, 1988[74]). A gênese da fluorita estaria relacionada à percolação de fluídos após a litificação das rochas encaixantes carbonáticas, a qual ocorreu em ambiente de mar aberto gerando condições redutoras, estas criaram um ambiente propício para deposição dos sulfetos e a fluorita. CPRM (2004) indica uma ocorrência de fluorita no município de Iuiú-BA, situado no extremo norte da bacia.

[73] BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2004. Projeto Geologia, Tectônica e Recursos Minerais: Sistema de Informações Geográficas – SIG e Mapas na escala 1:2.500.000. Em CD-ROM. Brasília
[74] Dardene, M.A. 1988. Geologia do Chumbo e Zinco. In: Schobbenhauss, C. Coelho, C. E. S. (eds). Principais Depósitos Minerais do Brasil: Metais Básicos Não-Ferrosos, Ouro e Alumínio. Brasília, DNPM/CVRD, v.2, p.275-306

A fluorita quando em contato com águas subterrâneas ou meteóricas reage liberando íons de flúor nas águas, podendo ocasionar a fluorose, ou seja, distúrbios na formação dentária da população, como constatado em estudos realizados no município de Jaíba-MG.

5.3.6.2. Situação Geral dos Processos Minerários

O levantamento dos processos minerários localizados na bacia do rio Verde Grande foi realizado a partir da consulta ao banco de dados SIGMINE, do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, realizada em 10/05/2009. Numa primeira análise os processos de diretos minerários foram classificados por fase tomando por base a metodologia adotada pelo DNPM, ou seja, considerando as fases de tramitação processual.

Numa segunda fase foram agrupados os processos minerários que, no momento da pesquisa, encontravam-se em fase de lavra, ou seja, que estão em fase de aproveitamento industrial, constituindo-se numa atividade econômica.

Conforme dados do cadastro SIGMINE, na bacia do rio Verde Grande foram levantados os registros de 544 processos minerários. O Quadro 5.14 mostra a totalização dos processos de direitos minerários agrupados por fase processual, conforme classificação do DNPM.

Quadro 5.14 – Relação de Processos Minerários Classificados por fase de Tramitação no DNPM

Fase do processo	Minas Gerais	Bahia	TOTAL
Concessão de Lavra	15	3	18
Licenciamento	24	-	24
Autorização de Pesquisa	193	126	319
Requerimento de Lavra	7	-	7
Requerimento de Licenciamento	3	-	3
Requerimento de Pesquisa	110	22	132
Requerimento de Registro de Extração	8	-	8
Disponibilidade	8	25	33
TOTAL	**368**	**176**	**544**

Os processos minerários mostram a tendência mineral da região e em que fase os trabalhos referentes àquele bem mineral estão se desenvolvendo. A seguir, são especificadas as características básicas das diversas fases dos processos minerários e apresentadas suas distribuições na bacia e as substâncias minerais de interesse.

*Concessão de Lavra***:** a Portaria de Lavra é o documento emitido pelo Ministro das Minas e Energia. Na área em estudo o maior número de Portarias de Lavras foi

outorgado para o aproveitamento de argila (10 títulos minerários), seguido pelo calcário (5 títulos) e do ouro, manganês e areia (com um título cada).

O Quadro 5.15 apresenta a distribuição das Concessões de Lavra pelos municípios da bacia.

Quadro 5.15 – Distribuição das Concessões de Lavra por Município

Substância Mineral	Municípios		Total
	MG	BA	
Areia	Montes Claros (1)	-	1
Argila	Montes Claros (9)	-	9
Argila refratária	Montes Claros (1)	-	1
Calcário	Montes Claros (3)	Iuiú (2)	5
Manganês	-	Urandi (1)	1
Ouro	Riacho dos Machados (1)	-	1
Total	**15**	**3**	**18**

São também verificados na parte mineira da bacia do rio Verde Grande sete Requerimentos de Lavra, tipo de solicitação que antecede a outorga da Concessão de Lavra. Esses requerimentos são para a lavra de manganês em Riacho dos Machados, quartzo em Monte Azul, areia para fundição em Janaúba, argila em Francisco Sá e calcário em Montes Claros (2) e Capitão Enéas (1).

*Licenciamento Mineral***:** este é um tipo de aproveitamento de substância mineral cujo processo é simplificado e se aplica exclusivamente a substâncias de emprego direto na construção civil (areia, argila, cascalho, pedra britada, entre outras), além de argila para emprego em cerâmica vermelha e calcário para corretivo do solo. Nesta classe existem ativos 24 processos na bacia, todos eles no Estado de Minas Gerais, sendo 12 para areia, 8 para argila e 4 para calcário.

O Quadro 5.16 apresenta a distribuição dos Licenciamentos pelos municípios da bacia.

Quadro 5.16 – Distribuição dos Licenciamentos por Municípios

Substância Mineral	MUNICÍPIOS		Total
	MG	BA	
Areia	Francisco Sá (2) Janaúba (2) Mirabela (7) Porteirinha (1)	-	12
Argila	Montes Claros (5) Nova Porteirinha (1) Porteirinha (2)	-	8
Calcário	Janaúba (1) Matias Cardoso (1) Mirabela (1) Montes Claros (1)	-	4
Total	**24**	**0**	**24**

São também verificados na parte mineira da bacia do rio Verde Grande três Requerimentos de Licenciamento, procedimento prévio à extração mineral no regime de licenciamento. Trata-se de 2 requerimentos para areia nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha e um requerimento para a lavra de argila em Montes Claros.

Autorização de Pesquisa: representa a autorização que permite o titular a realizar trabalhos geológicos buscando a definição de uma jazida mineral. Nesta fase desenvolvem-se trabalhos de pesquisa geológica visando quantificar, qualificar, localizar espacialmente um jazimento mineral, além de comprovar a pré-viabilidade econômica de sua exploração. Na área da bacia do rio Verde Grande, na data de 10/05/2009, existia no SIGMINE um total de 319 Autorizações de Pesquisa, sendo que 193 estão localizados no Estado de Minas Gerais e 126 na Bahia. Ressalta-se que alguns alvarás abrangem áreas contíguas dos Estados de Minas Gerais e da Bahia, sendo os mesmos, no âmbito deste estudo, relacionados ao estado onde apresentam maior extensão.

Conforme pode ser observado no Quadro 5.17, 151 Autorizações de Pesquisa, representando 47,5% do número de alvarás da bacia, tem o objetivo de pesquisar minério de ferro. Os metais cobre, zinco, níquel e chumbo representam 22,5% do total de Autorizações de Pesquisa verificados na bacia. Observa-se, ainda, que os municípios de Espinosa, Urandi, Sebastião Laranjeiras e Pindaí, situados no extremo nordeste da bacia, congregam 53,4% dos títulos de Autorização de Pesquisa abrangidos pela área em foco.

São também verificados na bacia do rio Verde Grande 132 Requerimentos de Pesquisa, solicitação que antecede a obtenção do título de Autorização de Pesquisa. Esses requerimentos são para bens minerais diversos, destacando-se os minérios de ferro, com 46,6% do total de requerimentos, e de zinco, com 20,3%. Esses requerimentos abrangem em sua maioria os municípios das regiões norte e oeste da bacia.

Registro de Extração: esse regime especial de exploração mineral se aplica às substâncias minerais de uso direto na construção civil, para uso exclusivo em obras públicas quando executadas por órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados e Municípios. Na pesquisa realizada no SigMine do DNPM não foram constatados processos referentes à fase de Registro de Extração ao longo da bacia do rio Verde Grande, sendo, no entanto, verificados processos na fase de Requerimento de Registro de Extração, sendo sete para a lavra de cascalho nos municípios de Monte Azul, Gameleiras, Riacho dos Machados e Porteirinha-MG, e um para a exploração de pedreira para produção de brita no município de Monte Azul-MG. Esses requerimentos foram apresentados pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais e pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba.

Por fim, conforme observado no Quadro 5.14, na bacia do rio Verde Grande estão incluídas 33 áreas que se encontram na situação de "Disponibilidade", que são áreas desoneradas de requerimento ou titulação pelo DNPM e que estão à disposição, por um prazo de 60 dias a contar da publicação de Edital no D.O.U., para requerimentos de terceiros interessados na nova titulação para a pesquisa ou lavra. A maioria das áreas na situação de "Disponibilidade" está localizada no município de Urandi-BA (19 áreas).

Quadro 5.17 – Distribuição das Autorizações de Pesquisa por Substância Mineral e Municípios

Municípios	Substâncias Minerais																		Total
	Água Mineral	Areia	Argila	Calcário	Chumbo	Cobre	Diamante	Ferro	Fosfato	Granito	Magnesita	Manganês	Mármore	Níquel	Ouro	Quartzo	Vanádio	Zinco	
Espinosa						3		34		4		2			2	1		6	52
Francisco Sá		4						1							2	11			18
Iuiú					1				3	1			2						7
Jacaraci								4		1							1		6
Janaúba		1		2				9										12	24
Malhada									2										2
Mato Verde						5		8								2			15
Mirabela			1																1
Monte Azul						1		8				1				1			11
Montes Claros		1		7											1				9
Mortugaba								2											2
Pindaí								14						2					16
Porteirinha						7	1	4		1		1			7	4		6	31
Riacho dos Machados						2		1							10	1		3	17
São João da Ponte	1			2															3
Sebastião Laranjeiras						6		30		2									38
Urandi						11		36		3	1	9						5	65
Verdelândia						2													2
Total	1	6	1	11	1	37	1	151	5	12	1	13	2	2	22	20	1	32	319

5.3.6.3. Processos Minerários em Fase de Lavra

A relação dos processos minerários na bacia do rio Verde Grande que se encontram na fase de lavra, ou seja, classificados pelo DNPM em Concessão de Lavra e Licenciamento, é apresentada no Quadro 5.18.

Montes Claros é o município com maior número de áreas em fase de lavra, abrangendo 14 Concessões de Lavra e 6 Licenciamentos. Os principais alvos dessas Concessões de Lavra são o calcário e a argila empregados na indústria cimenteira local, destacando-se as atividades da Lafarge do Brasil S.A. Os Licenciamentos visam a produção de areia, argila e brita de calcário para emprego direto na construção civil.

A Companhia Vale do Rio Doce é titular da única Concessão de Lavra para minério de ouro verificada na bacia do rio Verde Grande. Essa área está localizada no município de Riacho dos Machados, estando com as atividades de lavra suspensas. No município de Urandi é verificada uma Concessão de Lavra para manganês, sendo a lavra empreendida pela Mineração Urandi S.A.

5.3.6.4. Outras informações relevantes

No município de Urandi/BA, existe um projeto de mineração em estudo (Minério de Ferro). A empresa Mineração Bahia está fazendo este estudo há dois anos relatam os entrevistados e até o momento não apresentou nada de concreto ao município. Não absorvem nenhuma mão-de-obra local e nem mesmo adquirem no município o combustível (aproximadamente 1.500 litros/dia) utilizado no trabalho. A empresa autorizada a exploração do minério está perfurando os morros do município e o poder público se diz preocupado em relação ao meio ambiente.

A Companhia Vale S.A e a Mineração Urandi S.A são proprietárias da Mina Pedra Preta para a exploração de Manganês no município de Urandi próximo ao município de Lucínio de Almeida. Conforme relato dos entrevistados esta mina não está sendo explorada.

Caetité, município próximo a Guanambi/BA é considerado o município sede da URA (Unidade de Concentração de Urânio) das Industrias Nucleares do Brasil. Estas industrias há 10 anos lavram a céu aberto na jazida de Cachoeira.

No município de Montes Claros a empresa Lafarge Brasil S.A é a principal indústria de cimento atuando na região. Na região de Montes Claros também a produção de pedra britada e areia.

Quadro 5.18 – Relação dos Processos em Fase de Lavra.

Continua

Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância Mineral	Munícipio	UF
6843/1966	4,73	Concessão de Lavra	Mineração Urandi SA	Manganês	Urandi	BA
807738/1976	609,50	Concessão de Lavra	Carbonal Carbonato de Cálcio Natural Ltda.	Calcário	Iuiú	BA
807739/1976	776,27	Concessão de Lavra	Carbonal Carbonato de Cálcio Natural Ltda.	Calcário	Iuiú	BA
7914/1964	111,50	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
806656/1975	55,45	Concessão de Lavra	Construtora Pavisan Ltda.	Calcário	Montes Claros	MG
808912/1976	207,00	Concessão de Lavra	Sobrita Indústrica e Comércio Ltda.	Calcário	Montes Claros	MG
816483/1969	101,54	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
830018/1992	500,02	Concessão de Lavra	Cros Mineração Ltda.	Calcário	Montes Claros	MG
830713/1994	132,00	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831005/1982	1000,00	Concessão de Lavra	Companhia Vale do Rio Doce	Ouro	Riacho dos Machados	MG
831062/1986	342,26	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831130/1982	273,21	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831304/1980	463,57	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831305/1980	493,00	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831306/1980	384,23	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
831416/1983	730,00	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila	Montes Claros	MG
832244/1994	289,00	Concessão de Lavra	Lafarge Brasil SA	Argila refratária	Montes Claros	MG
838047/1994	50,00	Concessão de Lavra	Areieira Sobrita Ltda.	Areia	Montes Claros	MG
803266/1978	5,38	Licenciamento	Vicente Rodrigues Costa – Firma Individual	Areia	Janauba	MG
830132/2001	18,11	Licenciamento	Mauro Mendes Cardoso	Areia	Mirabela	MG
830727/2006	50,00	Licenciamento	Caires e Dias Exploração e Comercio de Areia Ltda.	Areia	Janauba	MG
830931/1990	20,00	Licenciamento	Cerâmica Montezuma Ltda.	Argila	Montes Claros	MG
831157/1985	49,98	Licenciamento	Pedramontes Indústrica e Comércio Ltda.	Calcário	Montes Claros	MG
831495/2000	32,20	Licenciamento	Jaime Mendes de Oliveira	Areia	Mirabela	MG

Processo	Área (ha)	Fase	Titular	Substância Mineral	Munícipio	UF
831527/2007	50,00	Licenciamento	Construbrita Ltda.	Calcário	Matias Cardoso	MG
831547/1999	49,98	Licenciamento	João Pedro Vieira Cavalcante	Areia	Mirabela	MG
831589/2006	15,77	Licenciamento	Areieira Rio Landim Ltda.	Areia	Francisco Sá	MG
831837/2000	31,25	Licenciamento	Cerâmica Colonial Indústria e Comércio Ltdal	Argila	Montes Claros	MG
831870/1999	34,14	Licenciamento	Maria de Jesus Rodrigues Pereira	Areia	Mirabela	MG
831896/1999	49,98	Licenciamento	Luiz Carlos Fiuza de Souza	Areia	Mirabela	MG
831923/1998	10,01	Licenciamento	Indústria e Comércio Cerâmica Bela Vista Ltda.	Areia	Mirabela	MG
831925/2003	49,56	Licenciamento	Figueiredo e Botelho Ltda.	Calcário	Mirabela	MG
832056/1999	29,40	Licenciamento	Via Consultoria de Engenharia Ltda.	Areia	Mirabela	MG
832234/2005	49,18	Licenciamento	Mineração Urandi SA	Areia	Francisco Sá	MG
832433/2005	3,00	Licenciamento	Cerâmica Rio Verde Indústria e Comércio Ltdal	Argila	Montes Claros	MG
832887/2007	16,07	Licenciamento	Cerâmica Dr. Cloves Ltda.	Argila	Porteirinha	MG
833344/2006	50,00	Licenciamento	Cerâmica Gorutuba Ltdal	Argila	Porteirinha	MG
833345/2006	49,94	Licenciamento	Cerâmica Gorutuba Ltdal	Argila	Nova Porteirinha	MG
833525/2004	49,98	Licenciamento	Indústria e Comércio de Móveis Verdiana Ltdal	Argila	Montes Claros	MG
833830/2006	0,43	Licenciamento	Cerâmica Cowan Ltda.	Argila	Montes Claros	MG
834179/2007	1,10	Licenciamento	Martins e Morais Materiais de Construção Ltda.	Areia	Porteirinha	MG
835033/1995	23,05	Licenciamento	Pedreira Aliança Ltda.	Calcário	Janaúba	MG

5.4. ASPECTOS SOCIOCULTURAIS E IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS SOCIAIS ESTRATÉGICOS

Este item objetiva identificar a dinâmica social da bacia, através do conhecimento aprofundado da estrutura de organização social vigente e da identificação dos atores e segmentos setoriais com importância estratégica no processo de mobilização e participação social, com vistas para o processo de planejamento (e gestão) dos recursos hídricos almejado pelos trabalhos ora licitados. Objetiva, em última instância, permitir a formulação dos mecanismos necessários para efetivar o envolvimento social nesse processo.

De maneira geral os municípios pequenos demograficamente e sem infra-estrutura econômica que compõe a bacia não possuem mobilidade e articulação política. Alguns municípios passam por uma descontinuidade administrativa o que caracteriza um fraco poder administrativo e desarticulação interna. Os representantes do poder público de Jaíba, por exemplo, consideram o município diferente de todos os outros da região. Por estar calcado no projeto de irrigação, este trouxe um contingente de pessoas de diversas regiões imprimindo ao município uma característica de população “sem identidade”, afirmam todos. Não há um discurso único coletivo, não se reconhecem enquanto sujeitos culturalmente e socialmente e não existe confiança entre as partes. Isso resulta na impossibilidade de programar trabalhos com associativismo e cooperativismo, relatam de maneira unânime os entrevistados, não somente do município de Jaíba como também os de Urandi, Janaúba e Montes Claros.

Nas prefeituras municipais as dificuldades são inúmeras. Além da descontinuidade administrativa anteriormente citada que gerou sérios problemas de ordem física aos novos administradores, como por exemplo, material sucateado, documentos desaparecidos, os municípios tiveram reduzidos a verba de fundo de participação repassada pela União gerando principalmente nos pequenos municípios grandes dificuldades financeiras, as quais eles não sabem como resolver.

As secretarias municipais dos municípios visitados estão no quinto mês de gestão pública, e isso parece contribuir para um discurso desarticulado. Os projetos, programas, sejam a nível municipal, Estadual ou Federal, ainda não estão muito claro junto a estes gestores e estes tem dificuldades em informar dados mais precisos sobre qualquer que seja o assunto. A Secretaria de Agricultura de Montes Claros diz que apenas agora está chamando os produtores rurais para se inteirar das demandas do setor agropecuário.

No município de Jaíba os maiores problemas estão diretamente relacionados desmatamento da mata ciliar. Outro desafio é trabalhar no formato de cooperativas. São pessoas de vários lugares e que se juntaram em um só. Não existe uma cultura própria, única. A seleção feita pelo governo foi trazer pessoas quaisquer de quaisquer regiões. Muitos dos que vieram também

acreditavam que era só irrigar e vieram sem noção de mercado, dizem os representantes do poder publico municipal.

Em Janaúba não é diferente. Os maiores problemas estão relacionados a organização social e cooperativismo que não existe localmente. Ninguém obedece a critérios. A prefeitura está passando por dificuldades. Foram demitidos 300 funcionários da prefeitura e os coordenadores tiveram 20% dos salários reduzidos. Janaúba se desenvolveu muito com o projeto de irrigação, porém, este crescimento parou por conta de que não há mais áreas para o crescimento ao contrário de Jaíba que ainda possui muitas áreas. A conscientização ambiental é outro sério problema, apontam os entrevistados. O canal de irrigação acaba servindo para banho, lavarem roupas. Os núcleos habitacionais do projeto são pessoas sem cultura e que não trabalham com a agricultura. Eles não usam a água da COPASA para o dia-a-dia e sim dos canais de irrigação. Alguns canais tiveram que ser fechados e colocados canos. Com relação a agricultura familiar o maior problema é comercializar o produto. A EMATER trabalha com o Associativismo e Cooperativismo.

A prefeitura de Montes Claros diz não ter nem equipamentos para trabalhar. Absolutamente nada. Receberam da administração anterior tudo sucateado. Todas as ações que precisam ser feitas esbarram nas dificuldades políticas. No setor agropecuário o maior problema é o ambiental e com a inadimplência dos empréstimos rurais. Os inadimplentes não conseguem acessar a novos empréstimos. O credito é fácil porque todos têm terras documentadas e regularizadas, porém, pelas dividas anteriores este acesso é impossibilitado. Outro grave problema é que pelo decreto federal 666 da Lei nº11428 de 22 de dezembro de 2006 foi instituído que desde Montes Claros até a Bahia é área de Mata Atlântica. Durante 15 anos houve grandes secas na região e com a falta de crédito houve descapitalização. Ninguém podendo plantar deixou a terra criar capoeira e isso agora acabou ficando intocável. Ninguém quer comprar estas terras e elas não podem mais produzir. Esta lei gerou debates e muita preocupação, medo e insegurança e também afetou a economia porque ninguém mais quer vir para a região e ninguém quer plantar e produzir. O produtor rural diz: “Vamos pagar o ônus desse projeto do governo federal de nos enquadrar como mata atlântica”.

Montes Claros tem problemas de urbanização porque em função do desaquecimento agropecuária este pessoal lotado nesta área veio montar favelas na área urbana de Montes Claros. Já existem favelas violentas como a Feijão semeado, Vila mauricéia e coberta suja. Vem muita gente atrás de emprego.

O grande problema do projeto de irrigação Jaíba da CODEVASF é equalizar um modelo de gestão das áreas. Em 10 anos conseguiram estradas para a logística dos produtos. Projetos de energia elétrica tiveram que fazer. Há uma expectativa de que quando as 4 etapas estiverem prontas a população de Jaíba atinja 100.000mil hab. Tinha 4.000 hab e em 12 anos passou para 40.000 hab. É uma cidade em construção e o projeto está gerando este grande impacto. Os outros projetos não tiveram tanto impactos e não geraram esta movimentação fundiária. Criar associativismo em Jaíba, por exemplo, com

pessoas que nunca se viram e passaram a morar no mesmo local é um desafio, diz o representante da CODEVASF de Montes Claros. Diferente de Gorotuba que a maioria era do local. Hoje Jaíba tem 53 associações diferentes e nenhuma cooperativa. Conseguiram montar a CENTRALJAI que é uma associação que congrega várias associações e vende a produção de todos de limão que é exportado para a Europa. São 150 pessoas trabalhando formalmente. A CODEVASF cedeu toda a infra-estrutura e eles tem a concessão. Foram necessários 7 anos para montar esta Associação. Meio Ambiente= Pobreza rural. Com a legislação ambiental não conseguimos plantar. Esse é o maior problema do homem rural.

5.4.1. Comunidades Tradicionais e Assentamentos

5.4.1.1. Comunidades Quilombolas

Duas comunidades com documentos para serem reconhecidas no município de Janaúba: Vila Nova dos Poções e Jacaré Grande. A comunidade Vila Nova dos Poções já entrou com uma certidão de autodefinição da comunidade como remanescentes quilombolas em 19 de maio de 2009 junto a Fundação Cultural Palmares.



Figura 5.8 - Comunidade Bem Viver Vila Nova dos Poções/Janaúba (Fonte: Levantamento de campo 2009/Elizabeth).

5.4.1.2. Assentamento e Ocupações Irregulares

Não existe grande número de assentamentos na região da bacia do Verde Grande. Existem são as glebas e os núcleos habitacionais que foram formados a partir dos projetos de irrigação. No município de Jaíba foram identificados 8 assentamentos do INCRA e que não estão associados ao projeto de irrigação local. Estes assentamentos são de pequenas propriedades rurais, sem infra-

estrutura e que recebem o apoio da EMATER local na busca de alternativas viáveis a sobrevivência, como é o caso da produção de oleaginosas para a Usina de Biodiesel de Montes Claros.

Na beira do Rio Gorutuba em Janaúba há uma área verde invadida com cerca de 150 domicílios construídos. Nas cheias do rio algumas casas são atingidas. Para o Departamento de Meio Ambiente do município, porém, o maior problema ligado a ocupação irregular diz respeito as 200 casas de lazer construídas sem autorização a beira da Barragem Bico da Pedra, que é quem abastece o projeto de irrigação Gorutuba e Lagoa Grande. A prefeitura conseguiu marcar uma audiência pública com o Ministério Público e o CODEMA para solucionar esta irregularidade. As casas não possuem sistema de esgoto sanitário, sendo utilizado o sistema de fossas que ficam a beira da barragem.

5.5. LEVANTAMENTO DE PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS EM IMPLANTAÇÃO

Programa de Combate a Pobreza Rural – (PCPR) - Governo Estadual de Minas Gerais. A Secretaria de Estado Extraordinária para o Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha, Mucuri e do Norte de Minas libera recursos que alcançam 188 municípios da região. Cada município tem um teto, que varia de acordo com o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). É Implantado um modelo de auto-gestão, em que o próprio município, através dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural Sustentável – CMDRS, e das associações define sua prioridade e utiliza o recurso para os projetos escolhidos pelo Conselho.

Os municípios da bacia possuem os CMDRS (Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural Sustentável) que se reúnem para decidir o destino dos recursos enviados pelo governo do Estado através do Programa de Combate a Pobreza Rural. Participa dessa câmara 70% de produtores rurais e 30% do poder público. O maior problema é a abertura de poços tubulares. Em algumas comunidades a Associação (que é a instituição que representa na câmara as comunidades) fala sobre a dificuldade de perfurar e encontrar água, sendo que o maior problema dessas comunidades está relacionado ao abastecimento para consumo. Problemas com energia para pequenas indústrias (leite para entregar aos laticínios), e falta de maquinários como trator também aparece na discussão da Câmara. Estas comunidades, através das associações, precisam entregar projeto que sejam viáveis, pois este será analisado por sua viabilidade e importância. A Emater é quem ajuda a elaborar os projetos. As associações precisam estar com a documentação em dia.



Figura 5.9 - Reunião do CMDRS no município de Jaíba. (Fonte: Levantamento de campo junho 2009).

Do governo do Estado da Bahia e Ministério do Desenvolvimento Agrário o município de Urandi tem um projeto de associativismo de irrigação para favorecer 50 famílias. Esta água seria retirada do rio Raiz por gravidade. A família beneficiada pagará uma taxa mínima para uma associação que manterá o projeto. A assistência técnica será feita pela EMBRAPA e secretaria municipal. Esta irrigação vai fomentar os produtos hortifrutigranjeiros que já existem e que são comercializados na feira de Guanambi, por exemplo. É um projeto na localidade de Cajueiro. Dezenove municípios participam do Território do Sertão Produtivo. Todos os projetos do MDA passam por este comitê. Projeto de implantação do Horto Florestal (produção de mudas nativas e frutíferas) pelo município.

Através do PAC o Programa Minha Casa Minha Vida os municípios da região Norte de Minas e Sudoeste da Bahia foram contemplados com a construção de casas populares. O município de Jaíba teve liberada a construção de 400 casas.

A Construção da Rodovia da Produção em Jaíba que liga o trevo do projeto de irrigação e vai até Montes Claros e Salinas. Este trecho permite que o trânsito pesado da produção não acesse o perímetro urbano do município. O município de Urandi/BA através do PAC terá um projeto voltado para a pavimentação do trecho do perímetro irrigado. Estrada BR 135 que liga RJ a Salvador.

A COPASA é a responsável pelo projeto de captação da água do São Francisco, que hoje já abastece o perímetro irrigado de Jaíba, para abastecer o consumo humano de Jaíba. A população tem dificuldades em consumir a água do Verde Grande que é salobra e além disso o rio não tem capacidade para abastecimento no período da seca.

Projeto Pinhão Manso que está sendo analisado pelos órgãos públicos municipais, entidades e associações. Há dois anos estão ocorrendo estudos para analisar a viabilidade de produzir esta cultura como matéria prima de Usinas de biodiesel. Para algumas autoridades e representantes de instituições este projeto não será viável como querem alguns acreditar.

No município de Janaúba a parceria Governo do Estado de MG (sistema Estadual de Meio Ambiente), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e Proagua Nacional (Programa Nacional de Desenvolvimento de Recursos Hídricos): Projeto Sistema Nacional Norte do Proagua com o objetivo de implantar sistemas de abastecimento de água em 15 localidades do município e obras de melhoria e expansão no sistema da sede. As obras deverão ser iniciadas em agosto de 2009 com a instalação dos canteiros.

No município de Janaúba Projeto da EMATER com o MDA: programa de revitalização da bacia do São Francisco. Convenio com 6 municípios para revitalizar somente terras consideradas do governo e não particulares, assentamentos e quilombos. São 14 comunidades dos municípios de Matias Cardoso, Jaiba, Verdelândia, Janaúba, Porteirinha, Pai Pedro. Contemplam a construção de terraços, bacias de captação de água da chuva. São ações para a conservação do solo e não para consumo; barraginhas; cerca em áreas ciliares; construção de barragens subterrâneas. Estas ações estão quase todas prontas. Junto a estas ações é feito uma capacitação dos agricultores dessas comunidades. Campanha 1 por município de educação ambiental (oficinas). Este programa é desde 2008. Atinge mais de 2000 agricultores que vivem basicamente de autoconsumo. Também fizeram convenio com a CODEVASF para fazer um programa igual a este. Projeto Transformar: atende jovens de 16 a 29 anos capacitando-os com conhecimentos e formação cidadã. São 100 horas. Esta capacitação busca fazer com que este jovem não migre do campo para os grandes centros urbanos e que também passe a ganhar o Pronaf Jovem. Este é um programa do governo mineiro. Projeto desde 2006 tentando encontrar alternativas e trabalhar com áreas de interesse desse jovem. Hoje é um grupo de 50 jovens de 17 municípios.

O Projeto transposição para o abastecimento de Montes Claros, captação no Congonhas afluente do Jequitinhonha. O objetivo é acabar com o colapso de abastecimento. Ampliação da barragem Juramento. E garantir água por no mínimo 30 anos. O rio Congonhas tem problema por ser intermitente. Este projeto já está na fase da instalação. Já foram indenizados 600ha e já houveram as desapropriações. Os estudos de sociabilidade já estão na ANA e a obra já está licitada. Para o Verde Grande o único projeto é o Congonhas a médio prazo.

Projeto P1 - MDC é um programa para a construção de 1 milhão de cisternas de placa. A CODEVASF fez convênio com a P1MC e ela contrata empresa local para fazer as cisternas. Na primeira foram feitas 1.500 e agora 1.200 cisternas. Os municípios montam uma comissão local identificam quem realmente precisa da cisterna para consumo humano. É 16.000 litros para aquela família contemplada consumir. É água da chuva. Esta sendo feito em toda a bacia do Verde Grande. Tem também a etapa a P1 mais 2 que é dar

mais uma cisterna para aquele que já tem a 1 e com esta 2 ele vai usar para a produção da propriedade.

O projeto Amanhã da CODEVASF trabalha com jovens de 14 a 26 anos capacitando-os para a inclusão e profissionalização desses jovens. Trabalham com a Apicultura, piscicultura, artesanato e informática. Este projeto não está vinculado ao perímetro irrigado. Ele contempla 19 cidades. As demandas surgem diretamente dos municípios através das associações e chegam à CODEVASF que analisa a viabilidade e monta o projeto. Neste ano de 2009 até o mês de junho já atenderam 300 jovens e desde que começou este programa em 1994 já atenderam 6000 jovens. Fizeram parceria com a EMATER e prefeituras. São cursos práticos que ensinam a gerar renda. Tem também o programa APL para um publico mais adulto focado em apicultura, ovino, aqüicultura, fruticultura e bovinocultura. Este projeto funciona desde 2004. Este projeto apóia atividades já existentes, mas pode começar do zero. Já foram investidos 1 milhão na apicultura e esta produção é comercializada via CONAB. O numero de municípios desse programa varia conforme a demanda.

Em Minas Gerais são 56 circuitos formados. Destes 47 já são reconhecidos pelo Estado. O circuito da Serra Geral atinge 17 cidades sendo 14 da bacia do Verde Grande. O trabalho do circuito é organizar a cadeia do turismo e capacitar os municípios associados. O trabalho é feito diretamente com as prefeituras e a sede é em Monte verde. As cidades são: Jaiba, Mato Verde, Verdelândia, Nova Porteirinha, Porteirinha, Riacho dos Machados, Pai Pedro, Serranópolis de Minas, Catuti. Gameleiras, Mamonas, Monte Azul e Espinosa. O circuito existe desde 2006. Houve um projeto do Banco do Nordeste e PNUD em 2001 e através desse projeto foi feito um diagnostico da área desses municípios e se criou o Consórcio dos municípios e depois o território da cidadania. Neste consorcio são 26 municípios envolvidos. Através desse consórcio é possível acessar serviços que só existiam em Montes Claros. Este território do Consórcio trouxe serviços para as cidades que não existiam como saúde, educação. Os projetos são escolhidos pelas organizações e não pelas prefeituras. Há um colegiado que escolhe os projetos necessários e viáveis. O MDA envia por ano ao território 1.200.000,00.

5.6. CARACTERIZAÇÃO DA POLÍTICA E ESTRUTURA URBANA

5.6.1. Indicadores Sociais

O nível de qualidade de vida da população de um município está diretamente relacionado com o volume de riqueza e a dinâmica econômica e populacional. Um indicador sócio-econômico importante para avaliar os níveis de qualidade de vida de determinada população esta relacionada à saúde, educação e a condição de saneamento e salubridade, principalmente no que tange ao abastecimento de água, esgotamento das instalações sanitárias e coleta de lixo.

5.6.1.1. Saúde

Montes Claros é o município de referencia com relação a saúde para a região norte de Minas. Apesar de que alguns municípios possuem hospitais e postos de saúde, os casos de maior complexidade são todos atendidos por Montes Claros. Os municípios pertencentes ao Estado da Bahia e que estão localizados na divisa com Minas também acabam utilizando os serviços em Montes Claros pela localização ser próxima.

Na região sudoeste da Bahia os municípios de referencia são Guanambi que conta com o Hospital Regional de Guanambi considerada a mais importante unidade de saúde da região da serra geral da Bahia. Através do governo federal em julho do corrente ano começam as obras de uma UPA (Unidade de Pronto Atendimento). O hospital tem 83 leitos para atender perto de 5000 pessoas/mês. Os casos de maior complexidade são enviados para Vitoria da Conquista ou Itabuna. O Hospital de Guanambi é referencia na área de Gravidez de Risco.

5.6.1.2. Educação

As escolas são mantidas na área urbana pelos governos dos Estados e na área rural pelas prefeituras. A referencia em educação de ensino superior é Montes Claros, sendo comum diversas famílias mandarem os filhos para o município com o objetivo de cursar o ensino superior. Janaúba já possui ensino superior e também absorve a demanda dos pequenos municípios do entorno. Dentro dos projetos de irrigação há sistema de ensino fundamental e médio. Em Urandi são 17 escolas rurais e 5 urbanas.

5.6.1.3. Abastecimento de Água, Saneamento e Lixo

A água para abastecimento humano de Jaíba vem do Rio Verde Grande. No ano de 2008 o rio não teve vazão para abastecer o município e muitos poços artesianos tiveram que ser abertos. A população local considera a água do Rio Verde péssima para o consumo humano por ser salobra. Neste ano de 2009 dois grandes poços foi aberto no município para caso o abastecimento venha a entrar novamente em colapso. Em toda a região a seca é grande problema apontado pelos representantes do setor público e pela sociedade como um todo. No município de Jaíba a EMATER local relata que chegam a perfurar poços de 150 m de profundidade e não encontram água.

Em Urandi o abastecimento humano vem de um poço principal que capta água do Rio Raiz. Cerca de 60% do abastecimento urbano e rural vem desse rio, e o abastecimento é feito num sistema de gravidade. A água captada vai para uma caixa onde é tratada e depois distribuída. Não é cobrada nenhuma taxa dos consumidores e a gestão é feita pela prefeitura. No período da cheia o Rio Raiz ajuda a encher a rio Estreito que é um afluente do Rio Verde Pequeno. Na área rural também carros pipas abastecem os domicílios.

Em Montes Claros a água para abastecimento é captada no Rio Juramento. A gestão é feita pela COPASA. Além dessa capacitação a COPASA possui poços subterrâneos. Com relação a bacia o grande problema é o crescimento da demanda pela água dizem os entrevistados do poder público municipal. Por ser uma bacia deficitária, não tem água para atender com regularidade. O rio seca e não têm tributários. Outro grande problema é a contaminação pelos efluentes. Questionados sobre como incentivar a produção de oleaginosas na região tendo problemas com a falta de água a secretaria de agricultura diz: "Vamos sediar o congresso Nacional de Irrigação em agosto, então temos um trabalho de incentivar a irrigação local. O lençol freático é bom, precisamos construir barragens. Já estamos construindo barraginhas para a contensão da erosão e para água da pecuária. Agora queremos fazer estas barraginhas para a agricultura familiar. Isso é prazo médio. A proposta é de 1.200 barraginhas construídas pela prefeitura. O que poderia nos impedir a construir é a legislação ambiental, mas sendo feitos bons estudos e estratégias podemos fazer isso sem problemas ambientais".

O representante do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Montes Claros e Glaucilândia aponta que o Ribeirão do Ouro é o único rio que não seca no Rio Verde. Os pequenos produtores da região de Montes Claros e Glaucilândia, diz ele, puxa água dos rios ou tem poços artesianos para consumo, porém, estes não têm como puxar água para a produção e ainda argumenta: "Queremos bônus para a nossa produção e que a gente não pague água".

Em geral os municípios que compõe a Bacia do Verde Grande estão contemplados com o PAC e através dele com as verbas para saneamento. Nos municípios do Estado de Minas as verbas do PAC para saneamento são gerenciadas pela COPASA e nos municípios pertencentes ao Estado da Bahia a EMBASA é a responsável pelo gerenciamento desse projeto. Nos municípios menores os resíduos são jogados a céu aberto ou são utilizadas fossas. Os efluentes do município de Urandi vão para o Rio Verde Pequeno e o Rio Raiz e, por conseguinte vai desaguar nas barragens dos projetos de irrigação (Estreito). No município de Janaúba 75% do esgoto é realizado através de fossas. Com relação aos efluentes indústrias em Montes Claros apenas a empresa Coteminas possui tratamento de efluentes diz o secretario de meio ambiente do município. O projeto de esgotamento sanitário de Montes Claros já está em processo de testes. O Projeto da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) de Montes Claros tem previsto R$ 60 milhões na construção e vai garantir a despoluição completa do Rio Verde Grande, sendo considerada a maior obra de infra-estrutura realizada no município.

O lixo da região é feito pelo sistema de lixão. Em Janaúba está em estudo uma parceria com a CODEVASF para a implantação de aterros sanitários que servirão não somente ao município como a diversos outros da região. No mandato anterior a prefeitura construiu um aterro para comportar 40.000 mil/ton de lixo, porém, "descobriram" que o lixo era de 140.000 mil/ton, pois iria recolher o lixo de 3 municípios, Janaúba, Nova Porteirinha e Verdelândia. Já foi realizado um diagnostico com relação ao assunto e este será utilizado como base inicial para o projeto em parceria com a CODEVASF.

Jaíba possui uma área de 26 ha que serve para lixão. A secretaria de Meio Ambiente optou por abrir valetas, colocar o lixo dentro e atear fogo. O Ministério Público acabou multando a prefeitura por estar fazendo um procedimento incorreto e perigoso. Estão buscando parcerias para a construção de usinas de compostagem e usinas de reciclagem para a coleta seletiva do lixo.



Figura 5.10 - Esgoto a céu aberto em Urandi/BA (Fonte: Levantamento de campo 2009/Elizabeth).

5.6.2. Infra-Estrutura Viária

No município de Urandi/BA são 300 km de estradas vicinais para manter. Em Janaúba as estradas somente conseguem ser mantidas por causa das verbas que vem para a educação. A educação repassa a verba para a secretaria de agricultura que utiliza esta verba na manutenção das estradas do município. Esta é uma tendência regional. Em Montes Claros as estradas são graves problemas para a secretaria de agricultura. O sistema rodoviário rural é de 4.000km. Recuperando 1.000km das principais estradas rurais já seria resolvida boa parte dos problemas, pois é a maior demanda do setor agrícola diz o secretário da agricultura do município. Através do projeto pró-acesso do circuito de turismo estradas estão sendo asfaltadas em toda a região diz o presidente do Circuito Turístico da Serra Geral do Norte de Minas.

5.7. SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA

A recente publicação das Diretrizes da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei N° 11.445 de 05/01/2007) terá impacto positivo na gestão ambiental das cidades, principalmente na questão dos esgotos e dos resíduos sólidos. Ela define as regras para o aumento de investimentos públicos e privados no setor. Os focos são o planejamento, a fiscalização e a participação social.

Ao obrigar o poder público a produzir planos de resíduos sólidos, de recursos hídricos e de saneamento básico e a criar agências reguladoras, a lei busca tornar o saneamento uma atividade eficiente e confiável. Outro destaque é o fortalecimento da participação da comunidade e a abertura para a gestão associada dos consórcios municipais a serem implementados.

Tradicionalmente a prestação dos serviços de saneamento no Brasil tem passado por espasmos com períodos altos e baixos, prejudicando uma política de continuidade de investimentos e de gestão e, conseqüentemente, a tão enfatizada universalização do atendimento. Em 1986, o BNH (Banco Nacional de Habitação) foi extinto e o setor de saneamento ficou órfão de uma política de governo e os recursos para financiamento ficaram escassos e inconstantes. Iniciou-se uma fase de decadência que permaneceu até 2003, com exceção de um pico entre 1995 e 1998, no qual foram investidos R$ 3,26 bilhões por ano.

Esse quadro de restrições, aliado a dificuldades de gestão em algumas das empresas prestadoras de serviços, e ao rápido crescimento das cidades, resultou em um retrocesso nos índices de atendimento e de qualidade dos serviços. Outro problema é que, devido à sempre insuficiente disponibilidade de recursos, a prioridade absoluta dos investimentos vinha sendo para a construção de sistemas de abastecimento de água, com os serviços de esgotamento sanitário sendo relegados ao segundo plano, o mesmo acontecendo com os resíduos sólidos.

Apesar de atualmente haver uma significativa disponibilidade de recursos, e de a Lei N° 11.445 ter sido um grande avanço para o setor de saneamento, a sua implementação vem esbarrando em questões operacionais e políticas que limitam o esperado desenvolvimento do setor.

Uma destas limitações é a ausência de políticas públicas estaduais de saneamento e de instituições reguladoras que exijam o cumprimento de metas contratuais de resultados e custos, conforme previsto nos artigos 8º e 21, da Lei N° 11445. Como a titularidade dos serviços é municipal, o poder de planejamento e de regulação é do município, que, na quase totalidade dos casos, não tem condição de manter um órgão com essa atribuição. Para viabilizar financeira e tecnicamente esta atividade é recomendável a formação de consórcios intermunicipais, ou delegá-la a órgãos federais ou do próprio Estado. Na bacia do rio Verde Grande não existem agências reguladoras municipais.

No estado da Bahia foi sancionada a Lei N° 11.172 de 1/12/2008 que institui os princípios e diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico, disciplina o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico e dá outras providências. No artigo 18 dessa lei fica criada a Comissão de Regulação dos Serviços Públicos de Saneamento Básico do Estado da Bahia - CORESAB, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Urbano – SEDUR, com a competência de exercer as atividades de regulação e fiscalização dos serviços públicos de saneamento básico, mediante delegação. O regimento da CORESAB foi estabelecido pelo decreto 11.409 de 5/2/2009. Uma novidade da

lei baiana é que enquanto não houver ente regulador próprio criado pelo Município, ou agrupamento de Municípios, por meio de cooperação ou coordenação federativa, a CORESAB exercerá essa função municipal, não deixando aberta esta lacuna.

No estado de Minas Gerais a política estadual de saneamento é definida na Lei N° 11.720 de 28/12/1994 que não chegou a ser regulamentada e precisa ser atualizada para se enquadrar na lei federal 11.445/07. Está em discussão na Assembléia Legislativa o projeto de Lei N° 3186/2009 que cria a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Estado de Minas Gerais – ARAS-MG que terá por finalidade regular e fiscalizar a prestação e a comercialização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Minas Gerais. O atraso na definição desta legislação já causou prejuízos à COPASA que neste ano de 2009 se viu impedida de reajustar tarifas por ação do Ministério Público.

Outra lacuna que desfavorece o avanço dos serviços é a ausência do controle social dos serviços pela comunidade. Este controle está previsto no artigo 47 da Lei N° 11.445, mas a mobilização para a constituição dos respectivos conselhos ainda não mereceu a devida importância. Na Bahia, a nível estadual, o conselho de saneamento foi estruturado como uma das câmaras técnicas do Conselho Estadual das Cidades (ConCidades). Em Minas Gerais várias projetos de lei com esta finalidade não chegaram sequer a entrar em pauta na Assembléia Legislativa.

Devido à ausência desses instrumentos e da pouca importância atribuída pela população à necessidade de exigir tais serviços com qualidade e respeito à legislação, a bacia do rio Verde Grande encontra-se em situação muito precária quanto aos serviços de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos. Mesmo quanto aos serviços de abastecimento de água que embora disponham de índices de atendimento elevados, o cumprimento de questões elementares de gestão em alguns municípios fica abaixo dos padrões considerados satisfatórios, como o controle de perdas e o cumprimento da Portaria 518/2004 dos padrões de portabilidade.

A seguir são desenvolvidas as análises sobre a prestação dos serviços de saneamento na bacia do rio Verde Grande.

5.7.1. Abastecimento

5.7.1.1. Levantamento de dados

Para a elaboração do diagnóstico dos serviços de abastecimento de água, a principal fonte oficial de dados é o SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento, elaborado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental vinculada ao Ministério das Cidades. A coleta de dados é feita anualmente e disponibilizada em relatórios também anuais. Estes dados constituem os principais elementos para a definição de políticas públicas no

Brasil. O fornecimento dos dados, por parte dos gestores, não é compulsória, mas o não atendimento a esse requisito impõe restrições diversas aos serviços de saneamento, como, por exemplo, o acesso a linhas de financiamento. A última versão disponível publicada é a do ano de 2007, sendo que dos 5.565 municípios brasileiros, 4.556 (81,9%) deles forneceram dados dos serviços de água e apenas 1.355 (24,4%) dos serviços de esgoto. No Quadro 5.19 é apresentada a disponibilidade de dados no SNIS para os municípios situados na bacia do rio Verde Grande, sendo os indicadores operacionais do abastecimento de água dos municípios presentes na bacia apresentados no Anexo.

Quadro 5.19 – Disponibilidade de dados no SNIS 2006 para a bacia do rio Verde Grande – Abastecimento de Água

Estado	Municípios com sede na bacia	Prestador dos serviços	Municípios por prestador	Informado ao SNIS	Não informado ao SNIS
Minas Gerais	24	COPASA	20	20	0
		Autônomos	4	2	2
Bahia	2	EMBASA	0	0	0
		Autônomos	2	0	2

Fonte: SNIS 2007

Para os municípios concedidos à COPASA foram utilizados os dados dos relatórios gerenciais internos da empresa relativos ao mês de abril de 2009, que são mais atualizados que o SNIS. Para os municípios de Francisco Sá e Guaraciama, foram usados os dados fornecidos ao SNIS. Para os municípios que não participaram do SNIS, foram procuradas outras fontes tais como sites de prefeituras e contatos diretos com representantes dos prestadores locais dos serviços e também o planejamento da EMBASA e da COPASA. Foi também feita consulta a ASSEMAE, associação que congrega os municípios autônomos, mas esta não possui um banco de dados com as informações necessárias

Outra fonte de consulta foi o relatório de abril de 2008, apresentado pela CODEVASF à CIPE São Francisco – Comissão Interestadual Parlamentar de Estudos para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. A CIPE tem o propósito de garantir o desenvolvimento de toda a região da bacia do rio São Francisco e também de promover a recuperação do rio e de seus afluentes. A interação entre os Estados é um mecanismo eficaz de participação da classe política e os deputados buscam de forma consciente e positiva uma agenda conjunta de atividades que proporcionem um resultado positivo para o rio São Francisco.

A única fonte que contém os dados da totalidade dos municípios da bacia é a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, realizada pelo IBGE, e que teve sua última edição no ano de 2000. Na impossibilidade da obtenção de dados primários e secundários para os municípios não contemplados nas fontes supracitadas, foram adotados os dados dessa PNSB para o diagnóstico. Apesar de já haver uma defasagem cronológica de tais informações, esta providência não deverá prejudicar os resultados, pelas seguintes razões:

- Os 4 municípios que não disponibilizaram os dados têm população urbana muito pequena, de 5.000 habitantes e menores.

- A não disponibilização dos dados de saneamento para o SNIS denota uma deficiência na gestão dos serviços, que pode ser entendida como uma não priorização destes serviços e, conseqüentemente, a investimentos nulos ou pouco significativos no período;

- Os dados utilizados nas planilhas do presente diagnóstico, obtidos da PNSB 2000, referem-se apenas aos dados de cobertura dos sistemas de água e de coleta de esgoto, e de resíduos sólidos, que com, raras exceções, já apresentavam percentuais expressivos;

- Nos sites dos municípios não relacionados no SNIS, praticamente não há informações sobre a infra-estrutura de saneamento. Nos poucos que apresentam esses dados, a fonte é a mesma PNSB 2000.

As comunidades rurais são em geral pequenas e pobres e distribuídas em núcleos esparsos de 50 a 240 habitantes (PROÁGUA) e só agora estão recebendo atenção dos governos. Não há dados disponíveis sobre saneamento para estas comunidades, distritos e vilas. Essas comunidades, devido à própria limitação do transporte da água têm um consumo per capita extremamente baixo chegando a alguns casos a 20 l/hab.dia.

Cumpre ressaltar que os dados aqui reunidos procedem de fontes diversas, e que utilizam metodologias distintas, nem sempre levantadas por pessoal tecnicamente habilitado, podendo levar a conclusões nem sempre coincidentes com as visões dos vários atores envolvidos.

Os serviços de abastecimento de água são os que têm mais dados disponíveis, não obstante o fato de dois municípios em Minas Gerais e os dois da Bahia não terem apresentado suas informações ao SNIS.

Na avaliação de um sistema de produção de água para abastecimento público, com enfoque na gestão dos recursos hídricos, as primeiras questões que se colocam são o *Indicador de Cobertura* e os *Volumes Produzidos*.

5.7.1.2. Indicador de cobertura

O índice de atendimento com serviços de água tem impacto direto na saúde e qualidade de vida das populações e nas disponibilidades para a fixação de empreendimentos diversos, industriais e comerciais. Os resultados das sub-bacias do rio Verde Grande são apresentados no Quadro 5.20 e na Figura 5.11.

Considerando que é impossível alguém viver sem água, o atendimento nas áreas urbanas deveria ser sempre em 100% das habitações ligadas à rede pública. A parcela não atendida com ligação é, em geral, constituída da população mais pobre, que vive em áreas periféricas ou favelas não alcançadas pelas redes públicas de abastecimento. Em decorrência desta

limitação, estas populações vão se servir de abastecimentos não convencionais do próprio sistema público (como latas de água, chafarizes, etc) ou então de fontes alternativas (cisternas, minas, etc.). Em ambas as situações, ocorrem restrições nos volumes utilizados, sendo que no caso de fontes alternativas em áreas urbanas (cisternas, poços, cacimbas, nascentes, etc.) os riscos de contaminação são elevados, com grave comprometimento para a saúde pública. Os moradores de baixa renda, nessa situação, chegam a pagar dezesseis vezes mais pelo mesmo metro cúbico de água do sistema público. Não é também incomum que consumidores não ligados ao sistema público estejam fazendo uso de ligações clandestinas, o que exigirá uma ação adequada do gestor do sistema.

Quadro 5.20 - Índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água nas unidades de análise na bacia do Rio Verde Grande.

Estado	Sub-bacia	Índice de atendimento urbano de água (%)	Volume produzido 1.000m³/ano
Bahia	AVP / BVP	90,1	382
	Estado BA	**90,1**	**382**
Minas Gerais	AVG	99,88	25.967,20
	MVG -TA	98,11	1.653,16
	AG	98,74	2.961,59
	MBG	97,89	2.400,21
	MVG -TB	98,39	1.299,60
	AVP	97,56	1107,88
	Estado MG	**98,4**	**35.389,60**
Bacia Verde Grande		**94,3**	**35.771,60**
SNIS – BRASIL		**80,9**	**-**

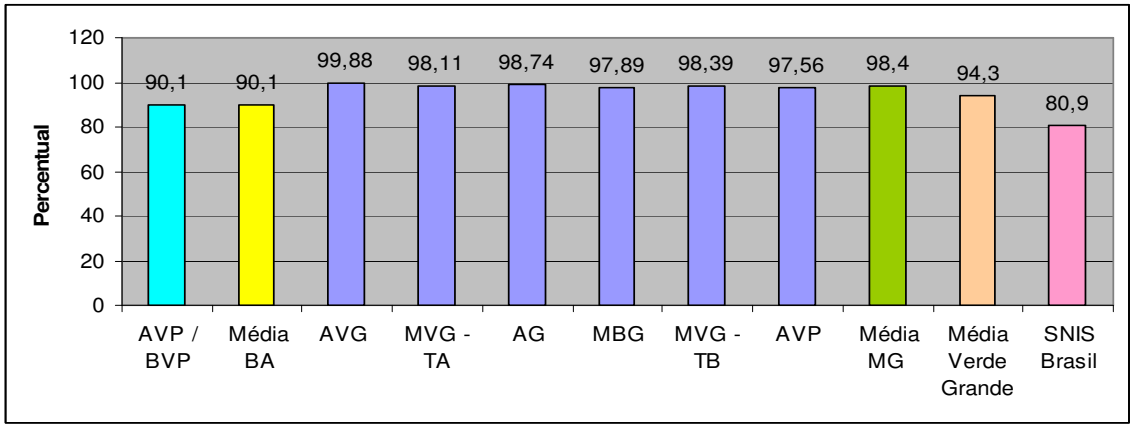


Figura 5.11 – Cobertura dos serviços de abastecimento de água por sub- bacia do rio Verde Grande. (Fonte: Anexo)

A sub-bacia AVP-BVP com 90,1% apresenta os piores indicadores de cobertura. Conforme o Anexo. Os municípios que contribuem para estes baixos

resultados são os municípios baianos de Sebastião Laranjeiras e Urandi para os quais, na falta de informações disponíveis foram utilizados os dados do SNIS - média do estado da Bahia.

Todos os municípios situados no estado de Minas Gerais declaram níveis elevados de atendimento variando de 96,2% a 100% podendo-se portanto considerar como atingida a universalização do abastecimento de água.

5.7.1.3. Volume produzido

O volume produzido no sistema de água ao ser extraído, seja de fontes subterrâneas ou cursos d'água superficiais, tem impacto direto no balanço hídrico das respectivas unidades de gestão. Este indicador é resultado dos seguintes fatores: padrão econômico da população inclusive desperdícios - quanto mais alto o padrão, mais elevado o consumo per capita; e índice de perdas no sistema distribuidor.

Quanto aos níveis de consumo (lado da demanda), as ações adequadas para a racionalização do uso envolvem programas de educação ambiental e sanitária, com o objetivo de reduzir os desperdícios e valorizar os serviços. Outro fator é a aplicação de uma tabela de tarifas com valores progressivos que funciona como inibidor dos altos consumos. Essa tabela deve também conter faixas de valores compatíveis com os consumidores de baixa renda, de forma a viabilizar a universalização do atendimento.

Para as sedes municipais concedidas à COPASA foram utilizados os dados dos relatórios gerenciais da empresa relativos ao mês de abril de 2009, que são mais atualizados que o SNIS. Para o município de Francisco Sá foram usados os dados fornecidos ao SNIS. Guaraciama informou apenas uma parte dos dados. A planilha respectiva utilizou os valores de consumo per capita declarados destas fontes. Para os municípios não informados, foram adotados os consumos per capita médios dos municípios constantes do SNIS por estado, que foram aplicados ao restante dos municípios onde esta informação não estava disponível. Este procedimento leva em consideração os valores reais declarados na própria região em lugar de estudos mais genéricos feitos por diversos órgãos com abrangência nacional. O Quadro 5.21 mostra os consumos per capita informados pelo SNIS e o PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

Quadro 5.21 - Valores do Consumo per capita - L/hab.dia.

Estado	Média SNIS 2007	PERH/MG
Bahia	**122,1**	
Minas Gerais	**142,5**	137

Fonte: SNIS 2007 e PERH MG 1ª Etapa

No anexo para as cidades que não apresentaram seus dados ao SNIS foram considerados os indicadores a seguir (Quadro 5.22).

Quadro 5.22 - Indicadores para municípios não constantes do SNIS 2007

Estado	Municípios	Per capita L/hab.dia (1)	(%) Cobertura de Rede de água (2)	Percentual de perdas na distribuição (3)
Bahia	Sebastião Laranjeiras	122,1	90,1	70
	Urandi			
Minas Gerais	Gameleiras	142,5	98,2	
	Guaraciama			
	Mamonas			

Observações: (1) – Conforme quadro 4,1,3, (2) Valores médios do SNIS 2007 para os estados respectivos (3) Parâmetro considerado pela prática para operadores com frágeis condições técnico-operacionais e de gestão dos serviços.

Já no tocante aos índices de perdas (lado da oferta), tanto nas unidades de produção de água (captação, bombeamento, tratamento e reservação), quanto no sistema distribuidor, as providências envolvem aspectos tecnológicos, e, principalmente, a eficiência na gestão. O controle de perdas do lado da oferta refere-se às atividades desenvolvidas no sistema distribuidor e sua efetivação fica a cargo exclusivo da operadora dos serviços. O índice de perdas de água reflete não somente o estado das instalações e das redes, mas principalmente o nível da sua gestão. Para que sejam alcançados bons indicadores é necessário se modificar significativamente a forma de gestão da empresa.

Este assunto vem progressivamente aumentando de importância a partir da tomada da consciência ambiental em todos os setores da sociedade que inclusive restringe os limites para tarifas impostas por empresas ineficientes. Os órgãos financiadores têm se mostrado mais exigentes em relação a resultados e vinculam a concessão de financiamentos a índices definidos pela SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento.

O governo federal, preocupado com o assunto, instituiu o PNCDA – Programa Nacional de Combate ao desperdício de água dentro do PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento, que vem desenvolvendo metodologia e seminários para fomentar as atividades de melhoria de desempenho dos prestadores de serviços.

Um aspecto que só agora começa a ser discutido sobre indicadores de volume *per capita* e de perdas refere-se ao impacto que a cobrança sobre o uso dos recursos hídricos terá sobre as tarifas praticadas pelos prestadores de serviços. Os sistemas com indicadores de perdas elevados e sem tratamento dos esgotos sanitários serão mais impactados, devendo ser este mais um fator motivador para o aprimoramento da gestão. Este é exatamente o principal objetivo da cobrança: disciplinar o consumo de água na bacia. No diagnóstico relativo a esgotamento sanitário abordaremos os valores da cobrança com base na metodologia aprovado pelo CBH São Francisco.

O maior índice de perdas registrado no SNIS é na cidade de Porto Velho-RO, com 78,8%. As associações de concessionárias AESBE e ABCON consideram aceitável o índice entre 15 e 20%.

No Quadro 5.23 são apresentados os indicadores médios de perdas de faturamento e na distribuição em sistemas de abastecimento nas unidades de análise da bacia do rio Verde Grande, e na Figura 5.12 é apresentado o percentual de abastecimento de água e de perdas também por sub-bacia do rio Verde Grande.

Quadro 5.23 - Indicadores médios de perdas de faturamento e na distribuição (micromedido) em sistemas de abastecimento na bacia do rio Verde Grande.

Estado	Sub-bacia	Percentual médio de perdas de faturamento	Percentual médio de perdas na distribuição
Bahia	AVP / BVP	70,00	70,00
	Média do Estado	**70,00**	**70,00**
Minas Gerais	AVG	40,71	46,03
	MVG -TA	-0,29	15,78
	AG	14,26	19,89
	MBG	17,28	25,01
	MVG -TB	13,25	19,94
	AVP	40,36	43,70
	Média do Estado	**20,90**	**28,40**
Média Bacia Verde Grande		**45,50**	**49,20**
SNIS – BRASIL		**39,10**	

Fonte: Anexo

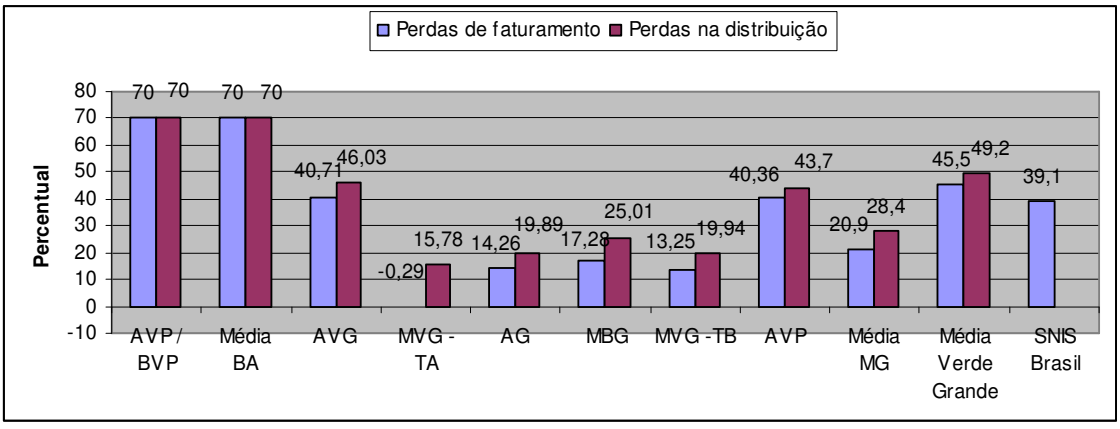


Figura 5.12 - Percentual de perdas de faturamento e na rede de distribuição por sub-bacia do rio Verde Grande.

A análise dos números acima indica fortes inconsistências. Conforme pode ser visto no Anexo as seguintes cidades apresentam perdas de faturamento negativas: Francisco Sá (-39,3%), Serranópolis de Minas (-2,41%) e Varzelândia (-0,15%). Outras apresentam perdas insignificantes: Mirabela (3,55%), Patis (0,74%) e Pai Pedro (1,85%). Vários fatores interferem para que estes dados alcancem tal distorção. Os dois fatores mais significativos são submedição na macromedição ou estimativas de volumes incorretas e diferença das faturas mensais que apresentam consumo inferior ao mínimo, mas são faturadas pelo mínimo. Pode estar acontecendo uma divergência entre o período de leitura dos medidores da macro e micro-medição. Estas distorções acontecem tanto em Minas Gerais quanto na Bahia e recentemente estão recebendo uma atenção das concessionárias para não onerar os baixos consumos, onde os mais pobres acabam pagando contas injustas. Esta situação fica evidente quando se compara o indicador de perdas de faturamento (45,50%) e o de perdas na distribuição (49,20%). Estes números indicam também que há fortes deficiências no controle operacional, que apresenta indicadores irreais para as cidades acima citadas, um vez que é impossível atingir tais resultados com as atuais tecnologias de medição disponíveis no Brasil.

Por outro lado os indicadores das cidades de Montes Claros com (43,10%) e Juramento com (33,81%) embora estejam próximos da média nacional, estão muito acima dos demais sistemas da própria COPASA.

Para os sistemas que não apresentaram os dados ao SNIS e não são providos de medidores foi considerado que o seu indicador de perdas é de 70%, com base em informações sobre sistemas de abastecimento com esse nível de operação. A confirmar este fato dentre outros exemplos pode ser citada a experiência do PROÁGUA no sistema recém inaugurado de Matrona-Ferreirópolis, distritos de Salinas MG, que ao iniciar a operação funcionava 24 horas por dia e com reclamações de falta d'água. Bastou a instalação de hidrômetros sem nem mesmo aplicar o faturamento respectivo, que o tempo de operação diária caiu para 12 horas. É esperada uma redução maior ainda ao se iniciar o faturamento com base nos valores micromedidos. As seguintes cidades foram incluídas nesta categoria: Gameleiras, Guaraciama e Mamonas em MG e Sebastião Laranjeiras e Urandi na Bahia.

Alguns prestadores de serviços sinalizam frágeis condições técnico-operacionais e de gestão dos serviços, indicando a necessidade de investimentos na melhoria operacional e na reforma da gestão de um lado e o recomendável não investimento em novos sistemas de produção de água de outro, pois como se sabe, ampliar a produção em um ambiente de elevadas perdas pode ter como conseqüência perdas de água ainda maiores (SNIS 2007 Visão Geral).

Para se desenvolver o combate a perdas, é pré-requisito que o prestador dos serviços tenha dispositivos de medição e uma adequada gestão do sistema comercial. Portanto, é imprescindível que estejam disponíveis os seguintes procedimentos:

(i) *Macromedição***:** Cobrindo 100% das unidades de produção e dos distritos de medição e controle. Podem ser usados medidores permanentes ou temporários como a pitometria;

(ii) *Micromedição* - Cobrindo 100% dos usuários, com um parque de medidores atualizado e em adequadas condições de precisão

(iii) *Cadastro técnico* - Cadastro das redes do sistema distribuidor, de preferência em meio eletrônico utilizando *softwares* de análise e atualização (*SIG, Epanet*, etc)

(iv) *Cadastro comercial* - Cadastro dos usuários contendo diversas características, tais como: histórico de consumos, perfil do usuário, controle dos recebimentos, política de corte por inadimplência, etc.

5.7.1.4. Qualidade da água distribuída

Não há registros de licenciamento ambiental em todas as Estações de tratamento de Água (ETA) na bacia do rio Verde Grande e não há informações no SNIS sobre os tipos de tratamento adotados. No entanto a existência de processos erosivos intensos e a continuada retirada de cobertura vegetal, em especial da vegetação ciliar ao longo de toda a bacia inviabilizam qualquer alternativa de tratamento de água que não seja o convencional completo. Nos sistemas de filtração direta, todos os materiais sólidos, coloidais ou não, são removidos apenas nos filtros, que em geral são do tipo ascendente (por permitir filtração volumétrica). Em períodos de turbidez elevada do manancial, ocorre aumento significativo da freqüência de lavagens dos filtros, elevando o auto-consumo da ETA em percentuais de até 15%, piorando a eficiência do sistema, com graves reflexos negativos no abastecimento. Em sistemas convencionais de tratamento, o percentual de auto-consumo fica em torno de 3%, podendo chegar, em sistemas bem operados a até 0,8%. Além disto, a ausência do decantador exclui uma importante barreira sanitária. Por isto esta modalidade de ETA está em desuso, sendo que algumas ainda existentes estão em processo de readequação.

Os sistemas de floto-filtração tornam-se recomendados para mananciais com presença intensiva de algas, especialmente as cianobactérias. Os processos convencionais, principalmente a pré-cloração, neste caso gerariam forte odor e a formação de tri-halometanos. Adicionalmente causariam o estresse das algas, fazendo com que estas liberem as cianotoxinas. A flotação permite a remoção das algas sem submetê-las a estresse e sem a sua reação com os produtos químicos. No entanto a sua operação é mais complexa, exigindo um quadro de operadores mais capacitados e por esta razão é necessário um cuidadoso monitoramento do manancial para avaliar a real necessidade de se aplicar este tipo de concepção. Em consulta feita ao laboratório central da COPASA, não há registro de ocorrências de cianobactérias em concentrações fora da Portaria 518 do Ministério da Saúde, não justificando até o momento este tipo de solução.

Quando se fala sobre os problemas causados na operação das estações de tratamento de água – ETAs - devidos à deterioração da qualidade da água dos mananciais, a preocupação usual refere-se a aumentos de custos com produtos químicos e maior auto-consumo de água para as lavagens de filtros e decantadores.

A própria bibliografia pouco ou nada fala sobre os riscos envolvidos com a utilização de mananciais poluídos. Ocorre que o tratamento convencional da água apresenta bons resultados quando se trata de turbidez e cor coloidais, mas praticamente não elimina substâncias tóxicas eventualmente presentes, entre as quais metais pesados, organo-tóxicos (pesticidas, derivados de petróleo, etc.) e toxinas de algas. Além disto, as análises para controle destas substâncias são caras e pouco freqüentes, e os resultados das mesmas, quando efetuados, só são obtidos em cerca de cinco dias, não permitindo o controle em tempo real.

A maneira mais eficaz de se evitar tais problemas é a prevenção, com o disciplinamento do uso do solo quanto a agro-tóxicos e adubos, e o controle dos resíduos sólidos e líquidos produzidos pelas atividades antrópicas na bacia de contribuição. Este tipo de controle é previsto na Portaria 518/2004 do MS (Art. 9º inciso V) e pode ser exigido pelas autoridades sanitárias e de regulação.

No Quadro 5.24 é apresentado o número de municípios com sede na bacia do rio Verde Grande que informaram ao SNIS sobre o cumprimento da Portaria 518 do Ministério da Saúde.

A qualidade da água bruta nos pontos de captação está contemplada no item *Aspectos Qualitativos dos Recursos Hídricos* deste diagnóstico, e a seguir são apresentados os dados do SNIS para atendimento à Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Quadro 5.24 - Número de municípios que informaram ao SNIS sobre o cumprimento da portaria 518 do Ministério da Saúde

Estado	Sub-bacia	Total de municípios na sub-bacia	Atendimento à Portaria 518/2004 do MS	
			Atende parcialmente	Não Informou
Bahia	AVP / BVP	2	0	2
	Totais do Estado	**2**	**0**	**2**
Minas Gerais	AVG	4	3	1
	MVG -TA	5	5	0
	AG	3	3	0
	MBG	7	6	1
	MVG -TB	3	3	0
	AVP	2	1	1
	Totais do Estado	**24**	**21**	**3**
Totais Bacia Verde Grande		**26**	**21**	**5**

Fonte: SNIS 2007

Todos os sistemas que apresentaram relatórios ao SNIS tanto os 20 operados pela COPASA como o autônomo de Francisco Sá declaram que atendem parcialmente a Portaria 518/2004. Os muncípios que não responderam são: Sebastião Laranjeiras e Urandi na Bahia e Gameleiras, Guaraciama e Mamonas em Minas Gerais.

As informações acima constam da Tabela 6 do relatório do SNIS que não detalha o motivo do não cumprimento e apenas registra as manifestações declaradas pelos próprios prestadores de serviços. Na análise desses resultados chamam a atenção alguns fatos. A COPASA possui um rígido controle operacional com uma ampla rede de laboratórios regionais e locais e um laboratório central capaz de atender a todas as análises de controle exigidas e, no entanto se declara cumpridora parcial da Portaria 518 em todos os 20 municípios operados por ela na bacia do rio Verde Grande. Já os municípios autônomos têm uma maior dificuldade de cumprimento principalmente na realização de análises de organo-tòxicos, metais pesados e algas (análises hidrobiológicas), bem como atender à freqüência exigida das análises bacteriológicas por não disporem de laboratórios especializados.

Na Figura 5.13 é apresentada a barragem de captação e a estação de tratamento de água do sistema Juramento em Montes Claros.

(a)



(b)



Figura 5.13 – Sistema de Produção Juramento em Montes Claros (a) Baragem de captação e (b) Estação de Tratamento de Água

5.7.1.5. Resíduos de estação de tratamento de água

Os sistemas completos de tratamento de água para o abastecimento público geram rejeitos provenientes de decantadores e filtros, que são dispostos diretamente em cursos d'água receptores, na maioria dos casos inadequadamente, gerando problemas ao meio ambiente. Levando em consideração a legislação brasileira vigente, os gestores de sistemas de abastecimento de água podem ser enquadrados como poluidores e infratores, conforme a Lei 6.938 de 31/8/1981, em seu artigo 3º, incisos II e III (alíneas c,d e e), inciso IV. De acordo com a Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais, os gestores de Estações de Tratamento de Água - ETAs estão sujeitos a penas severas nos casos de disposição inadequada de seus rejeitos.

A composição básica dos rejeitos de ETAs é de partículas de solo, material orgânico carreado pela água bruta, subprodutos gerados da adição de produtos químicos e água. Além disto, as águas superficiais podem conter metais, como o alumínio, o ferro e outros carreados através do escoamento superficial. A somatória desses materiais confere aos rejeitos características que devem ser analisadas profundamente.

A quantidade de lodo produzida em determinada ETA dependerá de fatores tais como: partículas presentes na água bruta, que conferem turbidez e cor à mesma; concentração de produtos químicos aplicados ao tratamento; tempo de permanência de lodo nos tanques; forma de limpeza dos mesmos; eficiência da sedimentação entre outros fatores.

A entrada de sólidos no sistema é fornecida pelas partículas presentes na água bruta e nos produtos químicos adicionados ao processo. Assim os parâmetros determinantes em uma ETA são:

- Vazão de entrada
- Turbidez (Ut)
- Cor (uC)
- Dosagem de coagulante (mg/L)
- Dosagem de cal (mg/L)
- Dosagem de auxiliares de coagulação/floculação (mg/L)

Segundo Cornwell (1989) citado por Cordeiro (2008) a concentração de sólidos que entra no decantador pode ser relacionada com a turbidez da água bruta, sendo multiplicada por um valor que pode variar de 1,5 a 2,2. Desta forma a concentração de partículas que entra no decantador pode ser dada por:

$$\mathbf{C_e = 1{,}5\ T}$$

Onde, C_e = concentração de partículas que entra no decantador; e T = Turbidez da água bruta.

Com relação à dosagem de coagulante, considerando-se que seja aplicado o sulfato de alumínio, estequiometricamente cerca de 44% da dosagem utilizada fica sob a forma de sólido. Assim, conforme pesquisas do mesmo autor, a equação que mais representa o balanço de produção de sólidos em decantadores é dada por:

$$\mathbf{W = 0{,}0864.Q.(0{,}44.D + 1{,}5.T + A)}$$

Onde, W = Quantidade de lodo (kg/d); Q = Vazão de adução de água (L/s); D = Dosagem de sulfato de alumínio (mg/L); T = Turbidez da água bruta(uT); e A = Dosagem de auxiliares ou outros produtos adicionados (mg/L)

Conforme se pode ver das equações acima, a quantidade de lodo gerada em cada ETA varia significativamente ao longo do ano e é necessário para a sua quantificação, que os boletins operacionais incluam os devidos registros de vazão, dosagem de coagulantes e auxiliares de coagulação / decantação / filtração e da turbidez e cor afluentes. Desta maneira não nos é possível fazermos estes cálculos dentro do escopo do presente trabalho.

Em razão da total inexistência de unidades de tratamento de resíduos de ETAs na bacia, não há registros de outorgas e nem dos cursos d'água receptores.

Este assunto já vem chamando a atenção de ambientalistas, pois são evidentes os danos ambientais decorrentes da inadequada disposição destes rejeitos, mas ainda não estão consolidadas as técnicas relativas ao seu aproveitamento ou descarte, sendo alvo de algumas pesquisas acadêmicas para sua definição e viabilidade.

O processamento de lodos de ETAs se dá em Unidades de Tratamento de Resíduos (UTR). Em Minas Gerais, na ETA do Sistema Rio Manso, já existe uma UTR em funcionamento, e há uma unidade em construção no Sistema Rio das Velhas, ambas situadas na região metropolitana de Belo Horizonte. Não há nenhuma unidade em operação na bacia do rio Verde Grande.

A COPASA ainda não possui nenhuma unidade de tratamento desses resíduos nas cidades operadas por ela na bacia, mas incluiu em seu planejamento estratégico o objetivo de implantá-las em ETAs entre 20 e 149 L/s. Há na empresa projetos concluídos para a construção das Unidades de Tratamento de Resíduos (UTR) das ETAs Juramento e Morrinhos, em Montes Claros.

Considerando que nem sequer os esgotos sanitários são tratados na bacia, cuja gravidade é muito maior, este assunto pode parecer secundário. No entanto o lançamento de lodos de ETAs, principalmente em cursos d'água de pequeno porte pode gerar impactos significativos, como alterações súbitas de turbidez, de metais, de vazão e de assoreamento.

Outro tipo de resíduo de tratamento de água é o conteúdo salino oriundo de estações de osmose reversa que tratam águas salobras em algumas localidades. Está em estudos pela COPANOR a utilização em algumas localidades de água depurada apenas para bebida e uso na cozinha (cerca de 20 litros num *per capita* total de 120 litros diários).

5.7.1.6. Investimentos em saneamento previstos para a bacia do rio Verde Grande

PROÁGUA – Administração pelo IGAM

O Ministério do Interior está licitando para implantação através do PROÁGUA Nacional um pacote de investimentos no valor de R$ 30 milhões, denominado Sistema Norte, abrangendo os municípios de Janaúba, Januária, Rio Pardo de Minas e Mato Verde contemplando 63 localidades. Para os municípios da bacia do rio Verde Grande estão contemplados empreendimentos para o abastecimento de água e esgotamento em 27 localidades no município de Janaúba.

Em Mato Verde será ampliado o sistema de produção da sede. Para as localidades rurais que são muito pequenas e pobres (populações até 50 habitantes) serão construídos sistemas de água com poço tubular, desinfecção, reservatório e rede distribuidora. Todo o suprimento de água será através de conexões domiciliares (não existirá chafariz) e em todas as residências serão montados módulos sanitários, com fossa séptica e sumidouro. O esgotamento será sempre do tipo estático. Em Mato Verde o abastecimento urbano está ruim devido a limitações de adução e tratamento. O sistema será ampliado e instalados módulos sanitários.

Em Janaúba será feito o desassoreamento do canal da barragem de Bico de Pedra.

COPASA – Relatório de acompanhamento de empreendimentos de julho de 2008 – Departamento Norte

A empresa está realizando os seguintes investimentos:

Em Monte Azul, a implantação do sistema de abastecimento de água no valor de R$ 480.041,34 no distrito de Pedreira. Implantação do sistema de esgotamento sanitário na sede no valor de R$ 17.580.352,00.

No município de Montes Claros, a implantação de sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário para as localidades de Aparecida do Mundo Novo, Canto do Engenho, Ermidinha, Lagoinha, Miralta, Santa Rosa de Lima, São João da Vereda, São Pedro da Graça e Vila Nova de Minas num montante de R$ 7.657.865,50.

Em Verdelândia, implantação de sistemas de abastecimento de água na zona rural no valor de R$ 207.510,11. Já em Patis e São João da Ponte – Projetos de água e esgoto já concluídos aguardando recursos para obras.

Para todos os demais municípios da bacia ainda não operados, mas com concessão, a empresa está conduzindo os projetos para definir e viabilizar os investimentos necessários.

CODEVASF – Companhia de desenvolvimento dos vales do São Francisco e Parnaíba

Esta empresa está com diversos empreendimentos em andamento ou em fase de licitação exclusivamente para esgotamento sanitário e serão relatados no texto correspondente.

É de se destacar que todos os investimentos identificados referem-se a municípios localizados no estado de Minas Gerais. As cidades de Sebastião Laranjeiras e Urandi, as únicas da Bahia com sede na bacia não estão contempladas em nenhum planejamento público.

Governo do estado da Bahia

Dentre as principais ações realizadas pelo Governo do Estado na área de recursos hídricos, o governador Wagner apontou o programa Água Para Todos, lançado em setembro de 2007 com o objetivo central de proporcionar água de qualidade e ampliar o sistema de esgotamento sanitário em toda a Bahia.

"Este projeto que, até 2010, pretende atingir mais de dois milhões de pessoas, é nosso carro chefe. Até aqui, já ultrapassamos a marca de 1,3 milhão de pessoas atendidas e de 1.200 poços perfurados. Além disso, vamos trabalhar em novos projetos de qualidade que possam garantir o acesso à água. Estes vão desde coisas muito simples como cisternas para a captação de água de chuva, até projetos mais complexos com poços que vão até 800 metros de profundidade", comentou o governador.

5.7.1.7. Gestão dos serviços

Para viabilizar a universalização do acesso aos serviços de saneamento é recomendável que a política comercial dos prestadores de serviço deva observar as seguintes diretrizes (extraídas do Código de prestação de serviços da COPASA , arts 90 e 91):

- As tarifas deverão ser diferenciadas segundo as categorias de uso e faixas de consumo, assegurando-se o subsídio dos clientes de maior para os de menor poder aquisitivo, assim como dos grandes para os pequenos clientes.

- A conta mínima de água e esgoto resultará do produto da tarifa mínima pelo consumo/ volume mínimo, por economia, observadas as quantidades de economias de cada categoria e o serviço utilizado pelo consumidor.

Os sistemas de abastecimento de água e esgotos de todos os empreendimentos do PROÁGUA em localidades com população inferior a 5.000 habitantes serão assumidos pela COPANOR, subsidiária da COPASA criada pela lei estadual 16.697/2007. Há negociações em andamento para a COPANOR assumir também todas as localidades da região norte do Estado com aquele limite de população, embora que a curto prazo ainda não exista esta previsão.

A experiência de operação em sistemas de pequenas comunidades vem provando que a gestão por cooperativas ou outras formas de organização locais é uma utopia. Apenas empresas de maior porte ou consórcios municipais conseguem promover atualização tecnológica e cumprir as normas de saúde pública e de meio ambiente. Nessas comunidades, mesmo que o investimento seja a fundo perdido, a operação em si é deficitária. Desta maneira ainda é necessária uma fonte de subsídios para equilibrar também os custos operacionais.

As tarifas mínimas praticadas pelos principais operadores constam do Quadro 5.25 a seguir:

Quadro 5.25 - Volumes relativos a tarifas básicas praticadas pelos principais operadores de sistemas de água e esgoto na bacia do Rio Verde Grande.

OPERADOR	Volume mínimo tarifado de água (m^3)	Percentual tarifado de esgoto em relação à tarifa de água %
COPANOR	3	Tarifa de esgoto não separada da de água
COPASA	6	20 a 60 *
Sistemas autônomos	Não disponível	Não disponível
EMBASA	10	45 A 80

*Obs.A COPASA passou a adotar a opção de operação de sistema estático de esgotamento sanitário com fossa, a partir de 2008

A partir desta grade tarifária decorreu uma melhor justiça social uma vez que os consumos inferiores a 10 m^3 que correspondem a cerca de 80% das contas emitidas na região eram faturadas por este número, gerando um diferencial entre o valor medido e o faturado. Atualmente são faturados pelo volume real.

A Copasa vem sendo considerada a empresa de saneamento com os melhores indicadores de qualidade e eficiência do Brasil. Em 2008 foi vencedora dos mais importantes prêmios nacionais e escolhida pelo quarto ano consecutivo, como a melhor empresa brasileira do setor de serviços públicos (Revista Exame).

Na Bahia, o Estado conta com a EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A., a qual é vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Urbano – SEDUR, do Governo da Bahia e tem como objetivo executar a política de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Estado. Para garantir quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde – OMS, a EMBASA exerce rigoroso controle e vem mantendo investimentos em programas de preservação dos mananciais utilizados para abastecimento público. No entanto as duas cidades baianas cuja sede está situada na bacia do rio Verde Grande têm operação municipal.

Quadro 5.26 - Operadoras dos serviços de água e esgotos das sedes municipais na bacia do rio Verde Grande.

LOCALIDADES		Empresa	Concessão		Operação	
			Água	Esgoto	Água	Esgoto
MINAS GERAIS						
1	Capitão Eneias	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
2	Catuti	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
3	Espinosa	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
4	Francisco Sá	SAAE				
5	Gameleiras	Prefeitura				
6	Glaucilândia	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
7	Guaraciama	DAAE				
8	Jaíba	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
9	Janaúba	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
10	Juramento	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
11	Mamonas	Prefeitura				
12	Mato Verde	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
13	Mirabela	COPASA	Sim	Sim	Sim	Não
14	Monte Azul	COPASA	Sim	Sim	Sim	Não
15	Montes Claros	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
16	Nova Porteirinha	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
17	Pai Pedro	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
18	Patis	COPASA	Sim	Sim	Sim	Não
19	Porteirinha	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
20	Riacho dos Machados	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
21	São João da Ponte	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
22	Serranópolis de Minas	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
23	Varzelândia	COPASA	Sim	Sim	Sim	Sim
24	Verdelândia	COPASA	Sim	Não	Sim	Não
BAHIA						

1	Sebastião Laranjeiras	Prefeitura				
2	Urandi	Prefeitura				

5.7.2. Esgotamento Sanitário

5.7.2.1. Levantamento de dados

As fontes utilizadas para o diagnóstico do esgotamento sanitário foram as mesmas utilizadas no diagnóstico do abastecimento de água na bacia do rio Verde Grande. É de se ressaltar, no entanto, que 4.556 municípios apresentaram os seus dados para sistemas de água ao SNIS e apenas 1.355 o fizeram para os sistemas de esgotos. No Quadro 5.27 é apresentada a disponibilidade de dados no SNIS para os municípios com sede na bacia.

Quadro 5.27 - Disponibilidade de dados no SNIS 2007 para a bacia do rio Verde Grande – Esgotamento Sanitário.

Estado	Municípios com sede na bacia	Prestador dos serviços	Municípios por prestador	Informado ao SNIS	Não informado ao SNIS
Bahia	2	EMBASA	0	0	0
		Autônomos	2	0	2
Minas Gerais	24	COPASA	8	8	0
		Autônomos	16	1	15

5.7.2.2. Coleta e tratamento de Esgotos Sanitários

Um Sistema de Esgotamento Sanitário – SES só é considerado completo quando contempla o Sistema de Instalações Prediais – SIP, o Sistema de Redes de Esgotos Sanitários – RES e a Estação de Tratamento de Esgotos - ETE.

Entende-se como esgoto sanitário, a soma dos esgotos domésticos, produzidos nas residências e os esgotos industriais, que são produzidos nas atividades industriais.

No Brasil, os dados disponíveis sobre a cobertura de esgotamento são muito contraditórios, segundo as várias fontes disponíveis. A credibilidade desses dados é muito discutível e, sendo assim, a consulta às diversas fontes de dados, sejam oficiais ou não, se faz necessária para traçar um diagnóstico da situação do atendimento às populações em qualquer parte do país (AGEVAP 2008). O SNIS que seria a fonte oficial mais atual é ainda mais limitado quando se trata de sistemas de esgotamento sanitário. A única fonte que contém os dados da totalidade dos municípios é a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB, realizada pelo IBGE e que teve sua última edição no ano de

2000. Na impossibilidade da obtenção de dados primários e secundários para os municípios não contemplados nas fontes acima citadas, foram adotados os dados dessa PNSB. Apesar de já haver uma defasagem cronológica de tais informações, não deverá haver prejuízos nos resultados, conforme citado anteriormente.

No Brasil, para a quase totalidade das cidades, a construção dos sistemas de esgotamento sanitário historicamente não considerava a necessidade do tratamento de efluentes. A construção de redes de coleta era feita dentro do conceito de apenas remover o esgoto dos imóveis, não importando o destino dos resíduos. Além disto, o serviço de esgotamento sanitário é visto como de importância secundária pela população uma vez que "tirou do meu imóvel, o problema está resolvido". Esta falta de cuidado no projeto e execução da rede coletora faz com que ao se instalar a ETE, torna-se necessária uma profunda intervenção de melhorias na etapa de coleta, para conseguir que o esgoto seja separado do sistema de escoamento pluvial. Esta intervenção é chamada na COPASA de "Caça Esgoto". Como na maioria dos casos não há cadastro, a solução pode levar muitos anos, fazendo com que as ETEs fiquem ociosas e o sistema não consiga atender aos seus objetivos ambientais. Enquanto as cidades eram pequenas e a densidade demográfica não era significativa esse problema não constituía uma ameaça mais séria. É óbvio que a disponibilização de redes coletoras é fator imprescindível para a garantia da salubridade urbana, mas os danos ambientais estão se tornando de tal ordem que a ausência de tratamento não pode ser mais negligenciada. Esta situação é particularmente grave na bacia do rio Verde Grande em que as vazões de estiagem não são suficientes para promover uma diluição satisfatória dos efluentes.

Com o objetivo de avaliar o impacto dos sistemas urbanos de esgotamento sanitário foi considerado um valor de DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) de 54 g por habitante por dia, conforme preconiza a Norma ABNT 9648/86 – Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário. A carga total remanescente por sede urbana é resultante da multiplicação da população atual pelo valor citado e dele é deduzido o percentual e a eficiência de tratamento. Mesmo que a cobertura da rede coletora não atinja 100%, considera-se que a totalidade da população está produzindo a DBO, que de qualquer forma atingirá o curso de drenagem urbana respectiva, através de sarjetas ou da drenagem pluvial.

Da mesma forma, só se consideram, para efeito de carga orgânica potencial, as populações urbanas, uma vez que no Brasil, as populações rurais não são dotadas de sistemas de esgotamento sanitário. Seus efluentes ou são lançados em valas negras, ou fossas negras, que naturalmente se infiltram no solo, ou então se utilizam de sistemas estáticos providos de fossas sépticas com sumidouros. Só em casos raríssimos os efluentes rurais são lançados em algum corpo hídrico (AGEVAP 2008).

Assim tem-se a seguinte equação para o cálculo da carga orgânica:

Cotr = Pop 2007 x 54 g DBO/habxdia (1- Perc x Efic)

Em que, Cotr = carga orgânica total remanescente; Pop = população do Censo de 2007 (IBGE); Perc = percentual de tratamento existente no sistema; e Efic. = eficiência da ETE existente – considerado como 70% conforme exposto a frente.

No Quadro 5.28 são apresentadas as eficiências dos vários tipos de tratamento:

Quadro 5.28 - Eficiência de sistemas de tratamento de esgotos. Fonte: Tratamento de Esgotos Domésticos – Jordão, E P e Pessoa, C A – 2005

EFICIÊNCIA DE ETES	
Tipo de Estação de Tratamento	**EFICIÊNCIA %**
Fossa séptica de câmara única ou de câmaras sobrepostas	30 A 50
Fossa séptica de câmaras em série	35 a 65
Valos de Filtração	75 a 95
Tanque Imhof	70 a 90
Lodos ativados	90 a 95
Lagoas Facultativas	80 a 90
Lagoas Aeradas	90 a 95
RAFA (UASB)	55 a 70

Tendo em vista que são precárias as informações disponíveis sobre a composição e a operação das unidades das ETEs existentes, adotou-se um valor de eficiência de 70%, quando existir o tratamento; e, como não há disponibilidade de valores obtidos de medições, em campo, no sistema de esgoto, deverá ser usado o percentual de 80% de vazão de retorno, conforme determina a Norma ABNT 9648.

A utilização de fossas sépticas em sistemas de esgotamento estático, desde que retirado o lodo em intervalos regulares, é considerada como um tratamento respectivo com 50% de redução de DBO.

No Quadro 5.29 e nas Figura 5.14 e Figura 5.15 são apresentados os dados dos serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do rio Verde Grande, inclusive as cargas remanescentes de DBO por sub-bacia (Figura 5.16).

Quadro 5.29 - Serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do rio Verde Grande

Estado	Sub-bacia	Índice de atendimento coleta de esgoto %	Volume de esgoto produzido 1.000m³/ano	Volume de esgoto coletado 1.000m³/ano	Volume de esgoto tratado 1.000m³/ano	Carga remanescente de DBO * Kg/dia
Bahia	AVP / BVP	0	305,62	0	0	514
	Estado BA	**0**	**305,62**	**0**	**0**	**514**
Minas Gerais	AVG	53,98	20773,73	20297,07	84,73	18967
	MVG - TA	3,14	1322,53	70,12	0	2645
	AG	29,79	2369,27	566,03	543,37	3001
	MBG	7,49	1920,17	400,49	340,33	2262
	MVG - TB	13,63	1039,68	126,87	124,81	1412
	AVP	0,25	885,66	2,56	0	1064
	Estado MG	18,05	28.311,04	21.463,14	1.093,24	29.351
Bacia Verde Grande		**9,02**	28.616,66	21.463,14	1.093,24	29.865
SNIS – BRASIL 2007		**49,1**				

- Quando a cidade é dotada de ETE foi considerado que todo o esgoto coletado passa pelo tratamento;
- Cálculo da DBO remanescente: foi considerada uma eficiência média de 70% quando existir o tratamento e para fossa séptica 50%;
- Fonte: Anexo 1 - SNIS 2007 e relatórios gerenciais da COPASA.

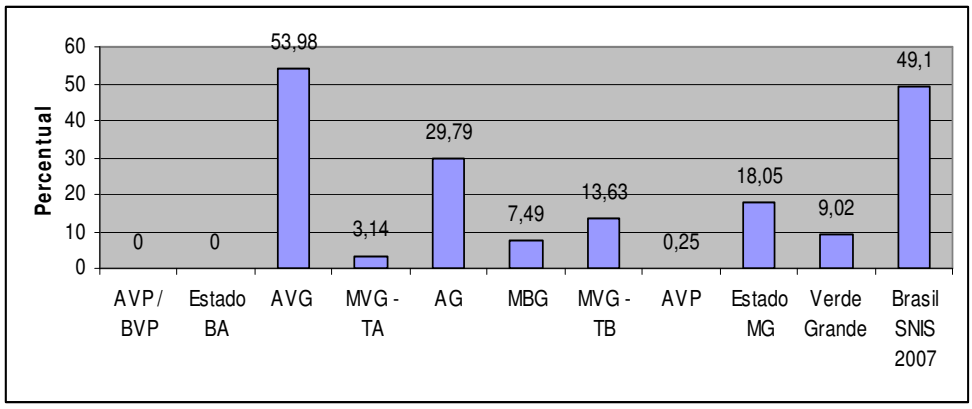


Figura 5.14 - Percentual de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Verde Grande.

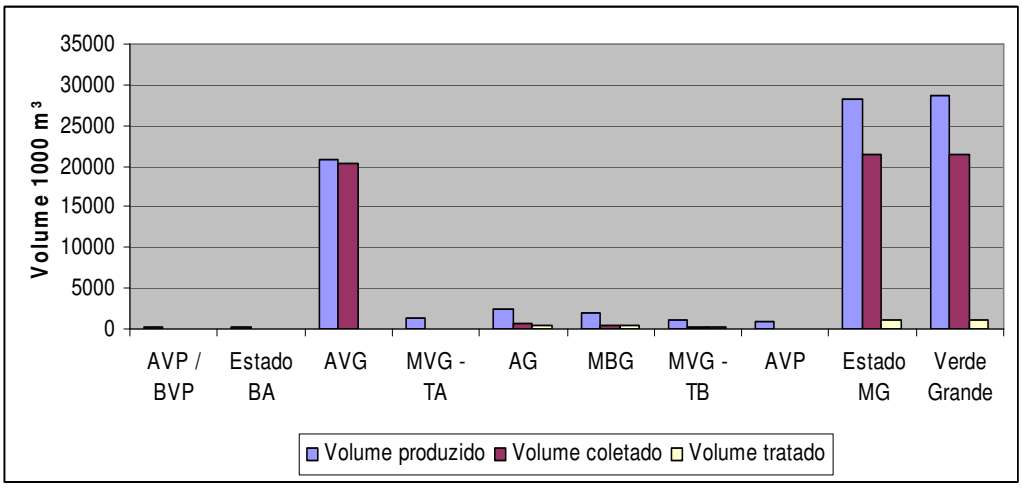


Figura 5.15 – Volumes de esgoto na bacia do rio Verde Grande

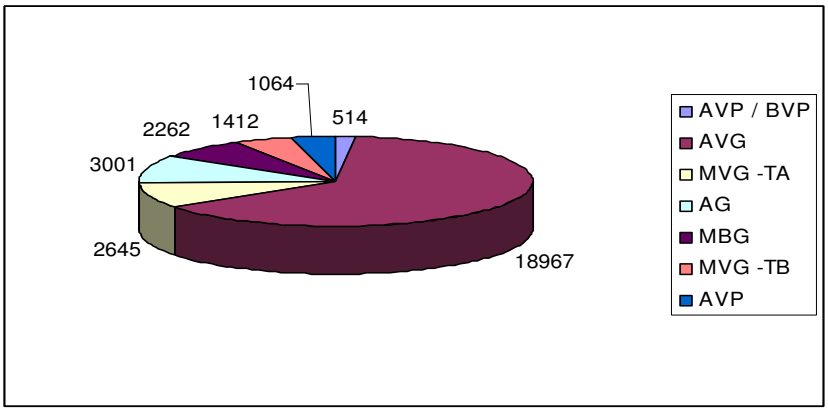


Figura 5.16 - Carga remanescente de DBO por sub-bacia.

5.7.2.3. Saneamento Urbano

Em Minas Gerais os índices de atendimento variam de 0,00% a 98,46% da população urbana. Quatro cidades: Catuti, Patis, Gameleiras e Pai Pedro com 0,0%; dez cidades: Capitão Enéias, Espinosa, Guaraciama, Jaíba, Mamonas, Mato Verde, Mirabela, São João da Ponte, Serranópolis e Verdelândia, com índices de 0,20%, a 7,10% praticamente não possuem redes de coleta. Só a cidade de Montes Claros declara possuir 98,46% de coleta. As demais nove cidades variam entre 10,60% a 64,12%.

Na Bahia os índices de atendimento são de 0,00% para as cidades Sebastião Laranjeiras e Urandi.

No Anexo são apresentados os indicadores operacionais do esgotamento sanitário nos municípios presentes na bacia do rio Verde Grande. O tratamento de esgotos é extremamente deficitário na bacia gerando uma significativa carga

remanescente de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e tornou-se um grande motivo de preocupações.

Em Minas Gerais apenas sete cidades têm o esgoto coletado 100% tratado: Glaucilândia, Jaíba, Janaúba, Juramento, Nova Porteirinha, Porteirinha e Varzelândia. Todas as demais 19 cidades não dispõem de qualquer tipo de tratamento. É de se ressaltar, no entanto que, sendo baixa a cobertura por redes de coleta, as ETEs operam com grande ociosidade, gerando ainda uma alta carga de DBO remanescente. A cidade de Nova Porteirinha lança seus efluentes na ETE de Janaúba, otimizando assim esta unidade.

As ETEs no estado de Minas Gerais possuem a seguinte situação quanto ao licenciamento ambiental na bacia do rio Verde Grande até junho de 2008 (Quadro 5.30 – Estações de Tratamento de Esgotos licenciadas na bacia do rio Verde Grande).

Quadro 5.30 – Estações de Tratamento de Esgotos licenciadas na bacia do rio Verde Grande

Cidade	Tipo de licença concedida	Percentual de atendimento	População atendida	Número de ETEs
Bocaiúva	LP+LI	100	34999	1
Montes Claros	LI	100	331946	2
Juramento	LO	69,99	1455	1
Janaúba	AAF	59,3	34834	1
Varzelândia	AAF	100	9259	1

Todos as ETEs em operação utilizam o reator anaeróbio do tipo RAFA seguido na maioria dos casos de filtro biológico e decantador secundário, com eficiências variando de 60% (RAFA) a 90% (com o secundário). A exceção é a ETE de Porteirinha que é constituída de lagoas. O lodo produzido é encaminhado a leitos de secagem e posteriormente ao vazadouro do lixo municipal. Apesar de consultas efetuadas, não foi possível obter outros dados dos sistemas de tratamento licenciados.

A Figura 5.17 apresenta a estação de tratamento de esgoto Montes Claros, do mesmo município, com início de operação prevista para 2010. Esta estação é provida de tratamento preliminar, reator RAFA (2 UN.), filtro biológico, decantador secundário, caixa de distribuição, elevatória de lodo e recirculação e está com as obras em andamento pela COPASA..

Na Bahia não há nenhuma ETE licenciada. Nas cidades de Sebastião Laranjeiras e Urandi no estado da Bahia não existe nenhum tipo de tratamento.



Figura 5.17 – Estação de tratamento de esgoto de Montes Claros.

Depreende-se então que 19 sedes urbanas (80%) nos dois Estados não dispõem de qualquer tipo de tratamento de efluentes e lançam seus dejetos *in natura* nos corpos receptores, resultando em cargas incompatíveis com a auto-depuração na maioria dos trechos.

A precariedade dos serviços de esgotos não vem encontrando uma disposição firme dos governos municipais e das populações no sentido de eliminar ou reduzir este grave passivo ambiental. No caso do serviço de coleta de esgoto, há uma resistência muito grande para a adesão ao sistema público devido ao incremento que ocorre na conta mensal de água quando se acrescenta o custo do serviço de esgoto. Há ainda o fato de as pessoas já estarem habituadas, de longa data, a lançarem os seus resíduos no solo, redes de águas pluviais e nas vias públicas e naturalmente não pagarem por isto. Isto gera o retorno de doenças, mau cheiro e lama, e assim, todo o cuidado com o meio ambiente desenvolvido pelo projeto fica prejudicado. Um fato a ser destacado é que as concessões de sistemas de esgotamento às companhias estaduais são em número insignificante em relação às concessões dos serviços de abastecimento de água. Em Minas Gerais, na bacia do rio Verde Grande, a COPASA possui 20 concessões de abastecimento de água e apenas 12 de esgotamento sanitário, das quais opera apenas oito.

As cidades que se destacam no ranking do saneamento têm uma característica comum: há anos o saneamento é prioridade em seu plano diretor e os investimentos são regulares, independentemente do órgão operador – seja ele privado, municipal ou estadual. “O planejamento local e a prioridade às questões ambientais são fundamentais para os avanços” diz Gesner Oliveira, presidente da SABESP. (Revista Exame, 20/05/2009)

Pesquisas recentes feitas pela COPASA apresentam os resultados a seguir (Quadro 5.31) sobre a percepção da população quanto à importância de tais serviços.

Quadro 5.31 – Resultados de pesquisa de percepção – Qual o serviço público mais importante?

Classificação	Tipo de Serviço	Percentual
1º	Água	84
2º	Energia Elétrica	9
3º	Telefone	2
3º	**Esgoto**	**2**
3º	Lixo	2
Não sabe/Não respondeu		1

Em sistemas providos de ETEs, é freqüente que estas fiquem ociosas, devido a estes problemas. Outro risco grave decorrente desta negligência refere-se a alguns tipos de resíduos tóxicos de empreendimentos comerciais e industriais situados na área urbana, como galvanoplastia, laboratórios fotográficos e radiológicos, etc, sobre os quais não incide qualquer tipo de controle.

Outro fator que torna ainda mais preocupante a ausência de unidades de tratamento, é que nas localidades desprovidas de tais dispositivos, a prestação dos serviços de esgotamento sanitário resume-se à manutenção das redes de coleta. Não há qualquer controle sobre os efluentes tóxicos de atividades industriais, que podem ser carreados ao corpo receptor. Mesmo em algumas localidades providas de ETEs, o seu controle costuma ser apenas dos processos internos operacionais. Caso ocorra a presença de compostos tóxicos no lodo, e se este for levado para aplicação agrícola, o risco para as pessoas que o manipulam e para o meio ambiente é igualmente grave. Para prevenir tal situação a COPASA criou o PRECEND - Programa de Recebimento de Efluentes Não Domésticos, mas a sua aplicação ainda está restrita aos poucos sistemas concedidos à mesma.

5.7.2.4. Investimentos de esgotamento sanitário em andamento e previstos na bacia do rio Verde Grande

No Estado de Minas Gerais

A bacia do rio Verde Grande conta com um significativo montante de investimentos no estado de Minas Gerais que possibilitarão uma rápida mudança do seu quadro ambiental, conforme apresentado no anexo deste diagnóstico. Estão previstos os seguintes investimentos:

PROÁGUA – Administração pelo IGAM - Valor R$ 30.000.000,00

O Ministério do Interior está licitando para implantação através do PROÁGUA Nacional um pacote de investimentos no valor de R$ 30 milhões, denominado Sistema Norte, abrangendo os municípios de Janaúba, Januária, Rio Pardo de Minas e Mato Verde contemplando 63 localidades. Para os municípios da bacia do rio Verde Grande estão contemplados empreendimentos para o abastecimento de água e esgotamento em 27 localidades no município de Janaúba. Para as localidades rurais que são muito pequenas e pobres (populações até 50 habitantes) serão construídos sistemas de água com poço tubular, desinfecção, reservatório e rede distribuidora. Em todas as residências serão montados módulos sanitários, com fossa séptica e sumidouro. O esgotamento será sempre do tipo estático. Este projeto respeita toda a legislação ambiental.

COPASA – Relatório de acompanhamento de empreendimentos de julho de 2008 – Departamento Norte

A empresa está realizando investimentos no montante de R$ 113.400.950,11, contemplando os seguintes municípios:

Capitão Enéias, Catuti, Espinosa, Francisco Sá, Guaraciama , Janaúba, Mato Verde, Monte Azul, Montes Claros (Está em construção a ETE Montes claros com o objetivo de atender 100% do esgoto coletado e investimentos de R$ 49.094.947. Também no município de Montes Claros estão em implantação os sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário para as localidades de Aparecida do Mundo Novo, Canto do Engenho, Ermidinha, Lagoinha, Miralta, Santa Rosa de Lima, São João da Vereda, São Pedro da Graça e Vila Nova de Minas num montante de R$ 7.657.865,50. Outro projeto que está em andamento é o das unidades de tratamento de resíduos UTRs das ETAs Juramento e Verde Grande em Montes Claros Valor de R$1.326.982,69), Pai Pedro, Riacho dos Machados, São João da Ponte, Serranópolis, Varzelândia e Verdelândia, abrangendo 15 municípios.

CODEVASF – Companhia de desenvolvimento dos vales do São Francisco e Parnaíba

Esta empresa está com empreendimentos nos seguintes municípios: Jaíba, Mirabela, Monte Azul, Patis e São João da Ponte. As cidades mais carentes que são Gameleiras e Mamonas não estão incluídas em nenhum planejamento de investimentos.

No estado da Bahia

As cidades de Sebastião Laranjeiras e Urandi, que apresentam baixos indicadores de atendimento e são as únicas da Bahia com sede na bacia não estão contempladas em nenhum planejamento público, seja da CODEVASF ou da EMBASA, ou de outro órgão.

5.7.2.5. Saneamento Rural

Os serviços de saneamento rural não dispõem de estatísticas para as localidades da bacia do rio Verde Grande. O PROÁGUA Nacional em convênio com o IGAM está realizando a implantação de sistemas de água e esgotos em 63 localidades da região norte, sendo 27 delas na bacia do rio Verde Grande. A COPASA também está realizando investimentos em distritos de Montes Claros.

No Estado de Minas Gerais foi criado o programa Vida no Vale, que abrange apenas os vales dos rios Mucuri e Jequitinhonha, no qual está previsto o atendimento com serviços de saneamento para 1.853 localidades em 92 municípios. Este programa tem como principal característica a realização dos investimentos a fundo perdido, o que permite que o valor das tarifas seja cerca de 40% mais baixo, viabilizando a universalização. A tecnologia usada nos projetos dos sistemas já foi amplamente consolidada em sistemas existentes e, para garantir a gestão sustentável e moderna, foi criada a COPANOR – Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A, uma subsidiária da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG. Não há no momento disponibilidade de estender tal programa para a bacia do rio Verde Grande, mas há o compromisso de a COPANOR assumir a operação de todas as comunidades rurais que forem tendo as suas obras concluídas.

5.7.2.6. Ações do SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais

No ano de 2006 a SEMAD constatou que 97% dos municípios de Minas Gerais lançavam os esgotos brutos nos corpos d'água e emitiu a Deliberação Normativa nº 96, de 12/04/2006 que convocava os municípios para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de esgotos e dava outras providências. Esta Deliberação Normativa estabeleceu em seu art. 2º que todos os municípios convocados pela mesma deviam implantar sistema de

tratamento de esgotos com eficiência mínima de 60% e que atendessem, no mínimo, 80% da população urbana, fixando prazos para o licenciamento ambiental. Essa DN tem os seguintes objetivos**:**

- Convocar para o licenciamento ambiental de sistemas de tratamento de esgotos os municípios do estado de Minas Gerais;

- Remoção média de 36% da carga orgânica representada por aproximadamente 280.000 kg DBO/dia e atendimento de cerca de 70% da população urbana até 2010.

O licenciamento das ETEs além de possibilitar o acompanhamento dos dados, e legalizar o empreendimento, possibilita ao município o cadastro do ICMS ecológico, quando a estação de tratamento atende o mínimo de 50% da população urbana com LO concedida pelo COPAM

No Quadro 5.32 é apresentada a convocação para licenciamento de sistemas de tratamento de esgotos.

Quadro 5.32 – Convocação para licenciamento de sistemas de tratamento de esgotos.

Grupo	Critérios	Prazo para licenciamento	Tipo de Licença
1	População > 150.000	04/2010	LO
2	População entre 30.000 e 150.000	02/2009	LO
3	População entre 50.000 e 150.000 e índice de coleta <70%	09/2010	LO
4	População entre 30.000 e 50.000 e índice de coleta <70%	10/2009	LO
5	Municípios de Serro, Tiradentes, Conceição do Mato Dentro e Ouro Branco	06/2008	AAF
6	População entre 20.000 e 30.000	Metas crescentes até 03/2017	AAF
7	População 20.000	03/2017	AAF

Fonte: Deliberação Normativa 96/2006 do COPAM

Em 13 de maio de 2008 foi publicada a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Em seu capítulo V Art. 19. estabelece: Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Deliberação Normativa e em outras normas aplicáveis. Fica proibido o lançamento de DBO acima de 60 mg/L nos cursos d'água.

5.7.2.7. Lei de crimes ambientais – Lei 9.605 de 12/02/1998

É de se ressaltar que, em decorrência da legislação ambiental, existe a obrigatoriedade de o prestador dos serviços de água e esgotos implantar unidades de tratamento, tanto para o lodo de Estação de Tratamento de Água - ETA, quanto para os esgotos sanitários e industriais se houver.

Sobre esta obrigatoriedade, cita-se a Lei nº 9.605 de 12/02/1998 (Lei de crimes ambientais):

> "Seção III - Da poluição e outros Crimes Ambientais
>
> Art. 54º Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:
>
> § 2º Se o crime:
>
> Inciso V – Ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleo ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos."

5.7.2.8. Cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Para ilustrar a importância dos cuidados ambientais nos serviços de saneamento apresentamos a seguir o Quadro 5.33 que se refere à Minuta de Deliberação CBHSF 40/2008, aprovada pela CTOC do comitê em 5/12/2008, que estabelece mecanismos e sugere valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco. A legislação prevê que cada comitê avalie e estabeleça os seus critérios de cobrança. No entanto considerando que o fato de o CBHSF já haver tomado esta decisão e que estes valores guardam uma similaridade com os demais valores de cobrança já implantados, consideramos para efeito de nossa estimativa que o CBH Verde Grande deve guardar uma uniformidade com o rio principal. Os valores aprovados são: R$ 0,01 por m³ captado, R$ 0,02 por m³ consumido e R$ 0,07 por kg de DBO lançada.

Quadro 5.33 – Estimativa de cobrança para os serviços de saneamento na bacia do rio Verde Grande.

Estado	Sub-bacia	Captação		Consumo		DBO		Soma
		Volume 1000m³	R$	Volume 1000m³	R$	Carga Ton	R$	
Bahia	AVP / BVP	382	3.820,00	76	1.528,00	188	13.132,70	18.480,70
	Estado BA	382	3.820,00	76	1.528,00	188	13.132,70	18.480,70
Minas Gerais	AVG	25967	259.672,00	5193	103.868,80	6923	484.606,85	848.147,65
	MVG -TA	1653	16.531,60	331	6.612,64	965	67.579,75	90.723,99
	AG	2962	29.615,90	592	11.846,36	1095	76.675,55	118.137,81
	MBG	2400	24.002,10	480	9.600,84	826	57.794,10	91.397,04

	MVG -TB	1300	12.996,00	260	5.198,40	515	36.076,60	54.271,00
	AVP	1108	11.078,80	222	4.431,52	388	27.185,20	42.695,52
	Estado MG	35390	353.896,00	7078	141.558,40	10713	749.918,05	1.245.372,45
Bacia Verde Grande		35772	357.716,00	7154	143.086,40	10901	763.050,75	1.263.853,15

Obs.1 – Volumes e carga de DBO por ano; Valor do consumo – 20% do volume captado.

Vê-se da tabela acima que o valor da cobrança relativa ao lançamento de carga orgânica representa 60% do valor total previsto de arrecadação. Este valor pode ser reduzido significativamente com a implantação de estações de tratamento de esgoto.

5.7.2.9. Resíduos Sólidos

Um sistema público de resíduos sólidos só é considerado completo quando contempla o sistema de coleta e a sua disposição final adequada sanitariamente, que em nosso meio resulta em um aterro sanitário. Os sistemas devem incluir também a varrição, capina de vias públicas, e coleta dos serviços de saúde. Os sistemas mais desenvolvidos contam com a coleta seletiva e reciclagem.

O lixo pode constituir-se num meio favorável à transmissão de doenças, por via direta e, principalmente por via indireta. A transmissão direta ocorre por meio de bactérias, vírus, protozoários, vermes, etc., os quais, alcançando os resíduos sólidos podem ali sobreviver por algum tempo. A transmissão indireta é a mais importante, pois pode alcançar uma população maior, que não está diretamente associada aos resíduos sólidos (MOTA, 2000). As figuras a seguir mostram os impactos do lixo sobre a saúde humana.

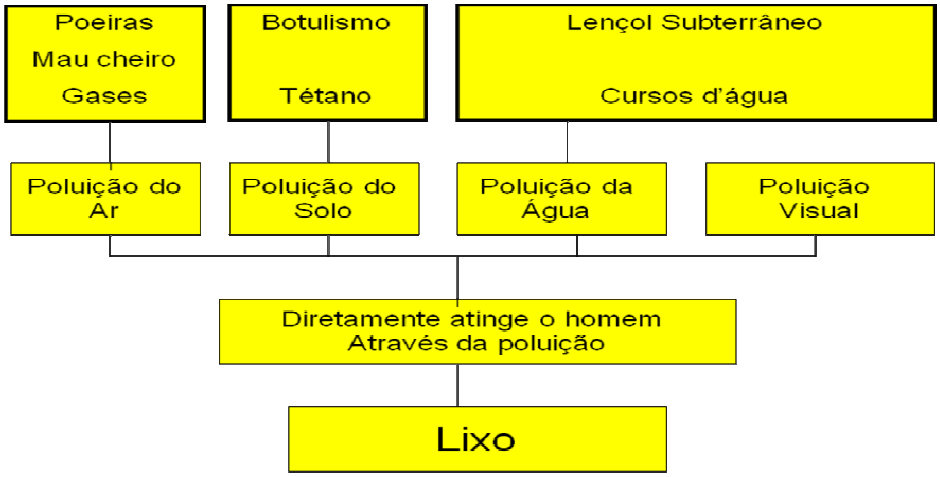


Figura 5.18 - Efeitos diretos do lixo sobre o homem.

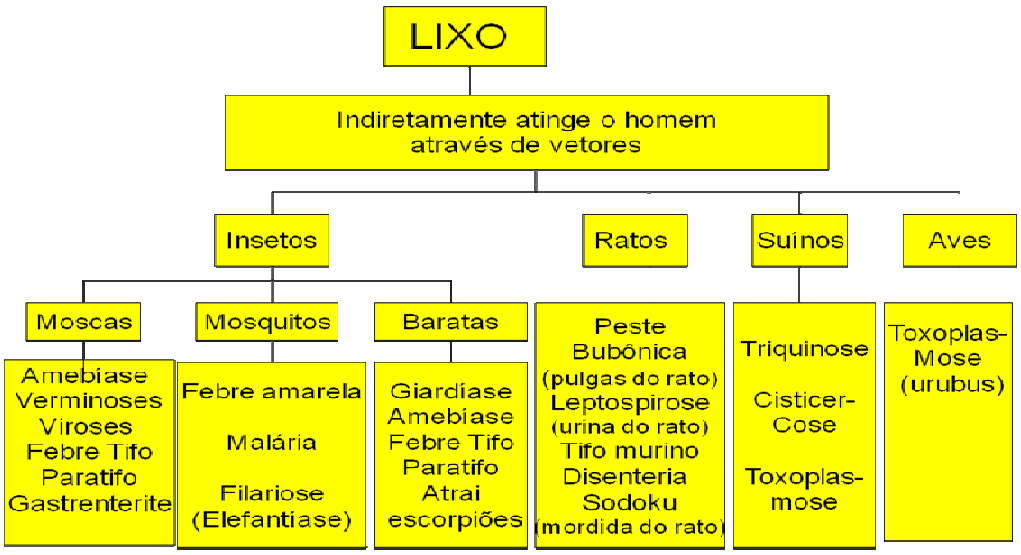


Figura 5.19 - Efeitos indiretos do lixo sobre o homem

Resíduos sólidos contendo produtos químicos nocivos podem ser dispostos no solo e daí alcançar a água, provocando danos à saúde humana e à fauna. Esses resíduos são geralmente, oriundos de processos industriais ou de outras atividades que manipulam substâncias químicas.

Muito cuidado deve ser tomado em relação aos resíduos sólidos, pois é freqüente, em nosso país, as pessoas não terem cuidado com o lançamento de lixo em quintais e vias públicas. Estes resíduos são carreados pelas águas pluviais e geram significativa poluição nos mananciais. Para minimizar este risco é recomendado além de uma coleta eficaz de lixo urbano, um intenso trabalho de educação ambiental, inclusive nas áreas rurais.

Na bacia do rio Verde Grande, a gestão dos resíduos sólidos urbanos é realizada exclusivamente pelos municípios. Como em geral o sistema não é tarifado diretamente, como os serviços de água e esgoto, a sua operação envolve significativos recursos do orçamento municipal.

Conforme o SNIS RSU 2006, as despesas com o manejo de resíduos sólidos urbanos, no Brasil, tomam, em média, 6% das despesas correntes do município, variando de 3,7 % a 6,1%. A arrecadação, quando existe, paga menos da metade dos custos. Enquanto que a receita média é R$ 31,00 por habitante por ano, a despesa média é de R$ 62,28.

Para a elaboração do diagnóstico de resíduos sólidos na bacia do rio Verde Grande, foram considerados os seguintes aspectos:

- *Percentual da população atendida* - usando os dados do SNIS, quando disponíveis, e da PNSB 2000 para os não disponíveis, valendo lembrar que a única cidade que disponibilizou os dados para o SNIS Resíduos Sólidos Urbanos foi Montes Claros;

- *Destinação ambientalmente adequada* - é a parcela coletada que é levada a aterro sanitário, ou reciclagem; e

- *Volume de lixo produzido* - corresponde ao produto da população urbana de 2007, pelo volume *per capita* médio de 0,75Kg/habitantes por dia.

O Quadro 5.34 apresenta a massa coletada de resíduos sólidos no Brasil segundo dados do SNIS RSU (2006). Observa-se que esta massa varia de 0,74 a 0,92 kg/habxdia para populações até 1.000.000 habitantes, que é a faixa dos municípios da bacia do rio Verde Grande. O Centro Mineiro de Referência em Resíduos – CMRR - adota 0,60 para cidades menores e 0,80 para cidades maiores, critério este que é divergente do SNIS, no qual cidades até 30.000 habitantes apresentam uma taxa de 0,83 kg/habxdia. Desta forma considerou-se que o *per capita* de 0,75 kg/habxdia como taxa média, é um valor adequado para o grupo de municípios em análise.

Quadro 5.34 - Massa coletada de resíduos sólidos no Brasil

Faixa populacional	População Habitantes	Quantidade de Municípios	Massa coletada (RDO+RPU)* (Kg/habxdia)		
			Mínima	Máxima	Média
1	<30.000	54	0,24	2,98	0,83
2	30.001 a 100.000	39	0,43	2,04	0,74
3	100.001 a 250.000	50	0,38	2,89	0,92
4	250.001 a1.000.000	48	0,39	1,68	0,82
5	1.000.001 a 3.000.000	12	0,55	1,66	0,95
6	>3.000.000	2	0,96	1,25	1,07
Total		205	0,24	2,98	0,93

Fonte: QUADRO 3.8 Relatório SNIS 2006
* (RDO+RPU) Resíduo Doméstico + Resíduo Público
Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* em relação à população urbana (I021), segundo porte dos municípios

5.7.2.10. Disposição final

As formas de disposição final foram classificadas como lixões, aterro controlado e aterro sanitário. A diferenciação entre lixão e aterro controlado é considerada polêmica entre alguns sanitaristas. Para efeito do presente trabalho foram adotadas as seguintes definições do SNIS RSU:

- *Lixão (ou vazadouro)* **-** local em que os resíduos sólidos urbanos, de todas as origens e naturezas, são simplesmente lançados, sem qualquer tipo ou modalidade de controle sobre os resíduos e/ou sobre seus efluentes;

- *Aterro controlado* **-** instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos e/ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidas, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre seus efluentes. Admite-se, desta forma que, o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário; e

- *Aterro sanitário* - instalação de destinação final dos resíduos sólidos urbanos através de sua adequada disposição no solo, sob controle técnico e operacional permanente, de modo a que nem os resíduos, nem seus efluentes líquidos e gasosos, venham a causar danos à saúde pública e/ou ao meio ambiente.

O lixo não coletado tem um destino incerto e muitas vezes inadequado. Outro grave problema é que nas cidades que não dispõem de estrutura de gestão dos resíduos sólidos, aí incluídos os lixões, não possuem controle sobre os resíduos tóxicos de atividades industriais, situadas em áreas urbanas. Em geral as empresas maiores seguem condicionantes de licenciamento ambiental quanto à destinação dos seus resíduos, sendo que algumas são certificadas pelas Normas da ISO (ISO 9.000 e 14.000) que são ainda mais rigorosas e auditadas com freqüência. Já um número significativo de empresas de porte médio, pequenas e micro, nem sempre cumprem exigências ambientais. Empresas de galvanoplastia, laboratórios fotográficos, oficinas mecânicas etc. podem levar a passivos ambientais gravíssimos se seus resíduos sólidos e líquidos não passarem por tratamentos adequados.

O lixo em decomposição produz o chorume, que é um líquido com grande concentração de matéria orgânica (elevada DBO), sendo por isto, de alto potencial poluidor para as águas. Deve ser coletado através de drenos horizontais e destinado a uma Estação de Tratamento de Esgoto. Tal providência só é possível quando se dispõe de um aterro sanitário. Nos lixões e aterros controlados, devido à falta de impermeabilização do solo, o chorume se infiltra, podendo atingir o lençol freático.

O Quadro 5.35 apresenta a relação da destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Verde Grande, sendo os dados por município apresentados no Anexo.

- Em nenhum dos municípios da bacia há aterros sanitários.

- Dos municípios mineiros na bacia, os que possuem aterro controlado são: Catuti, Glaucilândia, Ibiracatu, Patis e Porteirinha. Não há registros de unidades de triagem, compostagem e reciclagem de resíduos. Apenas os municípios de Mirabela e Montes Claros tem vala específica para os resíduos dos serviços de saúde.

- No estado da Bahia, todos os municípios destinam os seus resíduos a lixões sem separação dos resíduos dos serviços de saúde.

A situação dos resíduos sólidos na bacia tem indicadores piores que a média brasileira. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE , 170.000 toneladas de lixo são geradas no país, e só 140.000 toneladas são coletadas, das quais 60% não tem destino final adequado.

Outra questão relevante é a coleta de gás dos aterros sanitários, que pode inclusive ser convertida em créditos de carbono e geração de energia, térmica ou elétrica (Protocolo de Kioto). O gás metano produzido na decomposição da matéria orgânica é 21 vezes mais agressivo para o efeito estufa do que o gás carbônico decorrente da combustão. Um exemplo interessante é o da cidade de Belo Horizonte que celebrou um contrato com a empresa Consórcio Horizonte Asja, para a utilização do metano produzido no aterro sanitário da BR 040. A empresa comprou os direitos de exploração dos créditos de carbono por R$ 16 milhões conforme publicação no DOM de Belo Horizonte de 10/12/2008. Num primeiro momento está procedendo apenas à queima do metano, mas o contrato prevê a possibilidade de geração de energia. Mais detalhes podem sem vistos na publicação acima citada e no site (www.asja.biz). É de se ressaltar que, para a implementação de projeto de conversão de créditos de carbono é necessário que a instalação geradora tenha um porte razoável para viabilizar os estudos e respectiva aprovação nos organismos internacionais correspondentes. Neste caso a solução proposta de realizar consórcios de municípios compartilhando aterros sanitários regionais.

Quadro 5.35 - Relação da destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do Rio Verde Grande

Estado	Sub-bacia	Volume Produzido total (ton/dia)	Tipo de Destinação Final		
			Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
Bahia	AVP / BVP	7.135,50	2	0	0
	Estado BA	7.135,50	**2**	**0**	**0**
Minas Gerais	AVG	88.530,80	3	1	0
	MVG -TA	34.823,30	3	2	0
	AG	49.683,00	3	0	0
	MBG	35.307,00	5	2	0
	MVG -TB	21.781,50	3	0	0
	AVP	14.781,00	2	0	0
	Estado MG	244.906,60	19	5	0
Bacia Verde Grande		252.042,10	21	5	0

Fontes: PNSB 2000; SNIS RSU 2006 - Para o Estado de Minas Gerais há o Relatório da FEAM de 2008.

5.7.3. Drenagem Urbana

Uma das principais fontes de vulnerabilidade urbana, a questão da drenagem tem preocupado especialistas devido à sua gestão inadequada, o que traz

como conseqüências o comprometimento das fontes de abastecimento pela contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos; erosão e produção de sólidos; inundações urbanas e um ciclo de contaminação.

Segundo o diretor de Ambiente Urbano da Secretaria de Recursos Hídricos do MMA, Silvano Silvério, amparado pela Lei do Saneamento, “a gestão das águas pluviais é uma atribuição dos municípios, entretanto, essa gestão vem sendo feita de forma inadequada, devido principalmente à fragmentação das responsabilidades, à falta de planejamento, e à gestão por trechos, e não por bacias.”

Os sistemas de drenagem têm por objetivo garantir o adequado escoamento das águas pluviais. Muito mais do que obras visando a proporcionar o transporte das águas, os sistemas de drenagem devem ser vistos dentro de um enfoque global, que considere o sistema hídrico de uma bacia ou sub-bacia como um todo (MOTA, 2003).

Os sistemas de informações disponíveis sobre drenagem urbana são precários e não disponibilizam maiores detalhes, mesmo porque normalmente não há estruturas municipais com esta atribuição. A PNSB é a única fonte que relaciona tais dados. Grande parte das cidades do vale apresenta distribuição tentacular, o que agrava e impacta mais severamente as áreas urbanizadas. Foram obtidos alguns dados sobre a questão da drenagem urbana na bacia do rio Verde Grande, mas é de se supor que seja uma questão relevante para os municípios da bacia onde as áreas ribeirinhas dos cursos d’água, que cruzam as suas áreas urbanas, são assoladas por freqüentes inundações, provocando interrupções de tráfego, prejuízos materiais, doenças de veiculação hídrica e até perda de vidas humanas.

Cabe salientar que, em geral, os projetos de drenagem urbana elaborados no país seguem procedimentos, até hoje em vigor, com intervenções pontuais que normalmente apenas transferem os problemas para jusante, e não levam em conta a bacia de drenagem como um sistema completo. São anteriores, portanto, aos novos conceitos que estão sendo defendidas na Carta de Recife de 1995 (ANA, 2005).

As seguintes cidades da bacia do rio Verde registram pontos de estrangulamento urbano que resultaram em inundações nos anos de 1999-2000 (PNSB2000) Jaíba, Janaúba, Mato Verde, Montes Claros, Nova Porteirinha e Porteirinha. Não estão disponíveis os dados da última década particularmente no ano de 2009 em que a região nordeste foi assolada por inundações urbanas que deixaram milhares de pessoas desabrigadas por várias semanas.

A drenagem urbana deve constar no Plano Diretor de Saneamento previsto no Art 19 da Lei federal 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico.

5.7.3.1. Políticas públicas estaduais para drenagem

O problema de drenagem urbana vem apresentando impactos tão significativos que o Estado de Minas Gerais, por meio do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM - emitiu a Deliberação Normativa 95 de 12/04/2006, que dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de intervenções em cursos d'água, de sistemas de drenagem urbana no Estado de Minas Gerais. Esta deliberação apresenta as seguintes considerações:

- A necessidade de estabelecer critérios para o licenciamento de intervenções em cursos d'água;
- Os sistemas de drenagem apontam para a preservação dos cursos d'água, sua despoluição e manutenção das várzeas de inundação; e
- O revestimento das calhas dos rios provoca o aumento da velocidade de escoamento, com conseqüente transferência das inundações para jusante e eliminação de ecossistemas aquáticos.

Em decorrência de tais fatos, impõe severas restrições ao uso de canalizações em cursos de água urbanos.

Como empreendimento previsto para drenagem na bacia, a CODEVASF tem como planejamento fazer o desassoreamento do canal da barragem de Bico de Pedra em Janaúba.

Na Bahia, o governador Jaques Wagner participou em maio deste ano do lançamento do PAC Drenagem, ao lado do presidente Luiz Inácio Lula da Silva, governadores, ministros de estado e prefeitos. Aproximadamente R$ 152,5 milhões serão destinados à Bahia, do total de investimentos de R$ 4,7 bilhões em obras de drenagem em 109 municípios que são constantemente atingidos por enchentes e inundações. As cidades beneficiadas pelo PAC Drenagem estão localizadas em 18 estados do país.

Os projetos que receberão recursos do PAC Drenagem englobam a construção de redes e galerias de águas pluviais, dragagem e canalização de cursos de água, implantação de parques e construção de reservatórios de amortecimento de cheias, também conhecidos como piscinões. Foram priorizados empreendimentos em estágio avançado de planejamento e grande impacto para a população local. Cinco Estados da região Nordeste atingidos por enchentes nos últimos meses tiveram projetos selecionados, somando R$ 827,5 milhões em investimentos.

5.7.4. Saúde Pública

5.7.4.1. Doenças transmitidas pela falta de saneamento

Saúde pública e gestão das águas têm um íntimo relacionamento. É interessante reconhecer tal proximidade, pois se trabalharem de forma integrada, podem ser parceiras diretas e alcançarem a mesma meta. Há uma interface nítida: a poluição das águas constitui risco direto à saúde da população. O lançamento de esgotos e lixo sem tratamento em cursos d'água, além de alterações cênicas, gera algumas conseqüências ainda pouco percebidas pelo cidadão comum, que são: a água contaminada é meio de proliferação de doenças parasitológicas e pode levar danos à saúde da totalidade do organismo, podendo atacar o fígado, o sistema nervoso e outros órgãos através de agrotóxicos e metais pesados.

A ingestão de pescados é ainda mais grave devido à concentração de organo-tóxicos e metais pesados em sua carne. Na Figura a seguir é apresentado o tumor de um peixe retirado do rio Anacostia nos Estados Unidos formado devido ao contato com hidrocarbonetos poliaromáticos oriundos de descargas de veículos e aquecedores a carvão.

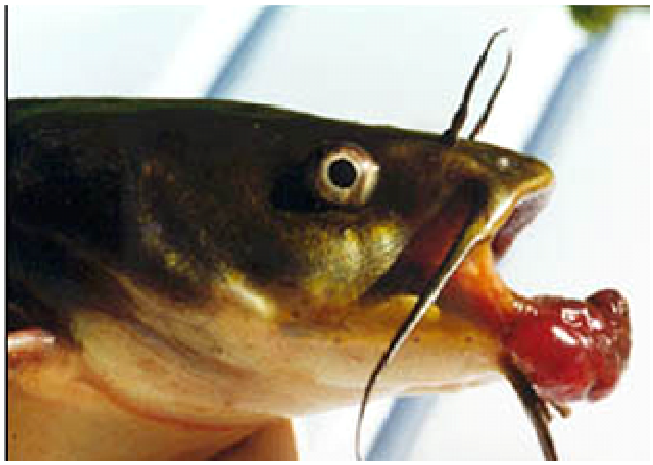


Figura 5.20 - Peixe retirado do rio Anacostia em Washington DC apresenta tumores devido ao contato com hidrocarbonetos poliaromáticos oriundos de descargas de veículos e geradores a carvão. 60% dos peixes apresentam esta alteração

Conforme comentado no item relativo a resíduos sólidos há uma enorme variedade de doenças transmitidas pelo lixo urbano mal processado. As deficiências no abastecimento de água podem causar também uma série de doenças conforme o Quadro 5.36.

Quadro 5.36– Classificação Ambiental das infecções relacionadas com a água.

CATEGORIA	INFECÇÃO
1 – Feco-orais (Transmissão hídrica ou relacionada com a higiene) • Ingestão do agente causador • Água contaminada com o parasito MELHORAR A QUALIDADE	Diarréias e disenterias: Disenteria amebiana, Cólera, Diarréia por E. coli, Giardíase, Diarréia por rotavirus, Febres entéricas: Febre tifóide, Febre paratifóide Poliomielite Hepatite A Leptospirose Ascaridíase
2 – Relacionadas com a higiene AUMENTAR A QUANTIDADE	Doenças infecciosas da pele Doenças Infecciosas dos olhos (Tracoma) Doenças transmitidas por pulgas
3 – Baseadas na água	Esquistossomose
4 - Transmissão através de inseto (vetor que procria na água)	Filariose (*Culex)* Malária (*Anopheles*) Arboviroses Febre amarela *(Aedes*) e dengue

O professor Leo Heler da UFMG em pesquisa no município de Betim – MG chegou aos seguintes resultados:

Quadro 5.37 – Medidas de Abastecimento de água e Esgotamento Sanitário como Redutoras de Doenças

DOENÇAS	% REDUÇÃO
Morbidade por diarréia	26
Ascaridíase	29
Tracoma	27
Ancilostomíase	NR
Esquistossomose	77
Mortalidade Infantil	55

Fonte: Esrey e outros por Heller, Leo (1997)

Os metais pesados e organo-tóxicos são classificados na portaria 518 do MS como substâncias químicas que representam risco à saúde. Um aspecto importante relativo à ingestão dessas substâncias é que elas têm a propriedade de se fixarem no tecido adiposo do organismo, sendo cumulativos. A ingestão em pequenas quantidades pode não apresentar danos perceptíveis por longo período, mas quando as perturbações no metabolismo começam a ser percebidas, praticamente não há medicamento disponível.

Algumas atividades industriais são potenciais geradoras de resíduos tóxicos. A literatura informa que existem possivelmente 100.000 compostos organo-tóxicos, dos quais existe metodologia de análise (cromatografia) de 30.000. Destes apenas cerca de 3.000 tem os efeitos deletérios no organismo humano conhecidos. Merecem destaque as cianotoxinas geradas pela floração de algas (cianobactérias) que são comentadas com mais detalhes a seguir.

O aumento da carga de fósforo vem levando à rápida eutrofização dos cursos d'água. O fenômeno encontra condições propícias em regimes lênticos (barragens, açudes e reservatórios de hidrelétricas) e temperaturas elevadas. No entanto já há exemplos de episódios em regimes lóticos, como o ocorrido nos rios das Velhas e São Francisco, em 2007 e 2008 que obrigou o Instituto Estadual de Florestas- IEF MG a proibir a pesca nos trechos afetados. A proliferação de cianobactérias (Figura 5.21) leva à formação de cianotoxinas (neurotoxinas e hepatotoxinas) que podem passar incólumes pelo sistema convencional de tratamento da água e são cumulativos no organismo humano. O contato direto da pele no banho com duchas naturais, na natação, no esqui aquático e em outras atividades de recreação pode resultar na irritação ou erupções da pele, inchaço dos lábios, irritação dos olhos e ouvidos, dor de garganta, inflamações nos seios da face e asma. Beber água com cianobactérias pode causar náuseas, vômitos, dores abdominais, diarréia, complicações no fígado e fraqueza muscular. (Manual da COPASA – O que você precisa saber sobre cianobactérias 2005). O potencial de impacto de maior gravidade das cianotoxinas refere-se aos tratamentos de hemodiálise. Este tipo de tratamento equivale à ingestão pelo paciente de cerca de 500 litros de água por semana, enquanto que a ingestão normal é de 14 litros. Desta maneira o limite de 1 µg/L, apesar de rigoroso, exige um processamento adicional da água dentro da clínica. Um exemplo emblemático desse risco ocorreu na Clínica de Hemodiálise de Caruaru – PE em 1996, que era abastecida com água de uma lagoa sem controle sanitário. Ocorreram 74 óbitos de pacientes até que o problema pudesse ser detectado.

Outra conseqüência da eutrofização é que a massa algal presente na água bruta em sistemas de tratamento reage com o cloro da pré-cloração e mesmo da desinfecção, gerando trihalometanos. Esta massa de matéria orgânica é designada pela OMS (Organização Mundial da Saúde) como precursora da formação destes compostos. Os vários tipos de trihalometanos são absorvidos pelo trato gastrointestinal e a exposição prolongada causa lesões hepáticas, renais e na tiróide. Experiências em laboratórios têm mostrado também a ocorrência de tumores cancerígenos. Para se controlar os trihalometanos deverão ser agregadas várias fases ao tratamento convencional para reduzir os

precursores, entre elas flotação e ozonização. Deve-se também cuidar para que o cloro da desinfecção não fique sem residual no sistema distribuidor. (Guias para La calidad del água potable – OMS 2006).

5.7.4.2. Casos confirmados notificados nos Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde (SINAN-MS) na bacia do rio Verde Grande que têm relação com a falta de saneamento

Os registros disponíveis referem-se às seguintes doenças: cólera, difteria, esquistossomose, febre tifóide, hepatite e leptospirose.

Esquistossomose (fonte SINAN-MS - 2008)

No estado da Bahia foram registrados 2.293 notificações e nenhum caso nos municípios da bacia. Há 2132 casos notificados em Minas Gerais no ano de 2008, sendo que na bacia ocorreram 44 notificações nos seguintes municípios: Mirabela 3 casos, São João da Ponte 15 casos e Varzelândia 26 casos.

Hepatite (fonte SINAN-MS - 2008)

No estado da Bahia ocorreram Bahia 949 notificações, nenhuma em municípios da bacia do Verde Grande. No Estado de Minas Gerais, em 2008, ocorreram 2485 notificações, sendo 92 na bacia, nos municípios relatados a seguir

Quadro 5.38 – Municípios no Estado de Minas Gerais com incidência de Hepatite

Municípios	Notificações
Francisco Sá	2
Guaraciama	1
Jaíba	1
Janaúba	9
Mato Verde	22
Mirabela	2
Montes Claros	48
Varzelândia	6
Verdelândia	1
Total	92

Cólera e Difteria (fonte SINAN-MS - 2008)

Não há nenhum registro selecionado destas doenças nos dois estados – Bahia e Minas Gerais.

Febre Tifóide (fonte SINAN-MS - 2008)

Não há nenhum registro selecionado no estado da Bahia. No estado de Minas Gerais há 4 registros, sendo 1 na bacia do rio Verde Grande, no município de Montes Claros.

Leptospirose (fonte SINAN-MS - 2008)

Não há nenhum registro selecionado no estado da Bahia. No estado de Minas Gerais há 59 notificações, sendo 1 na bacia, no município de Montes Claros.

5.7.4.3. Resultados do monitoramento e pesquisas sobre cianobactérias e cianotoxinas na bacia do rio Verde Grande

Em consulta feita ao Laboratório Central da COPASA, o biólogo Fernando Jardim, responsável pelas análises do monitoramento dos mananciais da empresa, informou que não há registro de contagem de cianobactérias em nível superior a 10.000 células/mL (1mm³/L de biovolume) em todos os 20 municípios operados pela COPASA na bacia do rio Verde Grande, até maio de 2009. O número de 10.000 células/mL é o limite a partir do qual a Portaria 518 recomenda providências especiais quanto à freqüência de amostragem e adequações no sistema de tratamento

Apesar de o relatório Oferta Atual de Água e Demandas para Abastecimento Humano no Estado de Minas Gerais – Grupo C informar em seu anexo II que o lançamento de esgoto sanitário e a carga difusa serem os principais fatores de pressão na bacia do rio Verde Grande, não foram notificadas florações até o momento.

A Portaria 518 de 23/6/2004 - Padrão de potabilidade de água para o consumo humano - estabelece:

Art. 18 §5º - Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml (2mm3/L de biovolume), durante o monitoramento de que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos

Art. 19 §1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve obedecer freqüência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou 1mm3/L de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.

O monitoramento das cianobactérias (análise hidrobiológica) e das cianotoxinas (análise cromatográfica) exige equipamentos de alto custo e pessoal muito especializado, o que torna este tipo de controle ainda indisponível para a maioria dos sistemas de abastecimento público. O problema não pode ser negligenciado porque já afeta muitos corpos d'água. No nordeste e no semi-árido brasileiro grande parte dos açudes está

eutrofrizada. Para citar exemplos na região sudeste há o caso dos reservatórios de Billings e Guarapiranga, que produzem 14 m³/s e são responsáveis pelo abastecimento da zona sul de São Paulo (ver figura 4.5.4). A empresa SABESP usou durante longos anos, algicidas para prevenir a floração de cianobactérias, solução esta que foi proibida pelas autoridades ambientais. A solução encontrada foi mudar o tipo de tratamento com a injeção de carvão ativado para a adsorção das cianotoxinas. No ano de 1980 por causa da presença excessiva da alga Anabaena, a COPASA desativou a ETA que usava água da lagoa da Pampulha em Belo Horizonte. A ETA tinha apenas quatro anos de funcionamento. Outro caso é a lagoa Kárstica na cidade de Confins na bacia do Rio das Velhas que apresenta episódios constantes de mortandade de peixes.

A solução para este problema em sistemas de abastecimento pode se passar basicamente em dois níveis:

1. Preventiva: Reduzir o aporte de fósforo para o reservatório. O lago de Bodensee que faz fronteira da Alemanha com a Suíça, França e Áustria, nos anos 1970 estava apresentando teores alarmantes de cianobactérias. Este lago serve de captação de água para 19 municípios. Os quatro países lindeiros ao mesmo decidiram em conjunto fazer o tratamento de todos os efluentes até o nível quaternário. O aporte de fósforo que era de 40 µg/L caiu para 10 µg/L e o lago retornou à sua condição de oligotrófico. Trabalho semelhante está sendo feito na lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro. O biólogo Mário Moscatelli do movimento SOS Mata Atlântica, afirma que “esse sistema lagunar ainda é uma grande latrina. Cianobactérias, gigogas e tudo o mais vem a reboque da falta de saneamento. E não adianta o Estado fazer o dever de casa e o município não fazer política de habitação na região, onde favelas se proliferam” (Jornal O Globo 31/05/2009). A professora Sandra Azevedo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ afirma que ”A expectativa é que o ecossistema melhora em cerca de uma década se houver um processo de retirada total dos efluentes, melhoria da circulação e remoção do lodo” (Jornal O Globo 31/05/2009.

2. Corretiva: Utilizar processos avançados de tratamento da água captada – Devem ser utilizadas tecnologias de flotação, ozonização, carvão ativado (granular ou em pó) e eventualmente osmose reversa. É de se ressaltar que o uso de carvão ativado aumenta significativamente a quantidade de resíduos da ETA.

A solução 1 é a mais eficaz e mais adequada ambientalmente, porém é a que demanda mais investimentos e é de resultados mais lentos. Em sistemas de menor porte a solução pode ser a substituição do manancial, solução esta extremamente onerosa e praticamente impossível para pequenos municípios, especialmente em uma bacia com escassez de recursos hídricos.

Quanto aos reservatórios existentes na bacia, a CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais opera uma usina hidrelétrica – Barragem Mosquito (situada nos municípios de Porteirinha e Serranópolis de Minas. O

monitoramento de qualidade da água não é uma necessidade em sua operação nem tem sido exigida pelos órgãos ambientais licenciadores. A CODEVASF opera os seguintes reservatórios: Açude Ribeirão dos Porcos (Montes Claros), Estreito (Espinosa), Monte Azul (Monte Azul), Bico de Pedra (Janaúba e Nova Porteirinha), mas também não faz o monitoramento dos mesmos. A COPASA opera o reservatório de Juramento e realiza um rigoroso controle de qualidade cujos resultados já foram comentados neste relatório.

O assunto cianobactérias e cianotoxinas, não obstante sua gravidade só recentemente passou a merecer a atenção das autoridades sanitárias e ambientais. O agravo com óbitos de 74 pacientes na clínica de hemodiálise de Caruaru em 1996 foi um marco divisório para as atenções sobre este tema. O Ministério da Saúde somente incorporou as exigências sobre seu controle a partir do ano de 2000 na portaria de potabilidade da água 1469 (atual 518/2004).



Figura 5.21 - Represas Billings, Taquacetuba e Guarapiranga em São Paulo – Floração de Cianobactérias, Captação flutuante para reduzir a captação de algas na água a ser tratada.

5.7.4.4. Gestão da saúde pública, qualidade de vida e expectativa de vida

No ano de 2006 o *British Journal of Medicine*, uma das mais conceituadas publicações mundiais na área, completou 150 anos e fez uma pesquisa junto a seus assinantes sobre qual foi a ação de maior impacto positivo na melhoria da saúde da humanidade naquele período de sua história. Cerca de 1.140 profissionais da medicina de vários países elegeram em primeiro lugar o

avanço na qualidade e na cobertura dos serviços de saneamento. Na avaliação desses profissionais, mesmo os considerados grandes avanços da medicina como vacinas, anestesia e antibióticos tiveram pontuação inferior.

No Brasil, é reconhecido que cada real investido nos serviços de saneamento resulta na economia de quatro reais no custeio dos serviços de assistência à saúde. Não obstante este fato, o quadro de gravidade de filas em hospitais e unidades de saúde faz com que as autoridades sanitárias priorizem a medicina assistencial, gerando um círculo vicioso. A população por sua vez não dá a devida importância à necessidade de um serviço público de abastecimento de qualidade e menos ainda às questões ambientais envolvendo os resíduos.

Tanto a gestão de recursos hídricos proposto pela lei das águas, como a gestão do Sistema Único de Saúde - SUS são modelos em construção que valorizam a descentralização e garantem a autonomia aos conselhos locais. Constituem exemplos de exercício pleno da democracia, nos quais o debate das idéias e das diferentes visões conduz ao aprimoramento do modelo, e se cria a tão falada “vontade política” dos governantes, propiciando os desejados avanços

Todos os municípios da bacia do rio Verde Grande informam que não cumprem integralmente a Portaria 518 do Ministério da Saúde. Tal fato deve ser verificado pelas autoridades sanitárias quanto aos riscos envolvidos devido à ausência quase total de tratamento dos esgotos na bacia. A falta de controle sobre a água distribuída e de adequados sistemas de esgotamento sanitário e de lixo urbano, são fatores que causam a perenização das causas das doenças gastrointestinais.

Os levantamentos feitos pelo IBGE sobre expectativa de vida ao nascer mostraram uma média para o país, no ano de 2000, de 71,9 anos. Para os estados da Bahia e Minas Gerais os resultados são apresentados no Quadro 5.39 e Quadro 5.40.

Quadro 5.39 - Esperança de vida ao nascer.

Estado	Esperança em anos			
	1991	2000	2005	2010
Bahia	59,94	64,53	71,44	72,82
Minas Gerais	68,97	72,73	74,10	75,37

Fonte: IBGE (2000) Anexo

Quadro 5.40 - Evolução dos indicadores de esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde Grande.

Rio Verde Grande Estado	Esperança de vida ao nascer		Mortalidade Infantil até o primeiro ano de vida	
	1991	2000	1991	2000
Bahia	61,49	66,39	62,70	38,27

Minas Gerais	62,54	66,58	47,99	40,89
Totais Verde Grande	**62,02**	**66,49**	**55,09**	**39,58**

Na bacia do rio Verde Grande a esperança de vida ao nascer nos dois estados evoluiu significativamente no período de 1991 a 2000, mas ainda é bastante inferior à media do Brasil, tornando premente a adoção das medidas citadas anteriormente.

O Quadro 5.41 a seguir apresenta a expectativa de vida ao nascer e a mortalidade infantil na bacia do rio Verde Grande, no ano de 2000, sendo os dados municipais de 1991 e 2000 apresentados no Anexo.

Quadro 5.41 - Esperança de vida ao nascer e mortalidade infantil na bacia do rio Verde Grande – Ano de 2000

Estado	Esperança de Vida ao nascer em anos			Mortalidade Infantil até o primeiro ano de vida		
	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
	Município		Município	Município		Município
Bahia	59,76	66,39	68,53	31,19	38,27	62,56
	Malhada		Jacaraci	Mortugaba		Malhada
Minas Gerais	59,52	66,58	72,54	21,49	40,89	70,53
	Gameleiras		Bocaiúva	Bocaiúva		Gameleiras

Fonte: IBGE (2000) Anexo

Os municípios de Malhada BA com 6.860 habitantes urbanos e Gameleiras MG com 1283 são os que apresentam os piores indicadores do conjunto de municípios da bacia.

Ao longo do período analisado, o País experimentou ganhos significativos sobre a mortalidade, e assim continuará transpondo barreiras para assegurar aumentos na esperança de vida ao nascer e reduções na mortalidade de crianças. Por considerável período de tempo, os indicadores sócio-demográficos do Brasil ainda refletirão desigualdades regionais e sociais, o que não constitui um justo cenário para as gerações futuras. Neste caso, o mínimo estabelecido como meta continuará retratando um país extremamente desigual, no tocante aos riscos de morte nos primeiros anos da vida. Apenas para citar duas situações específicas, atenções especiais deveriam estar voltadas para as regiões mais carentes em termos de infra-estrutura sanitária; e para aquelas onde sequer existe posto de saúde com possibilidade de internação para o atendimento à população (IBGE, 2000).

As mortalidades no primeiro ano de vida e a dos menores de cinco anos de idade continuarão em suas trajetórias de declínio, atingindo níveis abaixo de 10% dos nascidos vivos, no Sudeste, Sul e Centro-Oeste brasileiros, e patamares superiores a este no Norte e Nordeste. Para o total do País, a taxa de mortalidade infantil, bem como a probabilidade de um recém-nascido falecer, antes de completar o quinto ano de vida, alcançarão, em 2030, 11,53 e

15,98% respectivamente, cifras que garantem ao menos se considerada a média nacional, o cumprimento do quarto objetivo do milênio, que diz respeito à redução da mortalidade na infância. Mas, se houver garantias de melhorias no acesso da população aos serviços de saúde, de cobertura plena dos programas de imunização, do aumento do número de atendimentos pré-natais, bem como do acompanhamento clínico do recém-nascido, de continuidade do incentivo ao aleitamento materno, de elevação da escolaridade da população, e de investimentos maciços na infra-estrutura de saneamento básico, certamente a mortalidade infantil diminuirá com maior velocidade (IBGE, 2000)

6. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

6. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

6.1. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

6.1.1. Aspectos Quantitativos

6.1.1.1. Águas Superficiais

A quantificação da disponibilidade hídrica ao longo da bacia do Verde Grande foi feita tanto para a vazão média de longa duração (Q_{mld}), que representa a disponibilidade hídrica potencial das águas superficiais, como para a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) e para as vazões mínimas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}), que representam a disponibilidade natural dos recursos hídricos de superfície. Estas vazões foram calculadas a partir de séries de dados diários, tendo estas sido escolhidas para o estudo em virtude destes três índices serem utilizados nos critérios para a concessão de outorga de captação de águas superficiais pelos órgãos gestores de recursos hídricos presentes na bacia. Enquanto o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM-MG) considera a vazão máxima outorgável igual a 30% da $Q_{7,10}$, a Secretaria de Recursos Hídricos da Bahia (SRH-BA) permite a concessão de outorgas até um limite correspondente a 80% da Q_{90} e a Agência Nacional de Águas (ANA) permite a concessão de outorgas até um limite corresponde a 95% da Q_{95}.

A estimativa da vazão média de longa duração e das vazões mínimas foi feita com o software Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH), disponível em www.ufv.br/dea/gprh, e desenvolvido com base na chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Desenvolvimento de Aplicativos – SNIRH pela Universidade Federal de Viçosa – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - UFV/GPRH (instituição coordenadora) juntamente com a Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Espírito Santo, Escola de Engenharia de São Carlos e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, e sob a supervisão da ANA.

Para a estimativa das vazões ao longo da hidrografia foi realizado o estudo de regionalização de vazões, sendo que, para fins de discretização do estudo, a análise foi feita para cada uma das oito unidades caracterizadas na Figura 6.1 e no Quadro 6.1.



Figura 6.1 – Unidades de análise consideradas no estudo.

Quadro 6.1 – Caracterização das unidades de análise utilizadas no estudo

Unidades de análise	Área de drenagem (km^2)
Alto Verde Grande (AVG)	3.101
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	7.101 (10.203)*
Alto Gorutuba (AG)	2.136
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	7.719 (9.855)*
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	3.157 (23.215)*
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904
Baixo Verde Pequeno (BVP)	3.365 (6.269)*
Baixo Verde Grande (BVG)	1.937 (31.421)*

( ) * Áreas de drenagem acumuladas.

Tendo em vista a pequena quantidade de informações fluviométricas disponíveis na bacia do Verde Grande, na verdade apenas duas estações com séries de vazões expressivas (Boca da Caatinga e Colônia do Jaíba), houve a necessidade de buscar agregar as informações correspondentes a bacias hidrográficas situadas nas proximidades da bacia do Verde Grande e que pudessem apresentar uma proximidade de comportamento hidrológico em relação àquele evidenciado na bacia. Foram consideradas na análise as estações apresentadas no Quadro 6.2 e representadas na Figura a seguir, envolvendo estações localizadas nas bacias do próprio Verde Grande, Verde, Paramirim, Pacuí, Jequitaí e Carinhanha.

Quadro 6.2 –Estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km^2)	Bacia	Curso d' água
42100000	Claro dos Poções	-17,0889	-44,2428	543	Jequitaí	Rio Jequitaí/ São Lamberto
42187000	Ponte dos Ciganos	-16,4669	-44,3789	1324	Pacuí	Rio Pacuí
44670000	Colonia do Jaiba	-15,3411	-43,6753	12401	Verde Grande	Rio Verde Grande
44950000	Boca da Caatinga	-14,7847	-43,5394	30474	Verde Grande	Rio Verde Grande
45131000	São Gonçalo	-14,3136	-44,4603	6186	Carinhanha	Rio Carinhanha
45170001	Fazenda Porto Alegre	-14,2661	-44,5225	5800	Carinhanha	Rio Itaguari
45210000	Lagoa das Pedras	-14,2806	-44,4094	12408	Carinhanha	Rio Carinhanha
45220000	Capitanea	-14,4231	-44,4836	2196	Carinhanha	Rio Coxa

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km^2)	Bacia	Curso d' água
45260000	Juvenilia (Pcd)	-14,2628	-44,1608	15832	Carinhanha	Rio Carinhanha
46295000	Ponte BR-242	-12,2453	-42,7639	11952	Paramirim	Rio Paramirim
47249000	Rio Verde II	-10,9864	-42,3442	7470	Verde	Rio Verde

No Quadro 6.3 é apresentado o diagrama de barras correspondente às estações fluviométricas usadas no estudo e para o período-base considerado neste estudo (1979 a 2002).

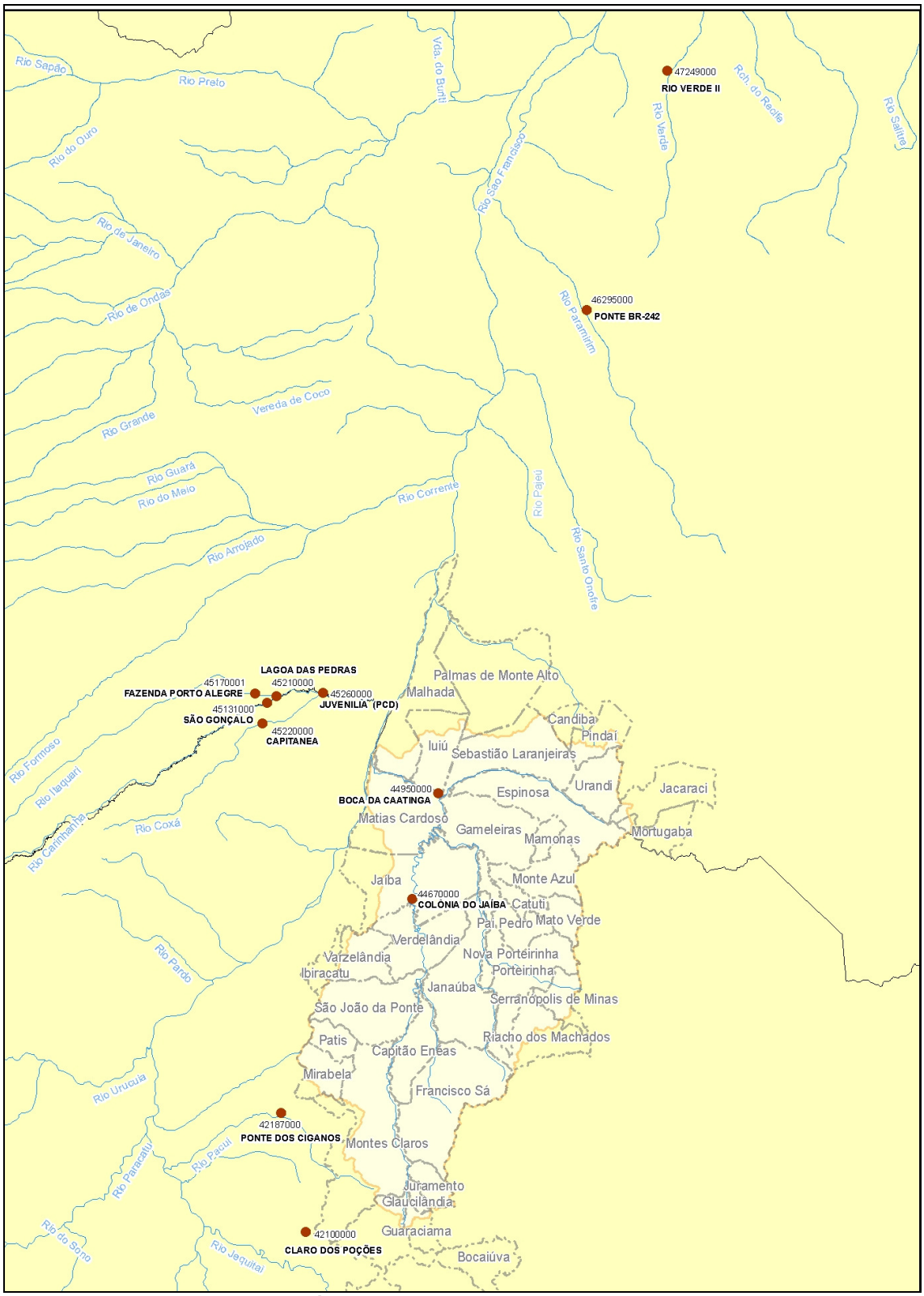


Figura 6.2 – Estações fluviométricas consideradas no estudo.

Quadro 6.3 – Diagrama de barras das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Estação	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
42100000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
42187000	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
44670000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93	100	100	100	100	100	100	98	100	97	100	100	100	100
44950000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92	92	100	54	63	60	47	0
45131000	100	100	94	100	93	86	82	87	100	98	85	94	100	100	100	100	100	89	92	100	100	100	100	0
45170001	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
45210000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	78	100	41	100	100	100	59	100	100	100	100	100	100	90	100
45220000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
45260000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
46295000	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	29	33	36	28	36
47249000		100	100	100	100	100	100	100	90	100	91	100	100	88	71	100	89	99	100	100	100	100	100	0

Legenda

- Série completa
- Série com 95 a 99% dos dados
- Série com 90 a 94% dos dados
- Série com 80 a 89% dos dados
- Série com menos de 80% dos dados

No Quadro 6.4 e na Figura que se segue são apresentadas as estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Quadro 6.4 – Estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Código	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1443000	Boca da Caatinga	-14,790	-43,550	425
1443002	Carinhanha	-14,300	-43,770	440
1443026	Palmas de Monte Alto	-14,260	-43,170	569
1444000	São Gonçalo	-14,310	-44,460	475
1444001	Capitânea (Várzea da Larga)	-14,420	-44,480	523
1444004	Juvenília	-14,260	-44,160	440
1444005	Lagoa das Pedras	-14,280	-44,410	450
1444017	Fazenda Porto Alegre	-14,270	-44,520	500
1543002	Colônia do Jaiba	-15,340	-43,680	450
1543013	Janaúba	-15,780	-43,280	498
1544012	São Francisco	-15,950	-44,870	448
1544017	Pedras de Maria da Cruz	-15,600	-44,400	-
1544019	São João da Ponte	-15,930	-44,000	-
1642014	Grão Mogol	-16,590	-42,920	-
1642026	Ponte Vacaria	-16,190	-42,590	-
1643020	Capitão Enéas	-16,320	-43,720	-
1644028	São João da Vereda	-16,700	-44,120	-
1742008	Carbonita	-17,530	-43,010	552
1743002	Vila Terra Branca - Jusante	-17,310	-43,210	630

Portanto, foram analisados os dados consistidos de 19 estações pluviométricas e 11 estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA), tendo sido estes dados adquiridos em 7 de abril de 2009.

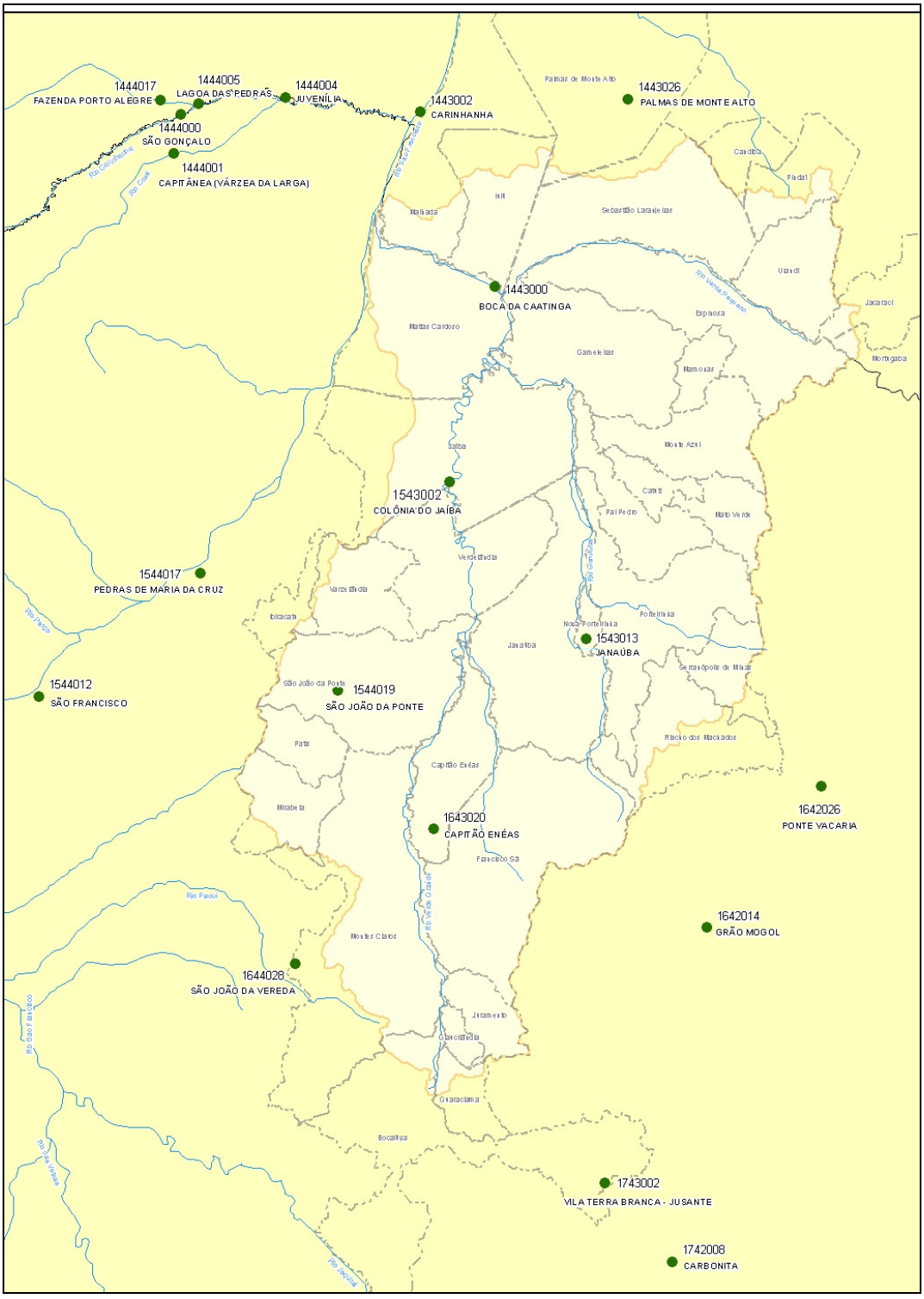


Figura 6.3 – Estações pluviométricas consideradas no estudo.

O mapa com a variação da precipitação média anual para a bacia do Verde Grande já foi apresentado no item 4.3 relativo à caracterização climática.

Visando identificar discrepâncias entre os dados de vazão e identificar possíveis inconsistências do comportamento físico das vazões obtidas pelos modelos de regionalização aplicados utilizou-se o coeficiente de escoamento para a análise das vazões médias de longa duração e a vazão específica para a análise das vazões mínimas.

O coeficiente de escoamento superficial caracteriza a relação entre o volume que escoa na seção de deságüe considerada e o volume total precipitado na área de drenagem, sendo este obtido pela equação

$$CE = \frac{V_{T(escoado)}}{V_{T(precipitado)}} \qquad (1)$$

em que

CE = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

$V_{T(escoado)}$ = volume médio anual que escoa na seção de deságüe, m^3; e

$V_{T(precipitado)}$ = volume médio anual que precipita na área de drenagem, m^3.

O volume que escoa na seção de deságüe foi calculado pelo produto da vazão média de longa duração, em $m^3 s^{-1}$, pelo número de segundos existentes no ano.

No Quadro a seguir se apresenta as precipitações médias anuais, as vazões médias de longa duração (Q_{mld}), as vazões mínimas ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}) e os coeficientes de escoamento superficial correspondentes a cada uma das estações fluviométricas estudadas.

Quadro 6.5 – Precipitações médias anuais, vazões médias de longa duração, vazões mínimas, vazões específicas correspondentes e coeficientes de escoamento superficial para cada uma das estações fluviométricas estudadas.

Código	Prec	Q_{mld}	q_{mld}	CE	$Q_{7,10}$	$q_{7,10}$	Q_{95}	q_{95}	Q_{90}	q_{90}
	mm	$m^3 s^{-1}$	$L s^{-1} km^{-2}$		$m^3 s^{-1}$	$L s^{-1}_2 km^-$	$m^3 s^{-1}$	$L s^{-1}_2 km^-$	$m^3 s^{-1}$	$L s^{-1} km^{-2}$
42100000	1029,4	3,8	7,1	0,216	0,140	0,258	0,265	0,487	0,312	0,574
42187000	1031,2	6,5	4,9	0,150	1,060	0,801	1,408	1,063	1,682	1,271
44670000	953,1	18,4	1,5	0,049	0,000	0,000	0,191	0,015	0,485	0,039
44950000	869,2	35,8	1,2	0,043	0,000	0,000	0,161	0,005	0,812	0,027
45131000	1055,0	70,8	11,4	0,342	37,610	6,080	40,170	6,494	42,832	6,924
45170001	1015,1	64,1	11,0	0,343	41,760	7,200	44,614	7,692	47,009	8,105
45210000	1033,8	138,5	11,2	0,340	82,540	6,652	87,837	7,079	93,525	7,537
45220000	979,8	12,8	5,8	0,188	5,540	2,523	5,982	2,724	6,991	3,184
45260000	1019,2	148,8	9,4	0,291	85,140	5,378	92,014	5,812	97,796	6,177
46295000	733,1	7,2	0,602	0,026	0,000	0,000	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001
47249000	678	1,9	0,257	0,012	0,001	0,0001	0,013	0,002	0,066	0,009

Para fins de identificar, estatisticamente, possíveis discrepâncias no conjunto de dados de entrada da regionalização de vazões foi utilizada a técnica do Box Plot, conforme proposto por Oliveira (2008)[75], entretanto embora a grande amplitude de variação dos coeficientes de escoamento superficial, que variaram de 0,012 a 0,343, e das vazões específicas mínimas, que variaram de zero a 7,20 L s^{-1} km^{-2} para a $q_{7,10}$, de $1x10^{-4}$ a 7,69 L s^{-1} km^{-2} para a q_{95}, e de $1x10^{-4}$ a 8,11 L s^{-1} km^{-2} para a q_{90}, não se evidenciou nenhuma estação que constituísse "Outlier", motivo pelo qual não se procedeu, pela análise do Box Plot, a exclusão de nenhuma das estações fluviométricas analisadas.

No estudo de regionalização de vazões as variáveis independentes utilizadas foram a área de drenagem (A), a vazão equivalente ao volume precipitado (P_{eq}) e a vazão equivalente ao volume precipitado considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 700 mm (P_{eq700}) e 750 mm (P_{eq750}).

Utilizou-se, ao invés da área de drenagem e da precipitação, uma única variável, representada pela equação

[75] OLIVEIRA, F.A. Procedimentos para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de caso da bacia do rio Grande. 2008. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

$$P_{eq} = \frac{P\ A}{k} \qquad (2)$$

em que

P_{eq} = vazão equivalente ao volume precipitado, $m^3\ s^{-1}$;

q

P = precipitação média anual na área de drenagem considerada, mm;

A = área de drenagem, km^2; e

k = fator de conversão, o qual é igual a 31.536.

O uso de uma única variável, além de permitir uma representação bidimensional da relação entre as variáveis dependentes e independentes, também possibilitou o ganho de um grau de liberdade na análise estatística.

Assim como para a precipitação, para a consideração da precipitação menos a inércia hídrica de 700 mm, também se utilizou uma única variável, representada pela equação

$$P_{eq700} = \frac{(P-700)\ A}{k} \qquad (3)$$

em que P_{eq700} é igual à vazão equivalente ao volume precipitado considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 700 mm, $m^3\ s^{-1}$.

O mesmo procedimento também foi realizado para a consideração da precipitação menos a inércia hídrica de 750 mm.

No desenvolvimento do estudo de regionalização de vazões foi utilizada a metodologia normalmente denominada como método tradicional, e que envolve a definição prévia das regiões hidrologicamente homogêneas e, em um segundo momento, na obtenção das equações que permitem associar a vazão com variáveis topológicas e climáticas.

Para a aplicação do método tradicional utilizou-se o software Sistema Computacional para a Regionalização de Vazões (SisCoRV), também desenvolvido sob a coordenação da UFV/GPRH com base na chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal – Desenvolvimento de Aplicativos – SNIRH e contando com a participação

das demais instituições envolvidas no desenvolvimento do SisCAH, e com a supervisão da ANA.

A análise de regressão investiga como as variações em uma ou mais variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. A função matemática que relaciona as variáveis é da forma:

$$Q = F (A, L, Dd, D, Pm) \quad (4)$$

Os modelos de regressão aplicados ao conjunto de dados utilizados foram:

Modelo Linear

$$Qm = \beta o + \beta_1.A + \beta_2.L + \beta_3 .Dd + \beta_4.d + \beta_5.Pm \quad (5)$$

Modelo Potencial

$$Qm = \beta o\ A^{\beta 1}\ L^{\beta 2}\ Dd^{\beta 3}\ d^{\beta 4}\ Pm^{\beta 5} \quad (6)$$

Modelo Exponencial

$$Qm = e^{(\beta o + \beta 1.A + \beta 2.L + \beta 3.Dd + \beta 4.d + \beta 5.Pm)} \quad (7)$$

Modelo Logarítmico

$$Qm = \beta_o + \beta_1.lnA + \beta_2.lnL + \beta_3.lnDd + \beta_4.lnd + \beta_5.lnPm \quad (8)$$

Uma vez obtidas as equações de regionalização, utilizando as variáveis topológicas e climáticas consideradas no estudo, foi procedida a seleção das equações que conduziram a condições mais representativas das vazões na bacia. Para tal analisou-se o erro relativo, o coeficiente de determinação e os indicadores do comportamento físico das vazões.

Com os resultados das vazões estimadas (Q_{mld}, $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) pelos diferentes modelos de regionalização para as estações fluviométricas e os valores das vazões

estimadas com base nos dados observados para as mesmas seções foi avaliada a precisão das vazões estimadas pela análise do erro relativo percentual. O erro relativo entre o valor observado e o estimado foi calculado pela equação

$$ER = \left(\frac{(Q_{obs} - Q_{reg})}{Q_{obs}} \right) 100 \qquad (9)$$

em que

ER = erro relativo, %;

Q_{obs} = vazão estimada com base nos dados observados na estação fluviométrica, $m^3 s^{-1}$; e

Q_{reg} = vazão estimada pelo modelo de regionalização, $m^3 s^{-1}$.

No estudo de regionalização de vazões evidenciou-se que a consideração das estações localizadas na bacia do Carinhanha implicou em uma grande distorção nas equações de regionalização, promovendo uma nítida tendência de subestimativa das vazões na bacia do Carinhanha e uma tendência de superestimativa das vazões nas demais bacias, inclusive a do Verde Grande, para a qual os coeficientes de escoamento superficial foram cerca de oito vezes inferiores aos evidenciados na bacia do Carinhanha.

A consideração das estações localizadas no Jequitaí e no Pacuí também implicou em tendência, conforme evidenciado por Rodriguez (2008)[76], de superestimativa dos coeficientes de escoamento para pequenas áreas de drenagem, motivo pelo qual a análise da Q_{mld} foi feita considerando as duas estações do Verde Grande (44670000 e 44950000) e as estações do Verde (47249000) e Paramirim (46295000).

A exclusão da estação Rio Verde II (47249000) do estudo de regionalização das vazões mínimas promoveu a melhoria dos resultados obtidos, motivo pelo qual, juntamente com o fato de tornar-se possível a utilização da P_{eq750}, variável que se caracterizou como altamente explicativa do comportamento das vazões mínimas e que foi igual a zero na área de drenagem correspondente à estação 47249000, se optou

[76] RODRIGUEZ, R. del G. Proposta conceitual para a regionalização de vazões, 2008. 254p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

pela sua exclusão, mesmo que isto tenha acarretado a redução de um grau de liberdade associado ao resíduo.

Na seqüência são apresentados os resultados obtidos pelo estudo de regionalização para as quatro variáveis dependentes analisadas (Q_{mld}, $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) e para cada uma das variáveis independentes consideradas (A, P_{eq}, P_{eq700} e P_{eq750}).

Tendo em vista o fato de que um estudo de regionalização não é de caráter definitivo, e para que as informações advindas deste estudo possam vir a ser utilizados, com o cuidado necessário, em estudos de regionalização para a projeção da disponibilidade hídrica na bacia do Verde Grande se apresenta os resultados obtidos a partir das diversas análises realizadas. Ressalta-se que, conforme os fundamentos da Estatística, a equação de regionalização obtida deve ser empregada na faixa de variação compreendida entre os limites da variável independente considerada. Para a utilização fora destes limites se recomenda a consideração da metodologia proposta por Rodriguez (2008).

A. Regionalização da Qmld

Função da área

Na Figura a seguir estão representadas as vazões médias de longa duração estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 10 a 12 expressam a relação entre a Q_{mld} e a área de drenagem.

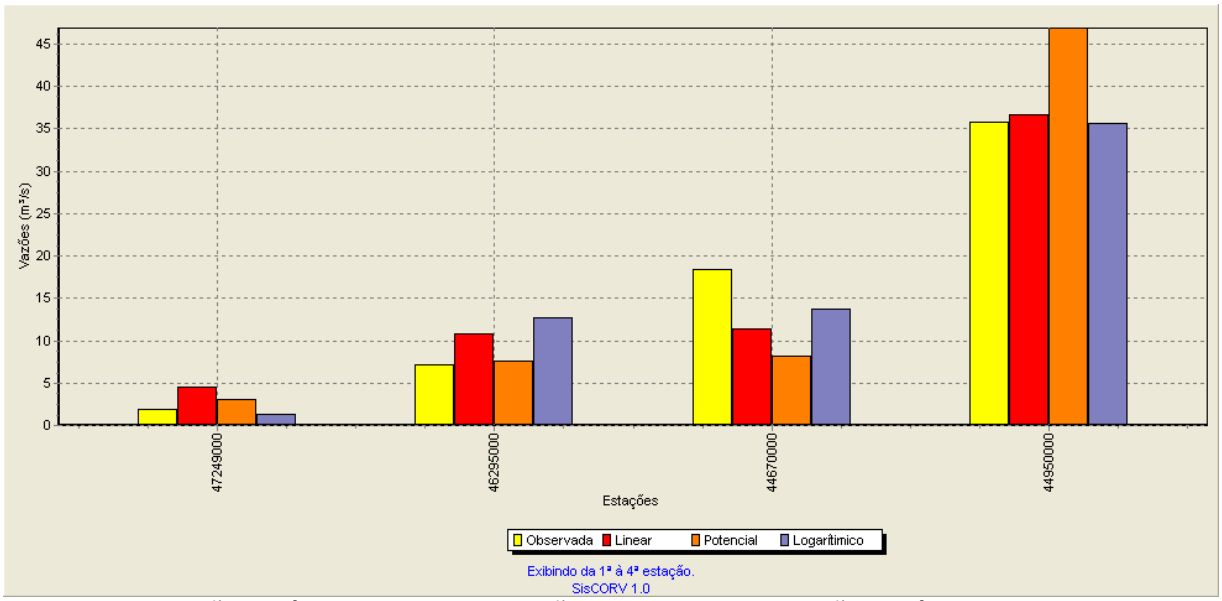


Figura 6.4 – Vazões médias de longa duração estimadas em função da área para cada uma das quatro estações fluviométricas consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{mld} = -5{,}87407 + 0{,}001394\ A \qquad r^2 = 0{,}897 \qquad (10)$$

Modelo Potencial

$$Q_{mld} = 9{,}82x10^{-8}\ A^{1{,}935548} \qquad r^2 = 0{,}803 \qquad (11)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{mld} = -216{,}970 + 24{,}469\ \ln(A) \qquad r^2 = 0{,}919 \qquad (12)$$

Função da precipitação equivalente

Na Figura a seguir estão representadas as vazões médias de longa duração estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 13 a 15 expressam a relação entre a Q_{mld} e a precipitação equivalente.

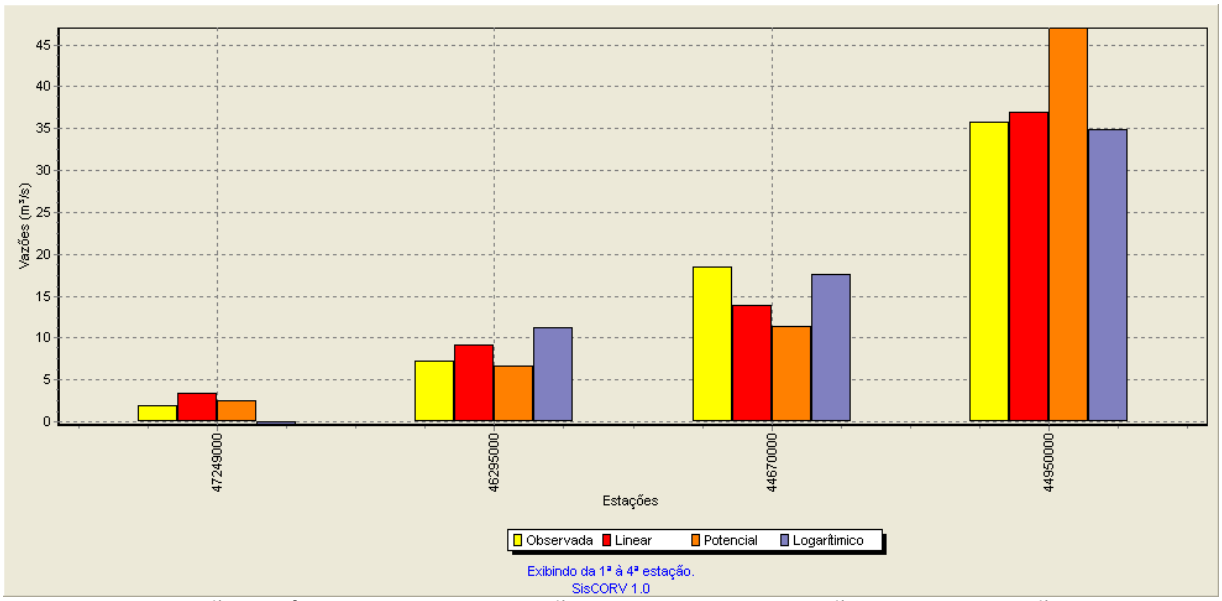


Figura 6.5 – Vazões médias de longa duração estimadas em função da precipitação equivalente para cada uma das quatro estações consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{mld} = -4{,}54911 + 0{,}049329\ P_{eq} \qquad r^2 = 0{,}959 \qquad (13)$$

Modelo Potencial

$$Q_{mld} = 3{,}33x10^{-4} \; P_{eq}^{1{,}760875} \qquad r^2 = 0{,}918 \qquad (14)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{mld} = -108{,}726 + 21{,}3244 \; \ln(P_{eq}) \qquad r^2 = 0{,}965 \qquad (15)$$

Função da P_{eq700}

Na Figura a seguir estão representadas as vazões médias de longa duração estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 16 a 18 expressam a relação entre a Q_{mld} e a P_{eq700}.

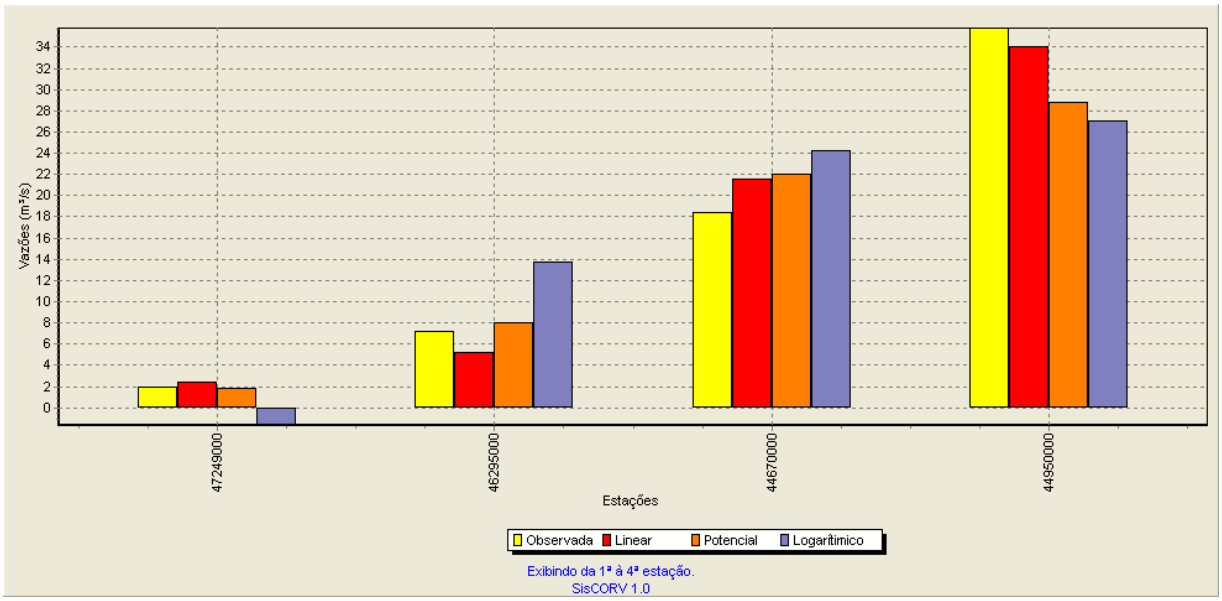


Figura 6.6 – Vazões médias de longa duração estimadas em função da Peq700 para cada uma das quatro estações consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{mld} = 2{,}250307 + 0{,}194480 \; P_{eq700} \qquad r^2 = 0{,}974 \qquad (16)$$

Modelo Potencial

$$Q_{mld} = 1{,}804001\ (P_{eq700})^{0{,}543806} \qquad r^2 = 0{,}981 \qquad (17)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{mld} = -1{,}64932 + 5{,}628787 \ln (P_{eq700}) \qquad r^2 = 0{,}753 \qquad (18)$$

Função da P_{eq750}

Neste caso não foi possível a regionalização, pois P_{eq750} = 0 na estação 47249000, situada na bacia do rio Verde.

Pela análise do desempenho do modelo quando da sua avaliação comparativa, em termos de erros relativos, com o valor das Q_{mld} estimadas nas estações fluviométricas evidencia-se que o melhor resultado considerando a área de drenagem como variável independente foi obtido com o modelo logarítmico, com o qual se conseguiu uma boa estimativa da Q_{mld} para a estação com a maior área de drenagem (desvio de 0,40%) e razoáveis estimativas para as estações Colônia do Jaíba - 44670000 (com a segunda maior área de drenagem) e Rio Verde II - 47249000 (com a menor área de drenagem), com erros relativos de 25,9 e 34,3%, respectivamente. A estação Ponte BR-242 (46295000), situada no rio Paramirim, apresentou um erro relativo considerável (-77,4%), fato que decorre desta estação possuir área de drenagem (11.952 km^2) muito próxima à da estação Colônia do Jaíba – 4467000 (12.401 km^2), enquanto as suas Q_{mld} apresentaram uma grande discrepância (mais que o dobro), de 7,2 e 18,4 $m^3\ s^{-1}$, respectivamente.

A consideração de uma variável climática (P_{eq}), embora torne a aplicação da equação um pouco mais complexa, produz a melhora da estimativa da Q_{mld}, caracterizando que o uso apenas da área de drenagem é insuficiente para justificar o comportamento da vazão. Esta melhora é ainda mais acentuada quando da consideração da P_{eq700}, caracterizando que apenas uma pequena parte da precipitação é efetivamente convertida em escoamento na hidrografia, fato comprovado pelos baixos valores do coeficiente de escoamento evidenciados nas quatro estações analisadas, todos inferiores a 6%. Cabe ressaltar que para esta variável independente o modelo logaritmo produziu a estimativa de uma vazão negativa para a estação Rio Verde II (47249000), comportamento físico inaceitável e que torna desaconselhável a sua utilização.

Análise da aplicação dos modelos de regionalização da Q_{mld} nas unidades de análise

Tendo em vista as dificuldades encontradas no estudo de regionalização das vazões, no Quadro 6.6 são apresentados os valores de Q_{mld} estimados pelos diferentes modelos de regionalização aplicados e considerando as três variáveis independentes consideradas na análise. Observam-se valores negativos de vazões quando aplicados os modelos linear e logaritmo em função da área de drenagem e da P_{eq} e destacados no Quadro 6.6 em vermelho.

Em virtude do melhor ajuste ter sido com o modelo potencial em função da P_{eq700} (equação 17), no Quadro 6.7 estão apresentadas as Q_{mld} regionalizadas por este modelo e as ajustadas com base na imposição de restrição do coeficiente de escoamento superficial proposta por Rodriguez (2008) (valores azuis), bem como as regionalizadas em função das vazões específicas estimadas para as estações Boca da Caatinga e Colônia do Jaíba (

Quadro 6.5).

Verifica-se que não ocorreram grandes discrepâncias entre os valores da Q_{mld} ajustados e os obtidos em função das vazões específicas das estações fluviométricas, o que indica a boa representatividade dos valores obtidos a partir deste procedimento de regionalização de vazões, motivo pelo qual estes valores foram os utilizados nas análises subseqüentes para a quantificação da disponibilidade hídrica potencial, representada pela vazão média de longa duração, nas oito unidades de análise consideradas na bacia do rio Verde Grande.

Quadro 6.6 – Qmld estimadas pelos modelos linear, potencial e logaritmo em função da área, da Peq e da Peq700 nas oito unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande.

Unidades de Análise	Área (km^2)	Área			Peq (m3/s)			Peq700 (m3/s)		
		Linear	Potencial	Logarítmico	Linear	Potencial	Logarítmico	Linear	Potencial	Logarítmico
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	**-1,55**	0,56	**-20,25**	0,34	1,09	**-10,71**	8,14	11,52	17,55
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	8,35	5,64	8,89	11,00	8,36	13,95	19,49	20,67	23,59
Alto Gorutuba (AG)	2.136	**-2,90**	0,27	**-29,38**	**-1,54**	0,46	**-21,06**	4,89	7,46	13,04
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	7,86	5,27	8,04	8,17	5,87	9,67	9,84	13,23	18,98
Médio Verde Grande – Tr. Baixo (MVG-TB)	23.215	26,49	27,69	29,01	27,78	30,37	29,57	29,49	26,51	26,17
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	**-1,83**	0,50	**-21,85**	**-1,03**	0,61	**-17,70**	3,60	5,18	9,27
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	2,87	2,20	**-3,03**	3,18	2,44	**-0,96**	5,64	8,54	14,44
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	37,93	49,76	**36,41**	38,00	49,24	35,42	34,32	28,97	27,09

Quadro 6.7 – Qmld estimadas pelas equações de regionalização selecionada e ajustada, bem como as obtidas em função da vazão específica de Boca da Caatinga (BC) e Colônia do Jaíba (CJ) nas unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande

Unidades de Análise	Área (km^2)	Q_{mld} regionalizada (m^3/s)	Q_{mld} ajustada ($^{m3}/s$)	Qmld - BC Reg	Qmld - CJ Reg
				1,2 L/s/km^2	1,5 L/s/km^2
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	11,52	**4,87**	3,64	4,61
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	20,67	**15,50**	11,99	15,17
Alto Gorutuba (AG)	2.136	7,46	**3,00**	2,51	3,17
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	13,23	**12,68**	11,58	14,65
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	23.215	26,51	**26,51**	27,28	34,51
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	5,18	**3,51**	3,41	4,32
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	8,54	**7,70**	7,37	9,32
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	28,97	**28,97**	36,92	46,70

B. Regionalização da $Q_{7,10}$

Em virtude das $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas Colônia do Jaíba (44670000), Boca da Caatinga (44950000) e Ponte BR-242 (46295000) terem sido iguais a zero, não foi possível a regionalização desta variável hidrológica.

C. Regionalização da Q_{95}

Função da área

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{95} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 31 a 33 expressam o comportamento da Q_{95} em função da área de drenagem.

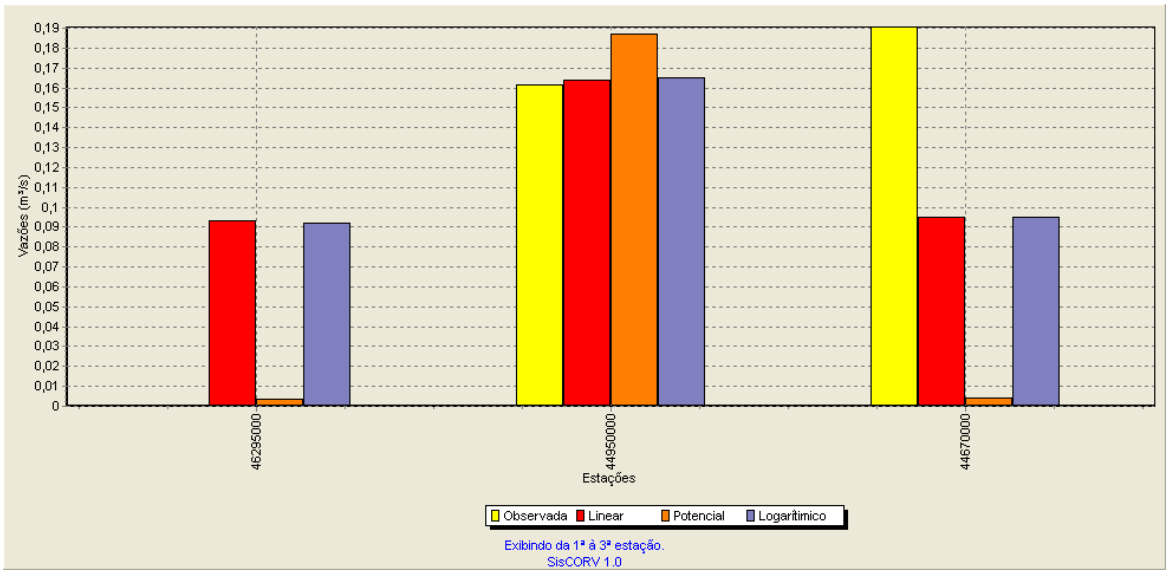


Figura 6.7 – Q_{95} estimadas em função da área para cada uma das estações consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{95} = 0{,}047925 + 3{,}80 \times 10^{-6}\ A \qquad r^2 = 0{,}153 \qquad (31)$$

Modelo Potencial

$$Q_{95} = 3{,}4698 \times 10^{-20}\ A^{4{,}1776} \qquad r^2 = 0{,}264 \qquad (32)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{95} = -0{,}641702 + 0{,}078150 \ln(A) \quad r^2 = 0{,}163 \qquad (33)$$

Função da precipitação equivalente

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{95} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 34 a 36 expressam a relação entre a Q_{95} em função da precipitação equivalente.

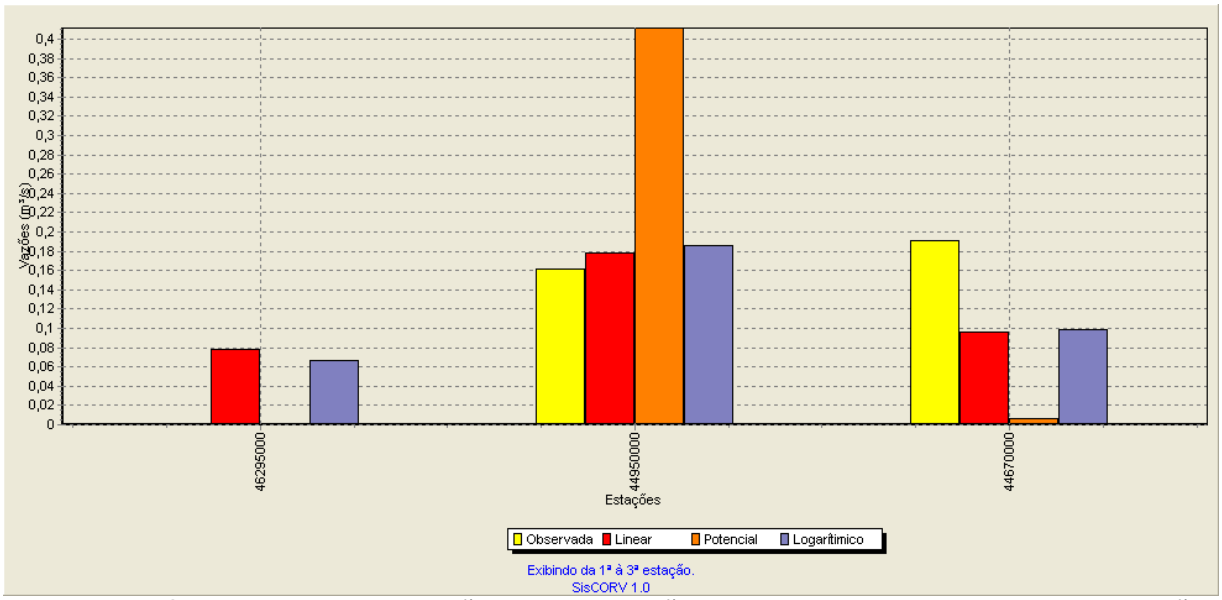


Figura 6.8 – Q95 estimadas em função da precipitação equivalente para cada uma das estações consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{95} = 0{,}029611 + 0{,}000176\, P_{eq} \quad r^2 = 0{,}267 \qquad (34)$$

Modelo Potencial

$$Q_{95} = 1{,}93 \times 10^{-16}\, P_{eq}^{\,5{,}241595} \quad r^2 = 0{,}483 \qquad (35)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{95} = -0{,}540074 + 0{,}107855 \ln(P_{eq}) \quad r^2 = 0{,}362 \qquad (36)$$

Função da P_{eq700}

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{95} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 37 a 39 expressam o comportamento da Q_{95} em função da P_{eq700}.

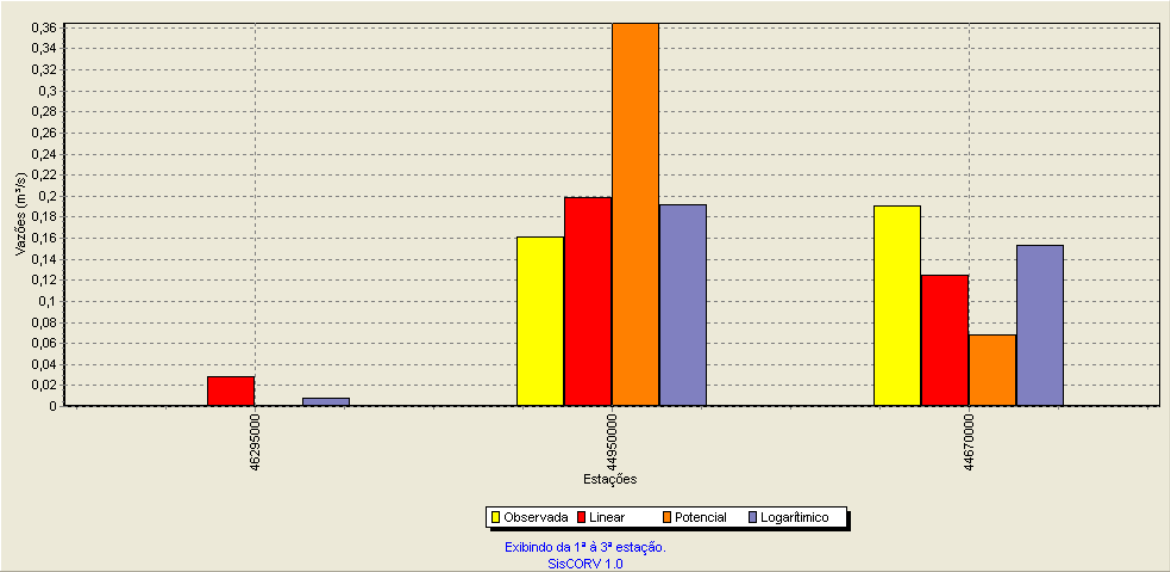


Figura 6.9 – Q_{95} estimadas em função da P_{eq700}.

Modelo Linear

$$Q_{95} = 0{,}010704 + 0{,}00115\, P_{eq700} \qquad r^2 = 0{,}692 \qquad (37)$$

Modelo Potencial

$$Q_{95} = 1{,}2 \times 10^{-8}\, (P_{eq700})^{3{,}380392} \qquad r^2 = 0{,}952 \qquad (38)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{95} = -0{,}204146 + 0{,}07758 \ln (P_{eq700}) \qquad r^2 = 0{,}887 \qquad (39)$$

Função da P_{eq750}

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{95} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das três estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 40 a 42 expressam o comportamento da Q_{95} em função da P_{eq750}.

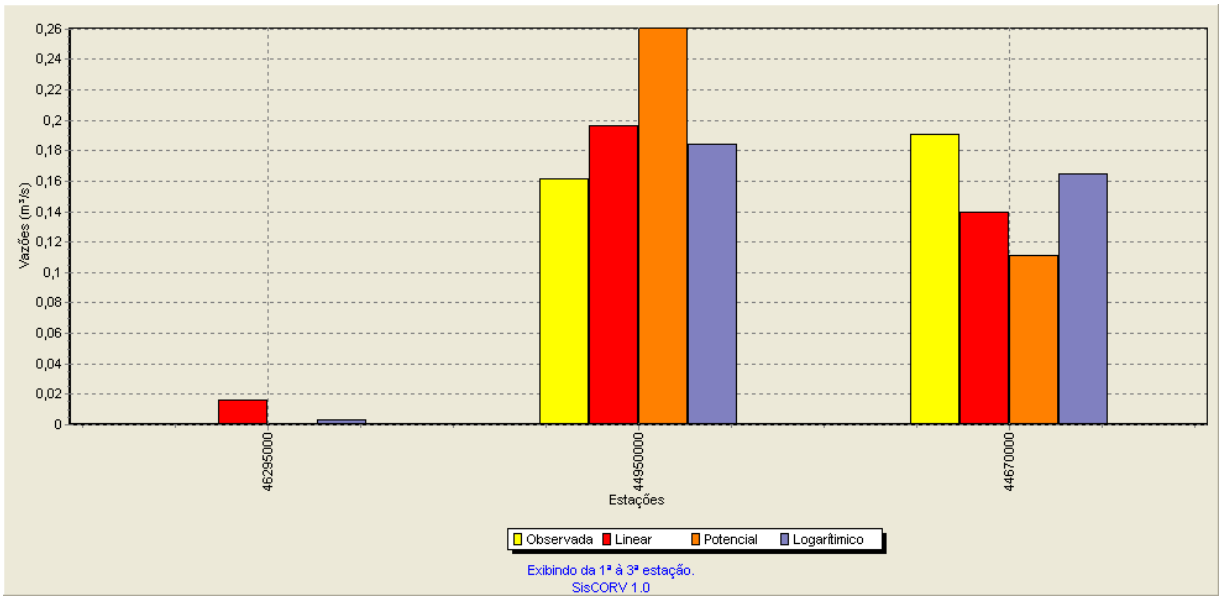


Figura 6.10 – Q_{95} estimadas em função da P_{eq750}.

Modelo Linear

$$Q_{95} = 0{,}009977 + 0{,}001618\, P_{eq750} \qquad r^2 = 0{,}804 \qquad (40)$$

Modelo Potencial

$$Q_{95} = 4{,}29 \times 10^{-6}\, (P_{eq750})^{2{,}320180} \qquad r^2 = 0{,}986 \qquad (41)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{7{,}10} = -0{,}07165 + 0{,}053958 \ln (P_{eq750}) \qquad r^2 = 0{,}942 \qquad (42)$$

Para este caso se evidencia que o ajuste feito considerando a área de drenagem, para todos os modelos analisados, foi muito ruim (todos com r^2 inferiores a 0,26). A consideração da P_{eq} melhorou a capacidade preditiva, entretanto os r2 ainda continuaram baixos (inferiores a 0,5). Tal comportamento tem uma relação direta com o fato de que a estação Boca da Caatinga (4495000), com uma área de drenagem de 30.474 km^2, apresenta um valor de Q95 igual a 0,1614 m3 s^{-1} (q_{95} = 0,005 L s^{-1} km^{-2}), enquanto a estação Colônia do Jaíba (44670000), com uma área de drenagem de 12.401 km^2, menor que a metade da primeira, possui uma Q_{95} igual a 0,1906 m3 s-1 (q_{95} = 0,015 L s^{-1} km^{-2}) e, portanto, superior à primeira.

A incorporação da inércia hídrica promoveu expressiva melhora da capacidade preditiva do modelo, fazendo com que este chegasse a valores de r² superiores a 0,9, como foi o caso da condição em que foi incorporada a P_{eq700}, em que, para o modelo potencial, o valor de r² foi de 0,952, e quando incorporada a P_{eq750}, quando o r² foi de 0,986 para o modelo potencial e 0,942 para o logarítmico.

Análise da aplicação dos modelos de regionalização da Q_{95} nas unidades de análise

No Quadro 6.8 são apresentados os valores de Q_{95} estimados pelos diferentes modelos de regionalização aplicados e com base nas quatro variáveis independentes consideradas na análise. Observam-se valores negativos de vazões quando aplicado o modelo logaritmo para todas as variáveis independentes consideradas, sendo estes destacados no Quadro 6.8 em vermelho.

Em virtude do melhor ajuste ter sido obtido com o modelo potencial em função da P_{eq750}, no Quadro 6.9 estão apresentadas as Q_{95} regionalizadas por este modelo, as vazões ajustadas com base na vazão específica referente à Q_{95}, conforme proposto por Rodriguez (2008), bem como as vazões regionalizadas em função das vazões específicas referentes à q_{95} das estações Boca da Caatinga e Colônia do Jaíba. Como as vazões específicas estimadas com base nas vazões regionalizadas foram inferiores ao maior valor evidenciado com base nos valores estimados a partir das estações fluviométricas, neste caso não houve necessidade de ajuste, sendo, portanto, as vazões regionalizadas iguais às ajustadas.

Tendo em vista o fato da vazão em Boca da Caatinga, mesmo com uma área de drenagem 2,46 vezes maior que Colônia do Jaíba apresentar uma Q_{95} inferior à desta (q_{95} iguais a 0,005 L/s/km^2 e 0,015 L/s/km^2, respectivamente), evidencia-se que as vazões estimadas com base na vazão específica de Colônia do Jaíba foram três vezes superiores às estimadas com base em Boca da Caatinga.

Nas unidades do Alto Gorutuba (2.136 km^2), Alto Verde Pequeno (2.904 km^2), Alto Verde Grande (3.101 km^2), Baixo Verde Pequeno (6.269 km^2), Médio e Baixo Gorutuba (9.855 km^2), onde as áreas de drenagem são inferiores à área de Colônia do Jaíba (12.401 km^2) e Boca da Caatinga (30.474 km^2), as vazões obtidas pelo modelo de regionalização selecionado foram inferiores às obtidas com base nas vazões específicas destas estações. Já no Médio Verde Grande – trecho médio (10.203 km^2) e baixo (23.215 km^2) e no Baixo Verde Grande (31.421 km^2), onde as áreas de drenagem aproximam-se das áreas das estações fluviométricas, as vazões regionalizadas pelo modelo selecionado foram mais próximas à de Boca da Caatinga.

Para as análises subseqüentes, relativas à quantificação da disponibilidade hídrica natural, representada pelas vazões mínimas nas oito unidades de análise consideradas na bacia do rio Verde Grande foram utilizados os valores obtidos com base na equação de regionalização e representados em azul no Quadro 6.9.

Quadro 6.8 – Q_{95} estimadas pelos modelos linear, potencial e logaritmo em função da área, da P_{eq}, da P_{eq700} e da P_{eq750} nas oito unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande.

Unidades de Análise	Área (km2)	Área			Peq (m3/s)			Peq700 (m3/s)			Peq750 (m3/s)		
		Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	0,060	$1\ 10^{-5}$	**-0,013**	0,047	$1\ 10^{-5}$	**-0,044**	0,045	0,001	0,060	0,051	0,008	0,103
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	0,087	0,002	0,080	0,085	0,002	0,080	0,113	0,046	0,144	0,127	0,089	0,159
Alto Gorutuba (AG)	2.136	0,056	$3\ 10^{-6}$	**-0,043**	0,040	$4\ 10^{-7}$	**-0,097**	0,026	$8\ 10^{-5}$	**-0,002**	0,027	0,001	0,054
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	0,085	0,002	0,077	0,075	0,001	0,059	0,056	0,003	0,080	0,048	0,006	0,099
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	23.215	0,136	0,060	0,144	0,145	0,112	0,159	0,172	0,216	0,179	0,177	0,202	0,179
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	0,059	$1\ 10^{-5}$	**-0,019**	0,042	$1\ 10^{-6}$	**-0,080**	0,019	$1\ 10^{-5}$	**-0,054**	0,014	$3\ 10^{-5}$	**-0,025**
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	0,072	0,0003	0,042	0,057	$6,2\ 10^{-5}$	0,005	0,031	$1,9\ 10^{-4}$	0,018	0,022	$4,6\ 10^{-4}$	0,037
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	0,167	0,213	0,168	0,182	0,473	0,189	0,200	0,375	0,192	0,196	0,260	0,184

Quadro 6.9 – Q_{95} estimadas pelas equações de regionalização selecionada e ajustada, bem como as obtidas em função da vazão específica da Q_{95} de Boca da Caatinga (BC) e Colônia do Jaíba (CJ) nas oito unidades de análise consideradas.

Unidades de Análise	Área (km^2)	Q_{95} regionalizada (m^3/s)	Q_{95} ajustada (m^3/s)	Q_{95} - BC Reg	Q_{95} - CJ Reg
				0,005 L/s/km^2	0,015 L/s/km^2
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	0,008	**0,008**	0,016	0,048
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	0,089	**0,089**	0,054	0,157
Alto Gorutuba (AG)	2.136	0,001	**0,001**	0,011	0,033
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	0,006	**0,006**	0,052	0,151
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	23.215	0,202	**0,202**	0,123	0,357
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	0,00003	**0,00003**	0,015	0,045
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	0,00046	**0,00046**	0,033	0,096
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	0,260	**0,260**	0,166	0,483

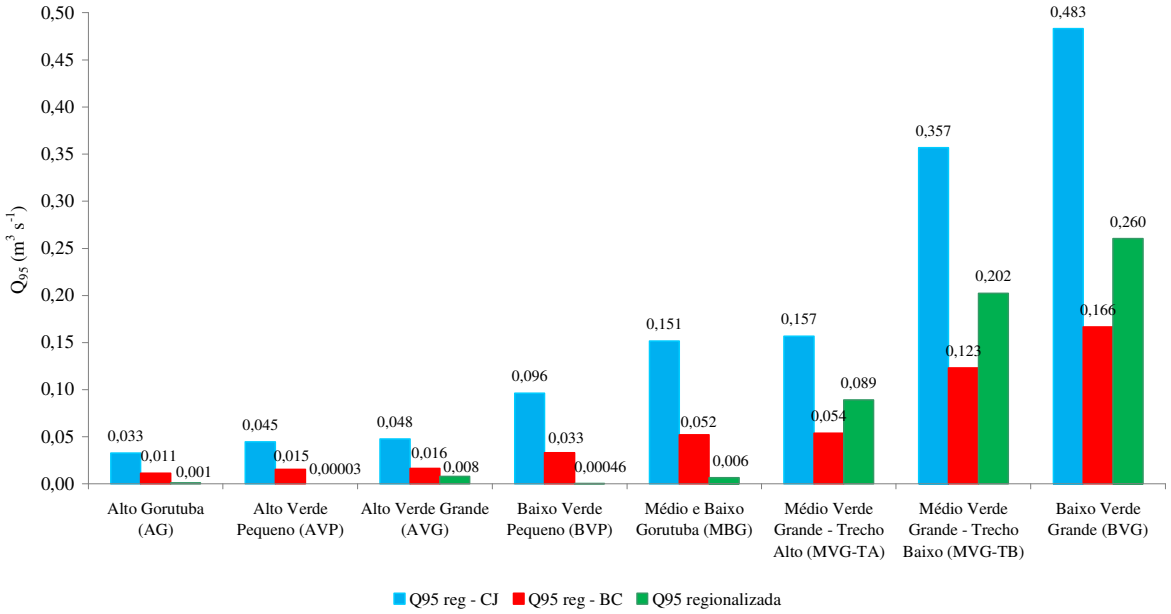


Figura 6.11 – Valores de Q95 obtidos pelo modelo de regionalização e em função das vazões específicas referente à Q95 de Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga nas oito unidades de análise (considerando o período de 1979 a 2002).

D. Regionalização da Q_{90}

Função da área

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{90} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 43 a 45 expressam o comportamento da Q_{90} em função da área de drenagem.

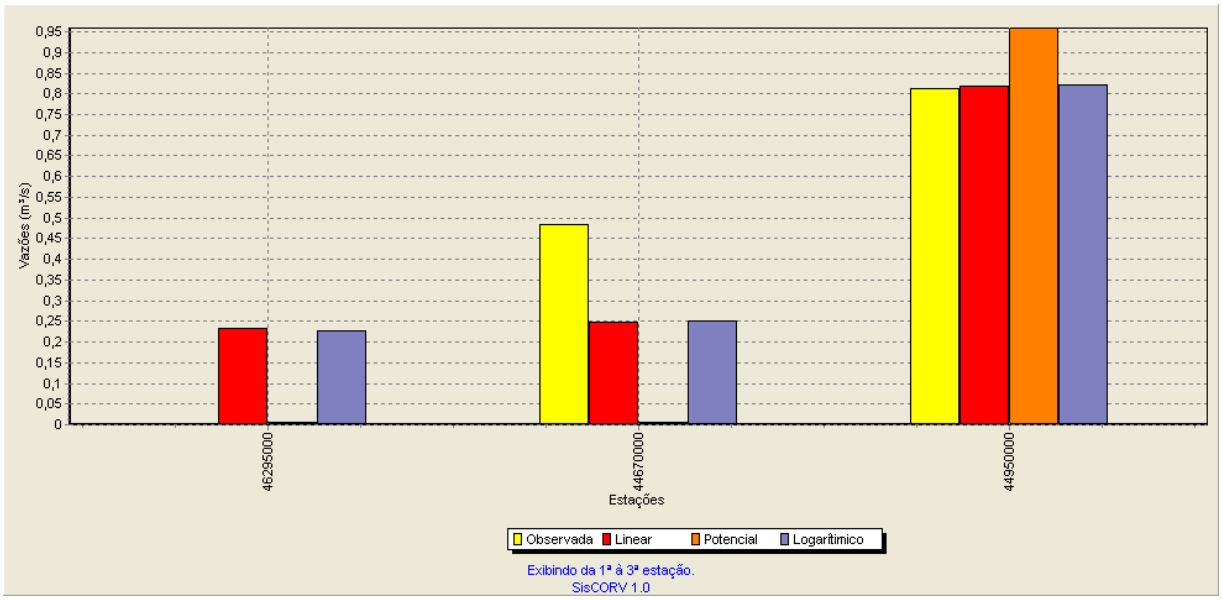


Figura 6.12 – Q_{90} estimadas em função da área para cada uma das estações consideradas.

Modelo Linear

$$Q_{90} = -0{,}145301 + 3{,}16 \times 10^{-5} \, A \quad r^2 = 0{,}668 \qquad (43)$$

Modelo Potencial

$$Q_{90} = 3{,}19 \times 10^{-25} \, A^{5{,}458936} \quad r^2 = 0{,}328 \qquad (44)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{90} = -5{,}744614 + 0{,}635944 \ln(A) \quad r^2 = 0{,}681 \qquad (45)$$

Função da precipitação equivalente

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{90} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas e as equações 46 a 48 expressam o comportamento da Q_{90} em função da precipitação equivalente.

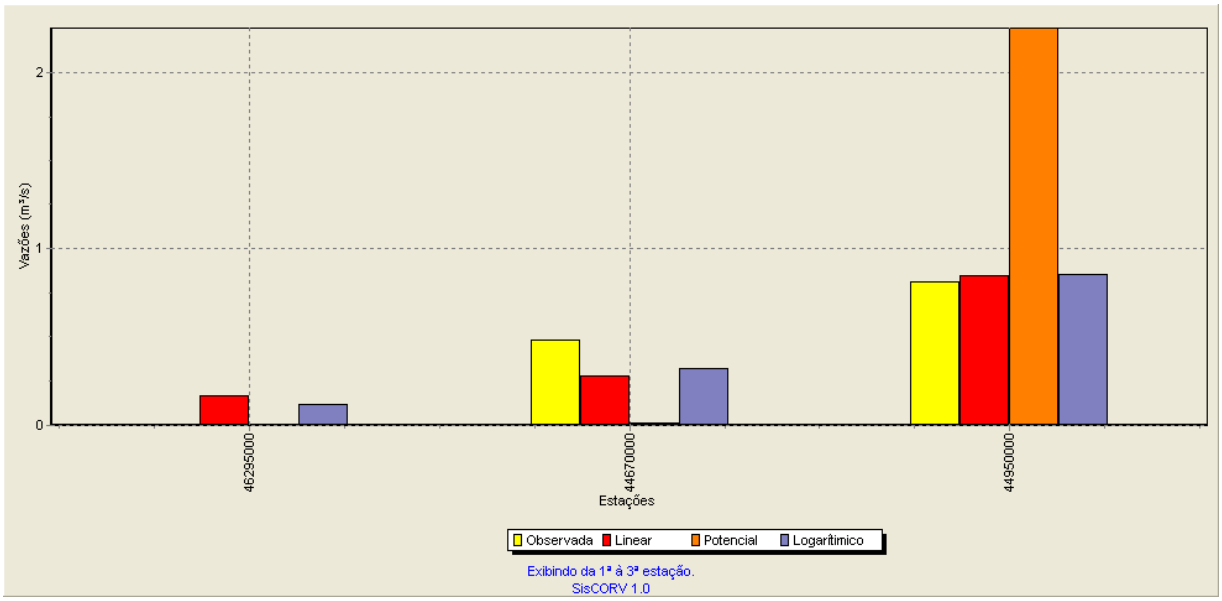


Figura 6.13 – Q_{90} estimadas em função da precipitação equivalente para cada uma das estações consideradas no estudo.

Modelo Linear

$$Q_{90} = -0,169837 + 0,00121\,P_{eq} \quad r^2 = 0,792 \qquad (46)$$

Modelo Potencial

$$Q_{90} = 1,35x10^{-19}\,P_{eq}^{\,6,573772} \quad r^2 = 0,554 \qquad (47)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{90} = -3,624013 + 0,665442\ln(P_{eq}) \quad r^2 = 0,869 \qquad (48)$$

Função da P_{eq700}

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{90} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 49 a 51 expressam o comportamento da Q_{90} em função da P_{eq700}.

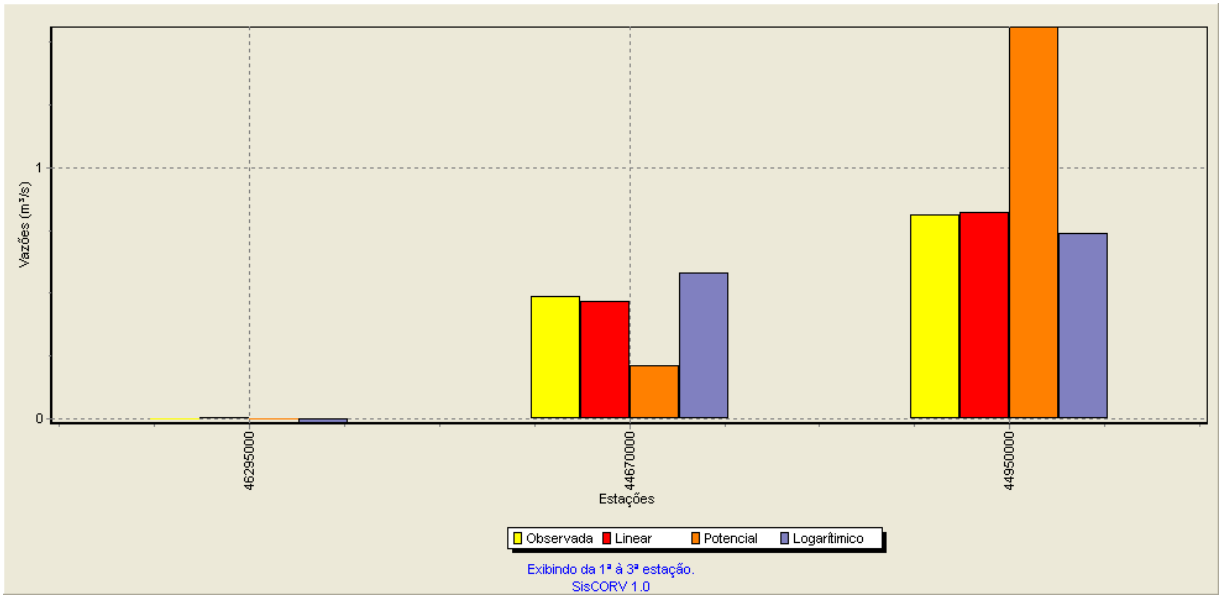


Figura 6.14 – Q_{90} estimadas em função da P_{eq700}.

Modelo Linear

$$Q_{90} = -0,07787 + 0,005495\, P_{eq700} \quad r^2 = 0,999 \qquad (49)$$

Modelo Potencial

$$Q_{90} = 2,03x10^{-9}\, (P_{eq700})^{4,014053} \quad r^2 = 0,978 \qquad (50)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{90} = -0,896905 + 0,320725 \ln (P_{eq700}) \quad r^2 = 0,956 \qquad (51)$$

Função da P_{eq750}

Na Figura a seguir estão representadas as Q_{90} estimadas pelos modelos analisados para cada uma das três estações fluviométricas consideradas no estudo e as equações 52 a 54 expressam o comportamento da Q_{90} em função da P_{eq750}.

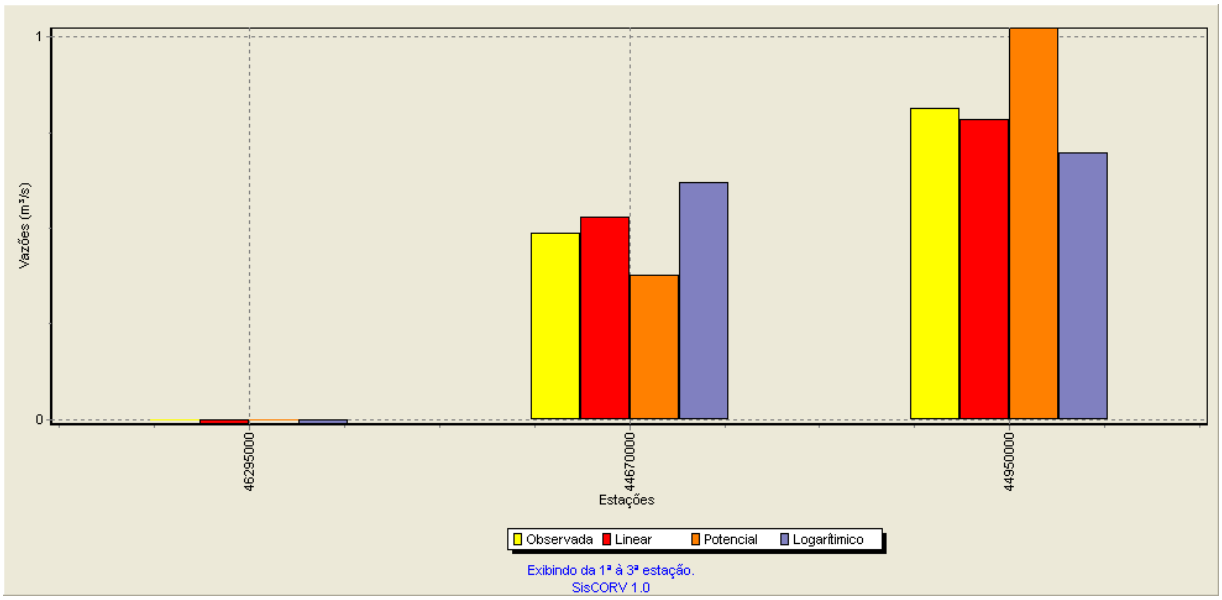


Figura 6.15 – Q_{90} estimadas em função da P_{eq750} para cada uma das estações consideradas.

Modelo Linear

$$Q_{90} = -0{,}042452 + 0{,}007154\ P_{eq750} \quad r^2 = 0{,}991 \qquad (52)$$

Modelo Potencial

$$Q_{90} = 2{,}35 \times 10^{-6}\ (P_{eq750})^{2{,}735159} \quad r^2 = 0{,}998 \qquad (53)$$

Modelo Logarítmico

$$Q_{90} = -0{,}305297 + 0{,}210543 \ln (P_{eq750}) \quad r^2 = 0{,}905 \qquad (54)$$

Para este caso se evidencia um comportamento similar, entretanto não tão acentuado, ao observado para a Q_{95}, sendo que o ajuste feito considerando a área de drenagem, para todos os modelos analisados, foi ruim (todos com r^2 inferiores a 0,7). A consideração da P_{eq} melhorou bastante a capacidade preditiva, chegando, no caso do modelo logaritmo, a atingir valor de r^2 igual a 0,869.

A incorporação da inércia hídrica promoveu expressiva melhora da capacidade preditiva, fazendo com que este chegasse a valores de r^2 superiores a 0,9 para todos os modelos, tanto considerando a P_{eq700} como a P_{eq750}.

Análise da aplicação dos modelos de regionalização da Q_{90} nas unidades de análise

No Quadro 6.10 são apresentados os valores de Q_{90} estimados pelos diferentes modelos de regionalização aplicados e com base nas quatro variáveis independentes consideradas na análise. Observam-se valores negativos de vazões quando aplicados os modelo linear e logaritmo para todas as variáveis independentes consideradas, sendo estes destacados no Quadro 6.8 em vermelho.

Em virtude do melhor ajuste ter sido o obtido com o modelo potencial em função da P_{eq750}, no Quadro 6.11 estão apresentados as Q_{90} regionalizadas por este modelo e os valores ajustados com base na vazão específica referente à Q_{90}, bem como as vazões regionalizadas em função das vazões específicas referente à Q_{90} das estações Boca da Caatinga e Colônia do Jaíba (

Quadro 6.5). Como as vazões específicas estimadas com base nas vazões regionalizadas foram inferiores ao maior valor evidenciado com base nos valores observados nas estações fluviométricas, não houve necessidade de ajuste, sendo, portanto, as vazões regionalizadas iguais às ajustadas.

Assim como na análise da Q_{95}, embora não de forma tão acentuada, uma vez que as diferenças entre as vazões específicas (q_{90} iguais a 0,027 L/s/km^2 em Boca da Caatinga e 0,039 L/s/km^2 em Colônia do Jaíba) foi bem menor, verifica-se que as vazões estimadas com base na vazão específica de Colônia do Jaíba foram superiores às estimadas com base em Boca da Caatinga.

Nas unidades do Alto Gorutuba (2.136 km^2), Alto Verde Pequeno (2.904 km^2), Alto Verde Grande (3.101 km^2), Baixo Verde Pequeno (6.269 km^2), Médio e Baixo Gorutuba (9.855 km^2), onde as áreas de drenagem são inferiores à área de Colônia do Jaíba (12.401 km^2) e Boca da Caatinga (30.474 km^2), as vazões obtidas pelo modelo de regionalização selecionado foram inferiores às obtidas com base nas vazões específicas destas estações. Já no Médio Verde Grande – trecho médio (10.203 km^2) e baixo (23.215 km^2) e no Baixo Verde Grande (31.421 km^2), onde as áreas de drenagem aproximam-se das áreas das estações fluviométricas, as vazões regionalizadas pelo modelo selecionado foram mais próximas à de Boca da Caatinga (Figura 6.16).

Para as análises subseqüentes, relativas à quantificação da disponibilidade hídrica natural, representada pelas vazões mínimas, nas oito unidades de análise consideradas na bacia do rio Verde Grande foram utilizados os valores obtidos com base na equação de regionalização e representados em azul no Quadro 6.11.

Quadro 6.10 – Q90 estimadas pelos modelos linear, potencial e logaritmo em função da área, da Peq, da Peq700 e da Peq750 nas oito unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande.

Unidades de Análise	Área (km2)	Área			Peq (m3/s)			Peq700 (m3/s)			Peq750 (m3/s)		
		Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.	Linear	Pot.	Log.
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	**-0,047**	$3,7\ 10^{-6}$	**-0,632**	**-0,050**	$2,0\ 10^{-6}$	**-0,565**	0,088	0,002	0,197	0,139	0,016	0,375
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	0,177	0,002	0,125	0,212	0,004	0,204	0,409	0,133	0,541	0,476	0,288	0,597
Alto Gorutuba (AG)	2.136	**-0,078**	$5,0\ 10^{-7}$	**-0,869**	**-0,096**	$1,0\ 10^{-7}$	**-0,888**	**-0,003**	0,00007	**-0,060**	0,031	0,001	0,184
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	0,166	0,002	0,103	0,142	0,001	0,071	0,137	0,005	0,278	0,125	0,013	0,359
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	23.215	0,588	0,217	0,648	0,623	0,441	0,692	0,692	0,837	0,688	0,697	0,758	0,671
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	**-0,054**	$3,0\ 10^{-6}$	**-0,674**	**-0,083**	$2,1\ 10^{-7}$	**-0,783**	**-0,040**	$5,0\ 10^{-6}$	**-0,275**	**-0,026**	0,00002	**-0,125**
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	0,053	$2,0\ 10^{-4}$	**-0,184**	0,020	$3,6\ 10^{-5}$	**-0,261**	0,018	$1,9\ 10^{-4}$	0,020	0,011	0,00058	0,119
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	0,848	1,134	**0,841**	0,874	2,678	0,874	0,828	1,611	0,740	0,781	1,019	0,694

Quadro 6.11 – Q_{90} estimadas pela equação de regionalização selecionada e a justada, bem como as obtidas em função da vazão específica da Q_{95} de Boca da Caatinga (BC) e Colônia do Jaíba (CJ) nas unidades de análise.

Unidades de Análise	Área (km^2)	Q_{90} regionalizada (m^3/s)	Q_{90} ajustada (m^3/s)	Q_{90} - BC Reg	Q_{90} - CJ Reg
				0,027 L/s/km^2	0,039 L/s/km^2
Alto Verde Grande (AVG)	3.101	0,016	**0,016**	0,083	0,121
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	10.203	0,288	**0,288**	0,272	0,399
Alto Gorutuba (AG)	2.136	0,001	**0,001**	0,057	0,083
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	9.855	0,013	**0,013**	0,263	0,385
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	23.215	0,758	**0,758**	0,619	0,907
Alto Verde Pequeno (AVP)	2.904	$2,5x10^{-5}$	**$2,5x10^{-5}$**	0,077	0,114
Baixo Verde Pequeno (BVP)	6.269	0,001	**0,001**	0,167	0,245
Baixo Verde Grande (BVG)	31.421	1,019	**1,019**	0,837	1,228

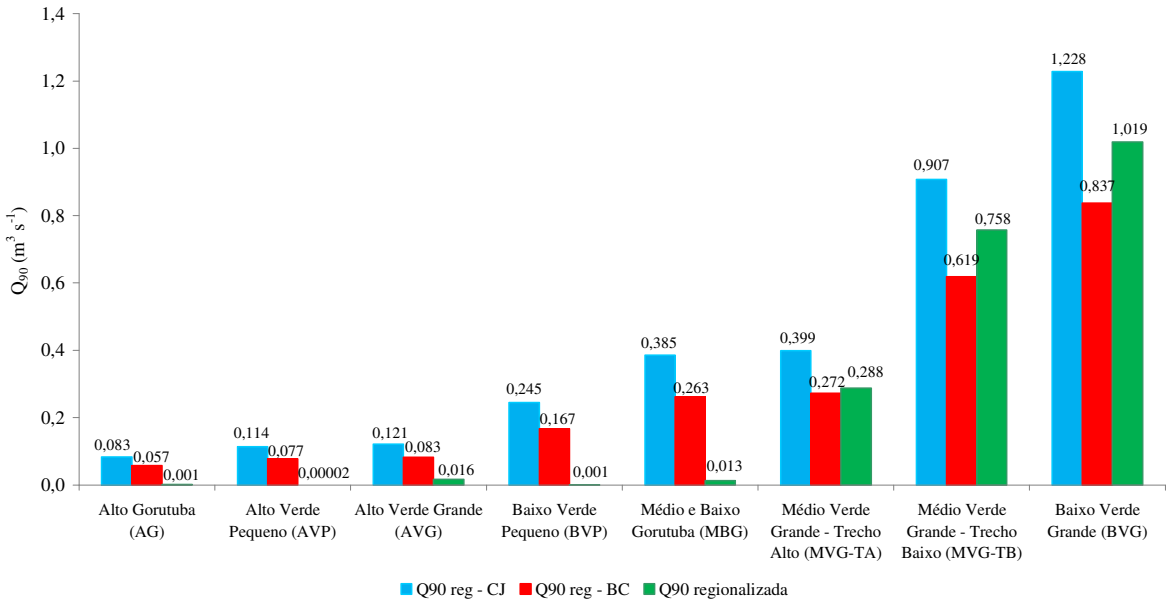


Figura 6.16 – Valores de Q_{90} obtidos pelo modelo de regionalização e em função das vazões específicas referentes à Q_{90} de Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga nas oito unidades de análise (considerando o período de 1979 a 2002).

O Quadro a seguir apresenta a vazão média de longa duração e as vazões mínimas para cada uma das oito unidades de análise consideradas para a bacia do Verde Grande e estimadas com base no período posterior a 1979.

Quadro 6.12 – Vazão média de longa duração (Qmld) e vazões mínimas ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}) para cada uma das unidades de análise.

Unidades de Análise	Q_{mld} $m^3 s^{-1}$	$Q_{7,10}$ $m^3 s^{-1}$	Q_{95} $m^3 s^{-1}$	Q_{90} $m^3 s^{-1}$
Alto Verde Grande (AVG)	4,87	-	0,008	0,016
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	15,50	-	0,089	0,288
Alto Gorutuba (AG)	3,00	-	0,001	0,001
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	12,68	-	0,006	0,013
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	26,51	-	0,202	0,758
Alto Verde Pequeno (AVP)	3,51	-	0,00003	$2,5x10^{-5}$
Baixo Verde Pequeno (BVP)	7,70	-	0,00046	0,001
Baixo Verde Grande (BVG)	28,97	-	0,260	1,019

E. Análise da disponibilidade hídrica anterior a 1979 e comparação desta com o período de 1979-2002

A partir da década de 80 passou a ocorrer um acentuado crescimento do consumo de água na bacia do Verde Grande, impulsionado pelo próprio início de operação, em 1979, do reservatório de Bico da Pedra, o qual, com um volume útil de 481 hm^3, constitui o principal reservatório em operação na bacia (Quadro 6.13). Os demais reservatórios, com exceção da barragem de Estreito (com um volume útil de 63 hm^3), e que iniciou a operação em 1975, também iniciaram a operação no período posterior a 1979.

Na bacia do Verde Grande há também três grandes projetos de irrigação que retiram água da bacia, sendo estes descritos na seqüência conforme CODEVASF (2009):

- Projeto de Estreito – localizado nos municípios de Urandi e Sebastião Laranjeiras e áreas irrigáveis de: 2.099 ha em Estreito I/III; e 5.884 ha em Estreito IV.

Área ocupada:

- Estreito I/III: 2.099 ha divididos em 464 lotes familiares de pequenos produtores

- Estreito IV: 646 ha divididos em 116 lotes familiares de pequenos produtores.
- Início de funcionamento**:**
- Estreito I/III: 1975
- Estreito IV: 2004 (final)

- Projeto Gorutuba – localizado no município de Nova Porteirinha

- Área irrigável: 5.286 ha
- Área ocupada: 5.286 ha (3.044 ha - pequenos produtores e 2.242 ha - empresas)
- Início de funcionamento**:** 1978

- **Projeto Lagoa Grande** – localizado no município de Janaúba

- Área irrigável: 1.538 ha
- Área ocupada: 1.538 ha (46 empresas)
- Início de funcionamento**:** 1988

Quadro 6.13 – Reservatórios localizados na bacia do rio Verde Grande.

Nome	Curso d'água	Município	Início de operação	Volume do reservatório (hm^3)		Entidade responsável pela operação	Finalidades principais
				Total	Útil		
Bico da Pedra	Gorutuba	Janaúba/ Porteirinha	1979	705	481	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Gameleiras	Gameleiras	Mamonas	1991	1,80	1,75	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Mocambinho	Mocambinho (Mosquito)	Porteirinha	1989	0.60	0,57	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Canabrava	Canabrava (Quem-Quem)	Francisco Sá	1982	2,50	2,30	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Pedro Jú	Mamona (Quem-Quem)	Francisco Sá	1989	3,00	2,80	CODEVASF/ PREFEITURA	Irrigação, abastecimento humano e animal
São Domingos	São Domingos	Francisco Sá	1988	4,50	4,20	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Lajes	Lajes	Porteirinha	1984	1,40	1,20	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Serra Branca	Serra Branca	Porteirinha	1983	0,006	0,004	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Estreito	Verde Pequeno	Espinosa/Urandi	1975	76	63	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Cova da Mandioca	Cova da Mandioca	Urandi	1996	126	120	CODEVASF	Irrigação, abastecimento humano e animal
Juramento	Juramento	Juramento	1982	42,50	25,24	COPASA	Abastecimento humano
Mosquito	Mosquito	Porteirinha	1991	8,80	8,05	CEMIG	Abastecimento humano e perenização
Angical	Tremendal	Monte Azul	1991	1,00	1,00	PREFEITURA/COPASA	Abastecimento humano

Nome	Curso d'água	Município	Início de operação	Volume do reservatório (hm^3)		Entidade responsável pela operação	Finalidades principais
				Total	Útil		
Viamão	Viamão	Mato Verde	1992	Barragem de nível		COPASA	Abastecimento humano
Umburama	Canabrava (Salobro)	São João da Ponte	1992	0,47	0,40	PREFEITURA	Irrigação, abastecimento humano e animal
José Custódio	Canabrava (Salobro)	Monte Azul	1993	2,51	2,30	PREFEITURA	Irrigação, abastecimento humano e animal
Aurélio	Aurélio	Iuiú	N.D.	< 0,50	< 0,50	PARTICULAR	Irrigação, abastecimento humano e animal
Raízes	Raízes	Urandi	N.D.	< 1,00	< 1,00	RFFSA	Perenização e amortecimento de cheias

Tendo em vista a grande evolução da ocupação da bacia e a conseqüente pressão sobre os recursos hídricos disponíveis, e considerando ainda a dificuldade de realização de um estudo de regionalização de vazões para este período, procedeu-se, a partir da análise do comportamento das vazões específicas das estações de Colônia do Jaíba (44670000), período de 1963 a 1978, e de Boca da Caatinga (44950000), período de 1970 a 1978, a estimativa das vazões para o período anterior a 1979 e a comparação destas com as obtidas pelo modelo de regionalização, considerando o período de 1979 a 2002.

Análise da Q_{mld}

As vazões médias de longa duração estimadas para Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga para o período anterior a 1979 foram iguais a 15,61 $m^3 s^{-1}$ e 24,08 $m^3 s^{-1}$ e, portanto, correspondentes a apenas 84,8% e 67,3% das estimadas para o período de 1979 a 2002. Portanto, as vazões médias de longa duração correspondentes ao período de 1979 a 2002 foram, inclusive, superiores às vazões anteriores a 1979, caracterizando, tal como já evidenciado por Ramos e Pruski (2003), a inexistência de uma variação significativa das vazões médias de longa duração com o tempo na estação Boca da Caatinga.

Análise da $Q_{7,10}$

Enquanto no período de 1979 a 2002 a $Q_{7,10}$ foi igual a zero nas estações Colônia do Jaíba (44670000) e Boca da Caatinga (44950000), no período anterior a 1979 as $Q_{7,10}$ foram iguais a 1,45 m^3/s ($q_{7,10}$ = 0,133 $L/s/km^2$) e 0,99 m^3/s ($q_{7,10}$ = 0,0325 $L/s/km^2$), respectivamente, o que está associado ao grande impacto advindo do crescimento do uso da água a partir de 1979, e que, dada a grande retirada inclusive de águas subterrâneas, acarreta um efeito expressivo nas vazões mínimas. Fica também evidente neste caso, tal como já evidenciado para a Q_{95} no período de 1979 a 2002, a expressiva diferença no comportamento das vazões mínimas estimadas em Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga.

Análise da Q_{95}

As vazões associadas à permanência de 95% estimadas para Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga para o período anterior a 1979 foram iguais a 1,77 $m^3 s^{-1}$ (q_{95} = 0,143 $L/s/km^2$) e 0,98 $m^3 s^{-1}$ ($q_{7,10}$ = 0,0321 $L/s/km^2$) e, portanto, 11,0 e 5,1 vezes superiores aos valores estimados para o período de 1979 a 2002, o que representa, tal como evidenciado para a $Q_{7,10}$, uma expressiva variação das vazões mínimas com o tempo, decorrente, sobretudo, da grande retirada de águas, inclusive subterrâneas, para atender sobretudo o crescimento da agricultura irrigada na região.

Na Figura a seguir são apresentados os valores de Q_{95} estimados com base nas vazões específicas referentes à Q_{95} de Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga

(considerando o período anterior a 1979) e as obtidas em função do modelo de regionalização ajustado (considerando o período de 1979 a 2002).

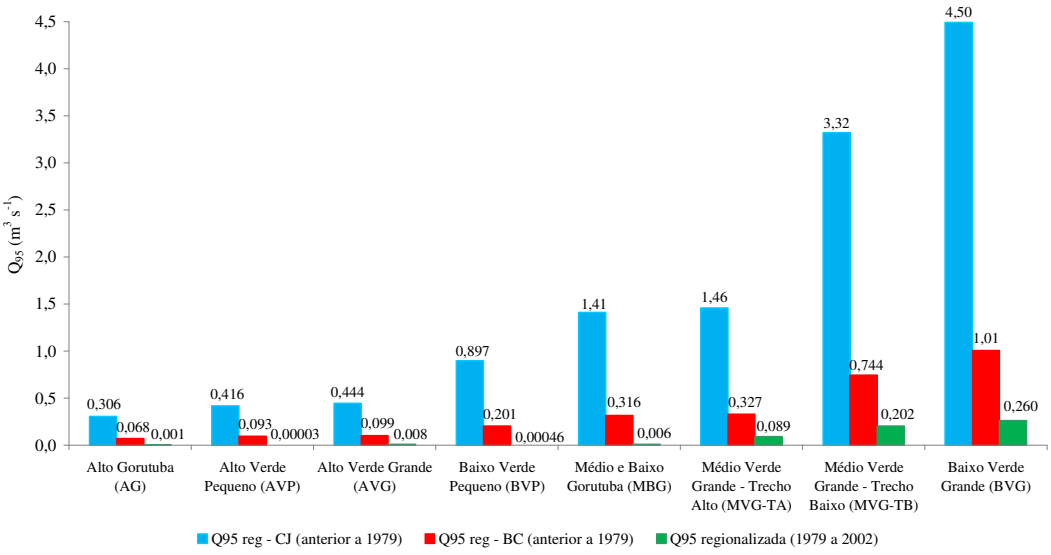


Figura 6.17 – Valores de Q_{95} obtidos em função das vazões específicas referentes à Q_{95} de Colônia do Jaíba e de Boca da Caatinga (do período anterior a 1979) e com base no modelo de regionalização (considerando o período de 1979 a 2002) nas oito unidades de análise.

Análise da Q_{90}

As vazões associadas à permanência de 90% estimadas para Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga para o período anterior a 1979 foram iguais a 2,29 $m^3 s^{-1}$ (q_{95} = 0,184 L/s/km^2) e 1,94 $m^3 s^{-1}$ ($q_{7,10}$ = 0,0641 L/s/km^2), respectivamente, e, portanto, 2,8 e 4,0 vezes superiores aos estimados para o período de 1979 a 2002, o que representa, tal como evidenciado para a $Q_{7,10}$ e para a Q_{95}, uma expressiva variação das vazões mínimas com o tempo,. Embora o efeito da variação da Q_{90} com o tempo também tenha sido expressivo, já não foi tão acentuado como aquele evidenciado para a Q_{95}, devendo este efeito ser ainda menos expressivo com a redução da permanência, tal como evidenciado por Ramos e Pruski (2003).

Na Figura a seguir são apresentados os valores de Q_{90} estimados com base nas vazões específicas referentes à Q_{90} de Colônia do Jaíba e Boca da Caatinga (considerando o período anterior a 1979) e as obtidas em função do modelo de regionalização ajustado (considerando o período de 1979 a 2002).

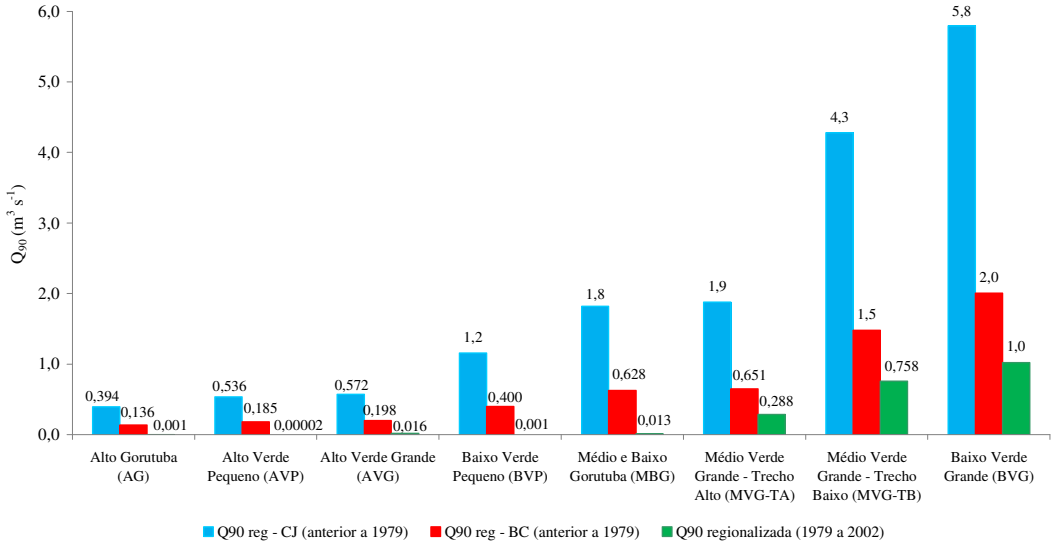


Figura 6.18 – Valores de Q_{90} obtidos em função das vazões específicas referentes à Q_{90} de Colônia do Jaíba e de Boca da Caatinga (do período anterior a 1979) e com base no modelo de regionalização (considerando o período de 1979 a 2002) nas oito unidades de análise.

F. Análise da Influência do Projeto Jaíba na Bacia do Rio Verde Grande

A área do Distrito Agroindustrial do Jaíba (DAIJ) localiza-se no extremo norte do estado de Minas Gerais. O limite oeste do DAIJ se faz pelo rio São Francisco; o limite leste pelo rio Verde Grande; o norte pela linha demarcatória denominada Manga - Gado Bravo; e o limite sul pelos córregos intermitentes Serraria e Mocambinho (afluentes do rio São Francisco) e o córrego Escuro (afluente do rio Verde Grande).

O Projeto Jaíba é visto como indutor do desenvolvimento social e econômico, por propiciar a geração de emprego e renda derivada da agricultura irrigada e facilitar o acesso à terra, além de contribuir para reverter as tendências migratórias da Região Norte do Estado, ocasionadas pelo seu baixo dinamismo socioeconômico.

Este projeto possui quatro etapas previstas, das quais a primeira e segunda etapas encontram-se concluídas e em operação. A fonte hídrica do Projeto Jaíba é o rio São Francisco, com abastecimento através do complexo hidráulico principal já implantado formado por três estações elevatórias (EB) e três canais principais (CP) assim definidos: EB-1/CP-1/EB-2/CP-2/EB-3/CP-3. A Figura 6.19 apresenta o layout geral do projeto, com ênfase nas etapas 1 e 2.

A bacia do Rio Verde Grande contempla parte desse projeto através das seguintes glebas: C2 nas etapas 1 e 2, gleba M (Nova Cachoeirinha) na etapa 3, e toda a região da etapa 4. O Quadro 6.14 apresenta a participação do projeto na bacia do Verde Grande com sua respectiva superfície irrigável.

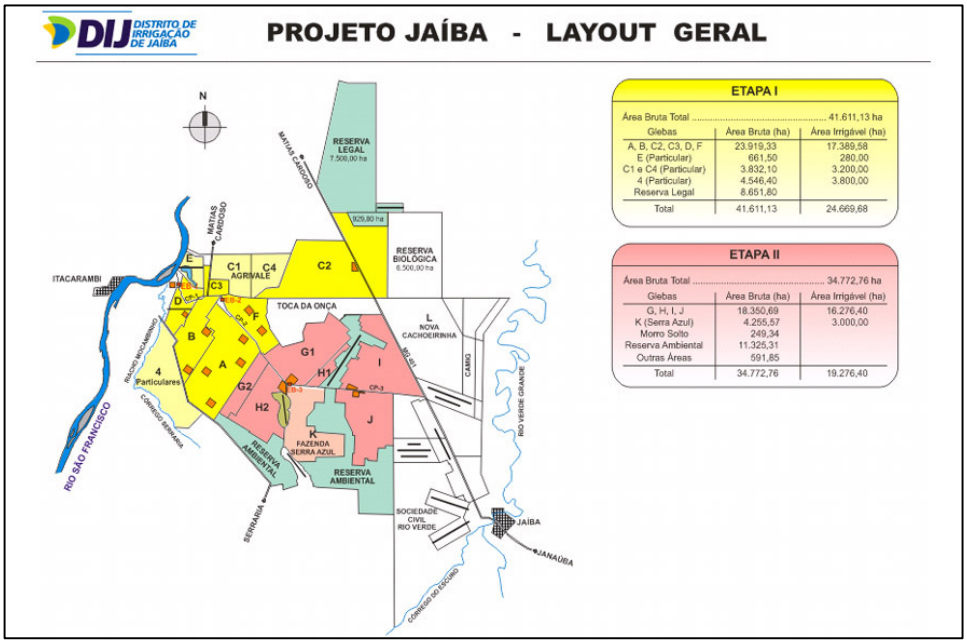


Figura 6.19 – Layout Geral do Projeto Jaíba.

Quadro 6.14– Superfície irrigável do Projeto Jaíba na Bacia do Rio Verde Grande.

Canal Principal	Etapa	GLEBA	Area Irrigada (ha)	Demanda (m^3/s)	Localização no Verde Grande	Sup. Irrigável no Verde Grande (ha)
CP-1	1	B	17846	22,107	não	X
		C3				
		C2			parcial (54,72%) de lotes M	1480
		D (Mocambinho)			não	x
		E (faz. YAMADA)				
		C1 (faz.AGRIVALE)				
		C4 (faz.AGRIVALE)				
CP-2	1	A	8029	9,801	não	x
		F				
	2	G1	7544	9,129		
		G2				
		H2				
	3	L (Toca da Onça)	2000	2,42	não	x
		M (Nova Cachoerinha)	5000	6,18	100%	5000
	2	H1	6788	16,76	não	x
		I			parcial (31.22%)	1377
		J			parcial (87.35%)	3316
		K (grupo OMETTO)			não	x
CP-3	3	L (Toca da Onça)	479	12,35	não	x
		M (Nova Cachoeirinha)	4521		parcial (95.71%)	4327
	4	S.Franc. do Jaíba	13900	15,276	100%	13900
		Linha Seca				
		Rio Verde 1				
		Rio Verde 2				
		soc. Civil. R. Verde				
		outros				

Etapas concluídas em operação
Valores de Projeto

6.1.1.2. Águas Subterrâneas

Os estudos da hidrologia subterrânea constituem uma importante ferramenta de planejamento para a definição de alternativas de aproveitamento das águas subterrâneas de forma racional e por meio de sistemas de captação adequados às condições de ocorrência e aos volumes explotáveis. Para viabilizar a aplicação e regionalização, o potencial e a disponibilidade hídrica subterrânea foram calculados por dois métodos:

- a capacidade de produção dos poços expressa em vazão específica; e
- a capacidade de armazenamento das sub-bacias representativas dos diversos sistemas aquíferos determinada através do estudo do regime de recessão ou de esgotamento do escoamento superficial.

A capacidade de produção representa o potencial de explotação de água subterrânea por meio de poços. Esse parâmetro está intimamente ligado às características hidráulicas dos sistemas aquíferos, ou seja, à permeabilidade, transmissividade e porosidade efetiva. Nessa análise foi considerada toda a massa de dados inventariados sem distinção das unidades captadas, com isso o resultado alcançado torna-se estimativo, visto que não incorpora a unidade aquífera nem os critérios locacionais dos poços tubulares considerados. Posteriormente, para as unidades que dispunham de certo número de dados, foi feita a análise estatística para o aquífero, com o objetivo de identificar o potencial de produção nas unidades mapeadas na bacia do rio Verde Grande. De toda forma deve-se ressaltar que as duas metodologias trazem um grau de incerteza, pois não é possível identificar quais poços foram locados com critérios geológicos ou mesmo projetados e construídos de acordo com as normas técnicas adequadas.

A capacidade de armazenamento foi obtida nos hidrogramas com as curvas de recessão ou esgotamento do escoamento superficial, este parâmetro reflete o volume das descargas subterrâneas aos rios (escoamento de base) e, consequentemente, indica as reservas renováveis de águas subterrâneas, das quais uma parcela constitui os recursos explotáveis.

Metodologia

A metodologia utilizada neste capítulo dos estudos hidrogeológicos constou das seguintes atividades e procedimentos:

- **Coleta e análise dos dados disponíveis**: As informações de interesse para os estudos hidrogeológicos foram obtidas por meio de uma pesquisa bibliográfica seguida de análise e sistematização dos dados. Assim, foram selecionados os poços tubulares nos bancos de dados do

Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS/CPRM, Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ/BA, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM/MG, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC e Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

- **Tratamento estatístico**: Análise e tratamento estatísticos dos dados de produção dos poços e elaboração de gráficos e mapa com a tendência de distribuição da vazão específica.

- **Determinação da capacidade de armazenamento subterrâneo**: Neste item foram utilizados hidrogramas de vazões diárias compiladas no banco de dados da ANA, referentes a postos fluviométricos existentes na bacia do rio Verde Grande. Com a determinação dos volumes de escoamento subterrâneo anuais, foram feitas estimativas das reservas renováveis e dos recursos hídricos subterrâneos explotáveis.

- **Qualidade das águas** - A interpretação dos dados sobre qualidade das águas teve por objetivos caracterizar os diversos tipos químicos por unidade aquífera, identificar os principais processos de mineralização e evolução química das águas e definir sua adequação aos diversos tipos de utilização. Os dados relativos às análises físico-químicas foram levantados junto ao IGAM-MG que, em convênio com a CODEVASF, mantém na porção mineira da bacia do rio Verde Grande uma rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas.

- **Definição das áreas mais favoráveis à captação:** Neste capitulo foi feita uma síntese da hidrogeologia, tomando como base as informações referentes à quantidade e qualidade das águas subterrâneas. Para tal definiu-se as áreas mais favoráveis à captação de águas subterrâneas por meio de poços tubulares e das principais restrições ao seu aproveitamento, incluindo a correlação entre demandas e disponibilidades.

Potencialidade e disponibilidade hídrica

O conceito de reserva de água subterrânea é um tema contraditório que envolve a quantificação de um recurso renovável, que está intimamente associado aos volumes de recarga natural de longo prazo. Ainda, as reservas estão ligadas à potencialidade e à disponibilidade hídrica no sistema aquífero.

Neste sentido, define-se potencialidade como o volume total de água acumulada na zona de saturação do sistema aquífero que está sujeito a extração. Na prática, potencialidade equivale às reservas totais. A disponibilidade refere-se ao volume que pode ser extraído, sem risco de exaustão ou dano ao sistema aquífero. Assim, num estudo de planejamento sobre o uso futuro da água é importante associar os conceitos de reservas e disponibilidade das águas.

A partir da análise realizada nos dados disponíveis observou-se um grande número de poços com a informação de vazão específica. Com isso, a abordagem da produtividade tem a vazão específica como principal parâmetro de análise. Esta metodologia é válida, pois a vazão específica é o parâmetro que melhor representa as características hidráulicas de um sistema aquífero.

Na massa de dados catalogados foram selecionados 1.912 poços que apresentam vazão específica. A Figura a seguir apresenta a distribuição da freqüência da vazão específica na massa total de dados.

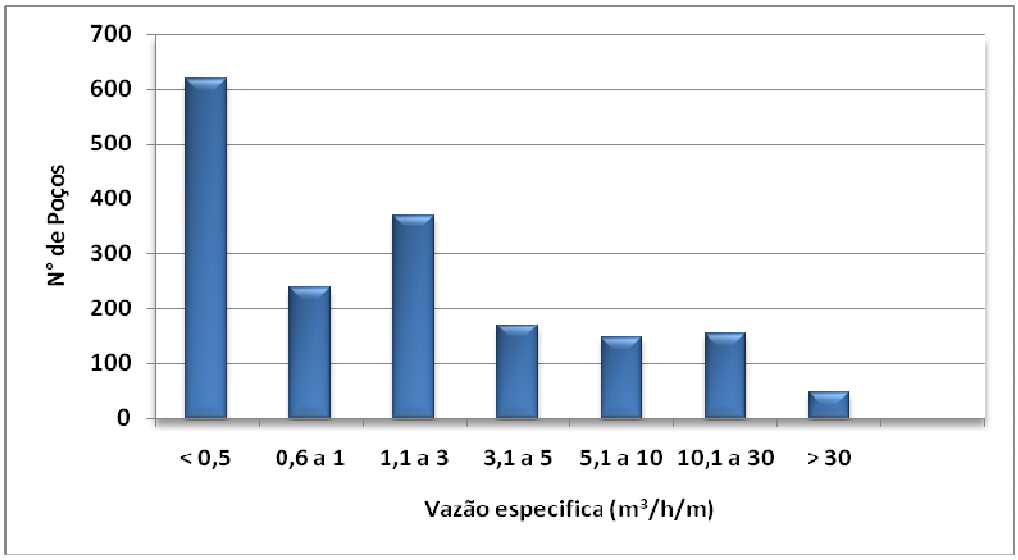


Figura 6.20 – Distribuição da vazão específica dos poços inventariados.

A análise considerando a massa total de dados independente do sistema aquífero deve ser vista como um indicativo, pois o conjunto apresenta dados de aquíferos com características hidrodinâmicas diferentes portanto, mesmo com certa imprecisão dos dados, a análise vale como estimativa de produtividade para a bacia como um todo. Assim, a partir dos 1912 poços que apresentam informações sobre a vazão específica, pode-se estimar que o potencial hidrogeológico, da bacia do rio Verde Grande é de baixo a médio. Na amostra considerada, cerca de 50% dos poços apresentam vazão específica menor do que 1 m^3/h/m, com valores variando entre 0,01 m^3/h/m e 264m^3/h/m, e com uma média de 5,64 m^3/h/m, com desvio padrão igual a 19,59.

Já a análise dos dados de vazão após estabilização aponta que a vazão média é de 16,96 m^3/h/m, com um desvio padrão muito alto (29, 56) indicando a alta dispersão dos dados. O gráfico apresentado na Figura a seguir mostra a distribuição da vazão de produção estabelecida em ensaios de bombeamento de 24 horas para a massa total dos poços inventariados que possuem a informação da vazão de produção (2.474 poços).

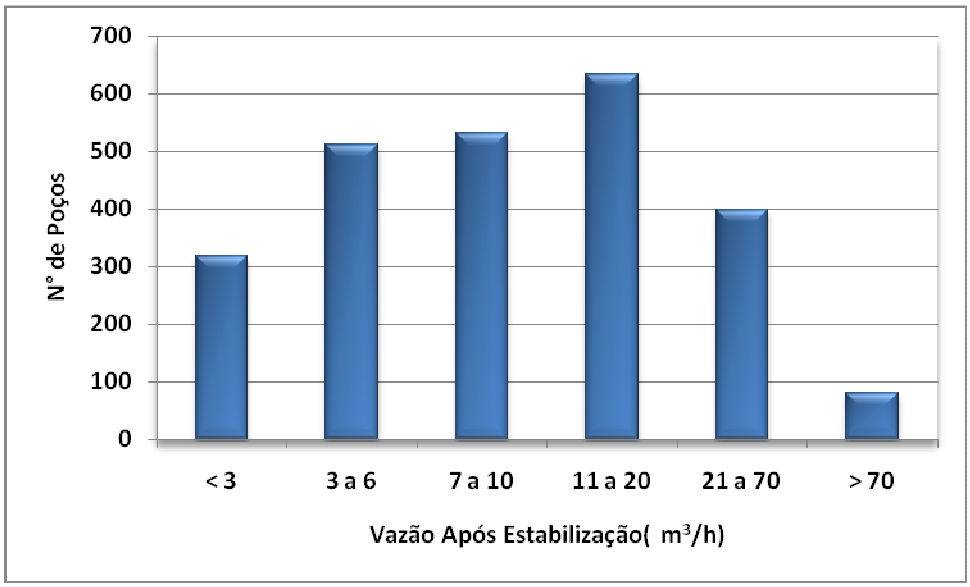
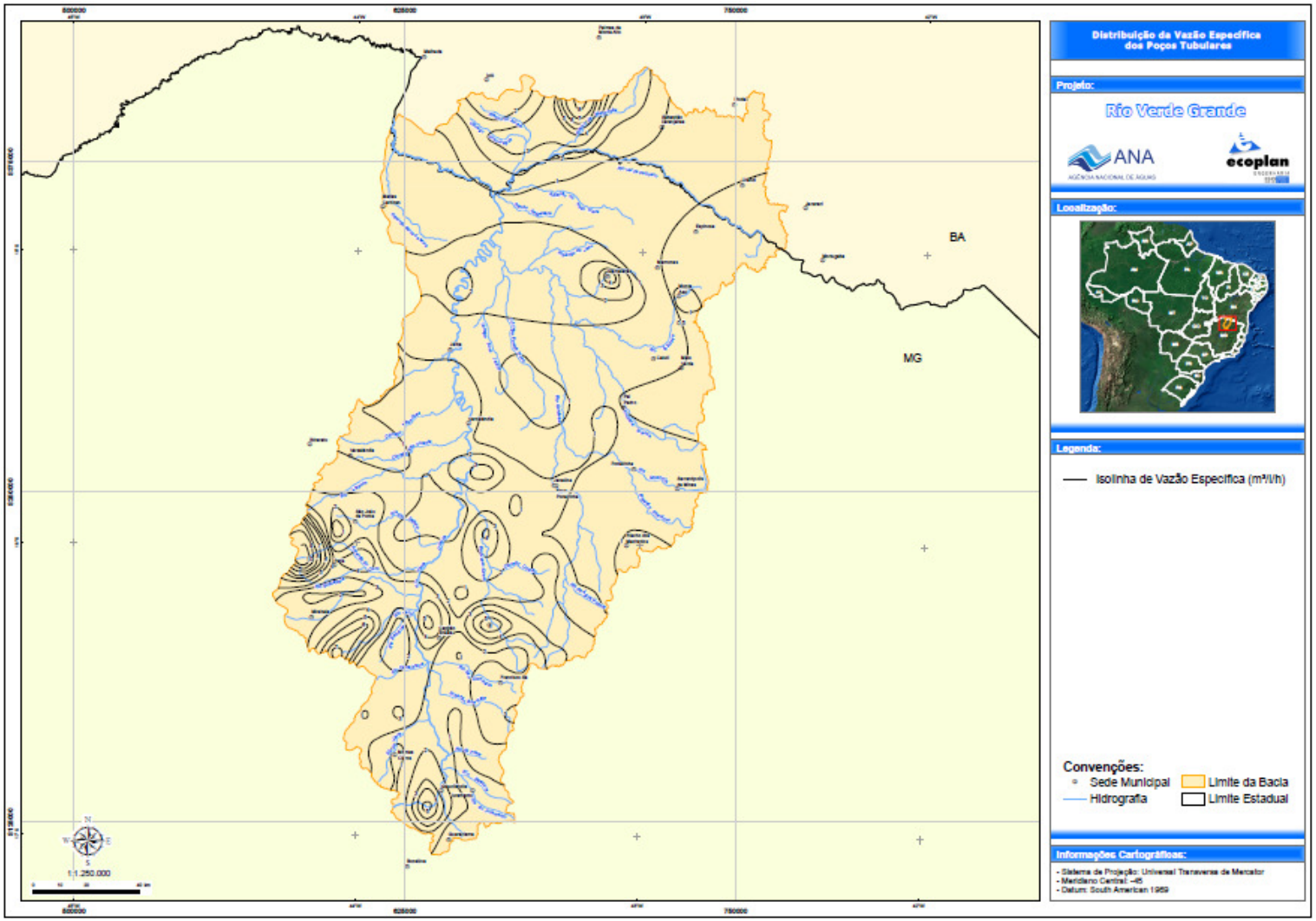


Figura 6.21 – Distribuição da vazão de produção dos poços inventariados.

Após esta análise e considerações os dados de vazão específica foram plotado em um mapa de tendência (Mapa 6.1). Neste mapa foram descartados os poços com vazão específica inferior a 0,01 m^3/h/m. Ainda, na elaboração do mapa, nas áreas onde ocorre um agrupamento de poços foi utilizado a vazão específica média. No traçado das zonas de igual valor da vazão específica foram utilizados os recursos de geoprocessamento do software Arc Gis 9.3, seguidos de um ajuste manual nas curvas para eliminar as grandes variações de vazão.



Mapa 6.1 – Distribuição da vazão específica dos poços tubulares.

O mapa destaca duas áreas de concentração de poços de maior produtividade ambas no domínio do sistema cárstico-fissurado. A primeira na porção sudoeste da bacia na região de Montes Claros – Mirabela e a segunda na parte norte da bacia no estado da Bahia. Nestas duas regiões os valores da vazão específica mostram superiores a 4 m^3/h/m demonstrando uma alta produtividade do sistema aquifero

Ao considerar a vazão específica por unidade aquífera, os resultados são mais significativos e reflete a produtividade do meio.

No sistema aquífero granular a análise só foi possível para os poços construídos no arenito Urucuia. Para os poços cadastrados nas aluviões e nas coberturas a análise traz um alto grau de incerteza, pois as profundidades indicadas para os poços são incompatíveis com os dados de espessura das camadas. Assim é de se esperar que, boa parte dos poços tubulares esta captando águas de mais de uma unidade aquifera. O Quadro apresentado a seguir mostra alguns dos parâmetros construtivos e hidrodinâmicos dos poços tubulares dessa unidade aqüífera.

Quadro 6.15 – Características dos poços tubulares no aquífero granular em arenitos

Nº Poços	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão Específica (m^3/h/m)		Vazão de Produção (m^3/h)	
				máxima	média	máxima	média
32	60 - 150	8 - 57	14 - 82	13,24	3,62	57,78	18,24

Os parâmetros hidrodinâmicos não constam do catálogo do SIAGAS/CPRM para os poços do aquífero em rochas areníticas. No estudo realizado pelo CETEC (1976) foi determinado um valor de transmissividade (T) para o aquífero do Cretáceo igual a 2,1 x 10^{-3} m^2/s ou 181,4 m^2/dia, porém este valor deve ser visto com ressalva, pois esse dado representa a unidade aquífera na região de Presidente Olegário (noroeste de Minas Gerais), onde a camada do arenito Urucuia é bem mais potente do que na bacia do rio Verde Grande.

O sistema aquífero instalado em rochas fissuradas cristalinas, ou seja, rochas granito-gnáissicas que se distribuem na porção oriental da bacia, mostra valores de capacidade específica de baixa a muito baixa. Ou seja, para um total de 302 poços com esse parâmetro o valor varia entre 0,001 e 5,05 m^3/h/m com a média em 0,47 m^3/h/m. O Quadro a seguir resume alguns dados hidrodinâmicos de poços construídos no domínio das rochas granito - gnáissicas.

Quadro 6.16 – Características dos poços tubulares em rochas cristalinas

Nº Poços	Vazão Específica (m^3/h/m)				Vazão de Produção (m^3/h)			
	máxima	média	mínima	moda	máxima	média	mínima	moda
302	5,05	0,47	0,001	0,02	41,08	6,37	0,04	1

Os números do quadro acima indicam uma baixa produtividade média dos poços em rochas cristalinas. Porém, a grande dispersão de dados representa não só a baixa favorabilidade do sistema aquífero, mais também à falta de critérios adequados nas fases de locação e de elaboração do projeto construtivo dos poços tubulares.

Os poços localizados nos sistemas aquíferos fissurados em rochas xistosas e quartzíticas mostram vazões específicas baixas a muito baixas. As rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço aparecem numa estreita faixa de direção norte sul na borda leste da bacia do rio Verde Grande, onde existem poucos poços tubulares apresentando vazão específica média de 0,42 m^3/h/m. Os dados dos poços localizados nas rochas xistosas do Grupo Macaúbas apresentam uma variação entre 0,02 e 1,0 m^3/h/m e a média de 0,34 m^3/h/m.

Na análise da produtividade dos poços no sistema aquífero cárstico – fissurado é importante ressaltar que estão agrupados os aquíferos em rochas carbonatadas e em rochas pelíticas carbonatadas. Os poços construídos nesta unidade aquífera apresentam vazões medidas após estabilização em testes de bombeamento de 24 horas, que variam 0,50 e 500 m^3/h, com média de 24,02 m^3/h. Para esse mesmo conjunto de poços a vazão específica varia entre 0,01 a 264 m^3/h/m, apresentando a média de 7,54 m^3/h/m e a moda de 3,02 m^3/h/m. A Figura apresentada a seguir mostra a distribuição da vazão específica no aquífero instalado no Grupo Bambuí.

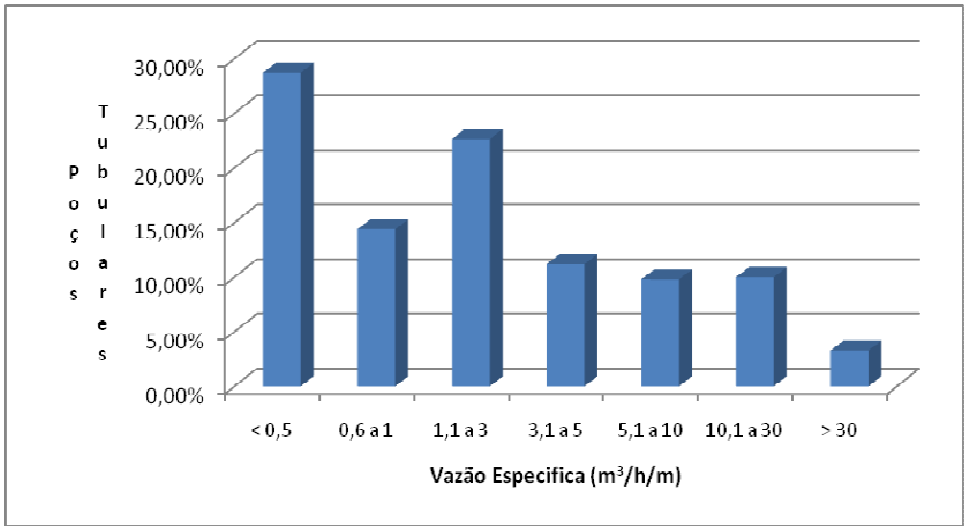


Figura 6.22 – Distribuição da vazão específica no aquífero cárstico – fissurado.

Em relação às características hidráulicas do sistema cárstico-fissurado, deve-se mencionar que não há dados de ensaios de bombeamento, com utilização de piezômetros ou poços de observação, que permitam a determinação dos parâmetros de transmissividade e porosidade efetiva ou coeficientes de armazenamento. Assim, para efeito de estimativa podem-se citar alguns dados que constam de trabalhos do CETEC na década de 80, especificamente o Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro (CETEC, 1981.) e o Projeto "Karst", realizado na região da Jaíba, que indicam para a transmissividade um valor médio de 406 m2/dia, com valores variando de 86 a 864m2 /dia, o que indica aquíferos de regulares a excelentes, com carstificacão bem desenvolvida. Os coeficientes de armazenamento ou a porosidade efetiva não são conhecidos, pela falta de testes de aquífero com utilização de poços de observação ou piezômetros.

Quando a análise individualiza os poços na unidade carbonatada do Grupo Bambuí os valores não sofrem grandes alterações, isso se deve ao fato de que existe um grande número de poços localizados nessa unidade. A Figura a seguir apresenta a distribuição dos valores de vazão específica no aquífero desenvolvido em rochas calcárias da Formação Lagoa do Jacaré. No gráfico observa-se que cerca de 50% dos poços mostram vazão acima de 3 m^3/h/m. Ainda, a amplitude na distribuição dos dados é bastante acentuada, essa dispersão dos dados, além de refletir a heterogeneidade do aquífero também pode indicar a falta de critérios adequados para a locação das captações, o que gera uma alta margem de poços com baixa produtividade.

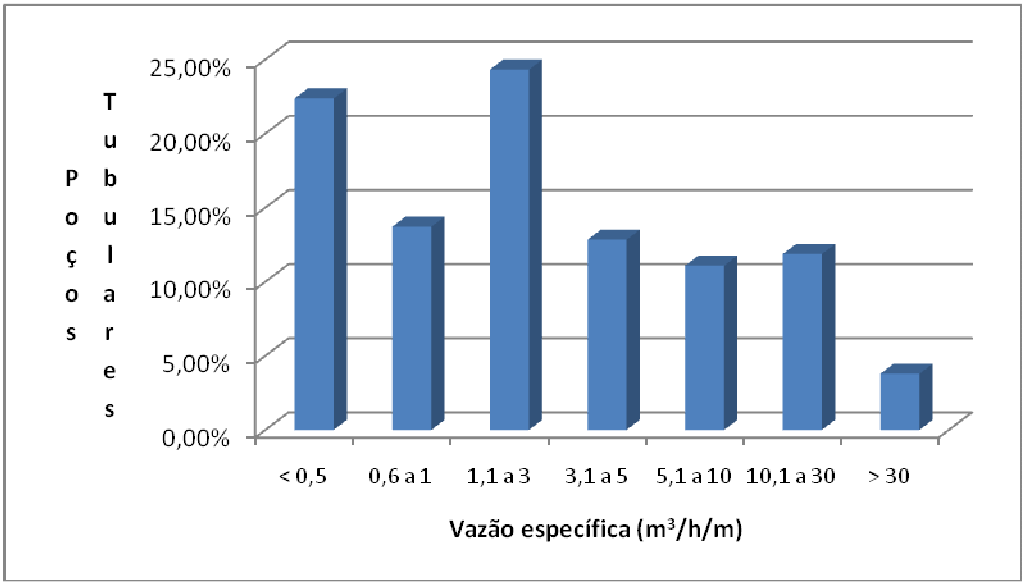


Figura 6.23 - Distribuição da vazão específica no aquífero cárstico

Para sintetizar os resultados das análises estatísticas dos dados de produtividade dos poços, seguem alguns comentários gerais sobre o tema:

- Os níveis estáticos dos poços, na bacia do rio Verde Grande, variam entre aflorantes e 96 metros, porém a grande maioria, cerca de 40%, apresenta profundidade menor do que 10 metros. Esse fato indica a preferência pela locação dos poços em áreas de depressão do relevo, ou seja, próximo a calha das drenagens.

- O nível dinâmico para o conjunto de poços varia entre 1,13 e 96 metros com a média ficando em 34m. Esse mesmo parâmetro particularizado para o aquífero cárstico varia entre 0,86 e 53 metros

- A produção dos poços, dada pela vazão de teste, pode ser considerada como alta, haja vista que 75 % dos poços apresentam vazão superior a 6 m^3/h/m e que em 52% dos poços com ensaio de bombeamento a vazão de produção é 10 m^3/h/m. Esses dados refletem uma alta produtividade tendo em vista que em mais de 50% dos poços o rebaixamento é inferior a 40 metros.

- Para o sistema fissurado em rochas cristalinas a capacidade de produção indica baixa potência, onde a vazão específica média é inferior a 0,5 m^3/h/m. Em poucas situações a produtividade atinge valores superiores 3,0 m^3/h/m. Esses dados mostram que esse sistema, mesmo com baixa produtividade, tem uma capacidade de abastecer pequenas concentrações populacionais.

Relação entre águas superficiais e subterrâneas

Para se definir a relação entre as águas superficiais e subterrâneas, é necessário primeiro, entender o que acontece na interface rio/aquífero. Na bacia do rio Verde Grande os cursos d'água recebem contribuição dos sistemas aquíferos.

Os aquíferos granulares são constituídos pelas aluviões, coberturas detrítico lateríticas e sedimentos cretáceos. As aluviões, que tem uma distribuição restrita ao longo das calhas do Verde Grande e seus afluentes, fazem uma conexão direta com a rede de drenagem superficial. Já as coberturas apresentam uma maior área de distribuição, aparecendo ao longo de toda a margem esquerda do rio Verde Grande e no extremo norte da bacia em terrenos do estado de Bahia. No entanto, devido a posição topográfica estas coberturas não estão em contato direto com os cursos de água. Com isso a contribuição deste sistema para rede de drenagem superficial ocorre indiretamente quando os aquíferos sotopostos alimentam a drenagem ou diretamente por meio de fontes de meia encosta, o que na região não é muito comum. Um comportamento semelhante a este deve ser estendido aos aquíferos instalados nos arenitos do Grupo Urucuia.

Os aquíferos fissurados, que apresentam a maior expressão territorial na bacia do rio Verde Grande, também não estão em conexão direta com a rede de drenagem, devido à topografia. Os pontos de descarga subterrânea

(surgências pontuais ou difusas) são situados em cotas mais elevadas em relação ao leito natural das drenagens e, praticamente não ocorrem situações de comunicação direta entre o rio e o aquífero. As descargas do aquífero para o rio são efetivas durante todo o ano.

A estimativa das contribuições dos sistemas aquíferos aos rios foi efetuada por meio da análise dos hidrogramas e determinação das curvas de esgotamento, cuja metodologia e resultados serão expostos nos capítulos seguintes.

Separação do escoamento superficial e subterrâneo

Os hidrogramas representam o escoamento total medido numa determinada estação fluviométrica. Com a decomposição do escoamento determinam-se os componentes do escoamento superficial, hipodérmico e subterrâneo que compõe escoamento total.

A separação das componentes, superficial e subterrâneo, do escoamento nem sempre é fácil de estabelecer. Existem alguns métodos empíricos e, mais recentemente, alguns softwares de simulação que fornecem valores aproximados que podem ser aplicados numa primeira estimativa. Neste trabalho, a decomposição do escoamento total foi feita pelo método de Barnes, descrito por Custódio e Llamas (1976). Nos hidrogramas, apresentados no Anexo, encontram-se configuradas as curvas que separam as componentes do escoamento total.

Nesta abordagem também foi considerado que em todo o ano hidrológico existe o escoamento subterrâneo mesmo no período de cheias. Esta consideração pode ser aplicada, visto que na maioria das situações as surgências estão localizadas acima da cota máxima do rio. Esta situação só não ocorre no aquífero aluvionar onde o fluxo subterrâneo no sentido aquífero/rio é interrompido no período de cheias devido à inversão do gradiente hidráulico.

Os hidrogramas foram elaborados com base em vazões superficiais médias diárias coletadas no sítio da Agência Nacional de Águas, diretamente do Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. No Quadro 6.17 é apresentada a relação das estações selecionadas nas unidades de análise, com algumas de suas características e na Figura a seguir apresenta-se a distribuição das estações na bacia.

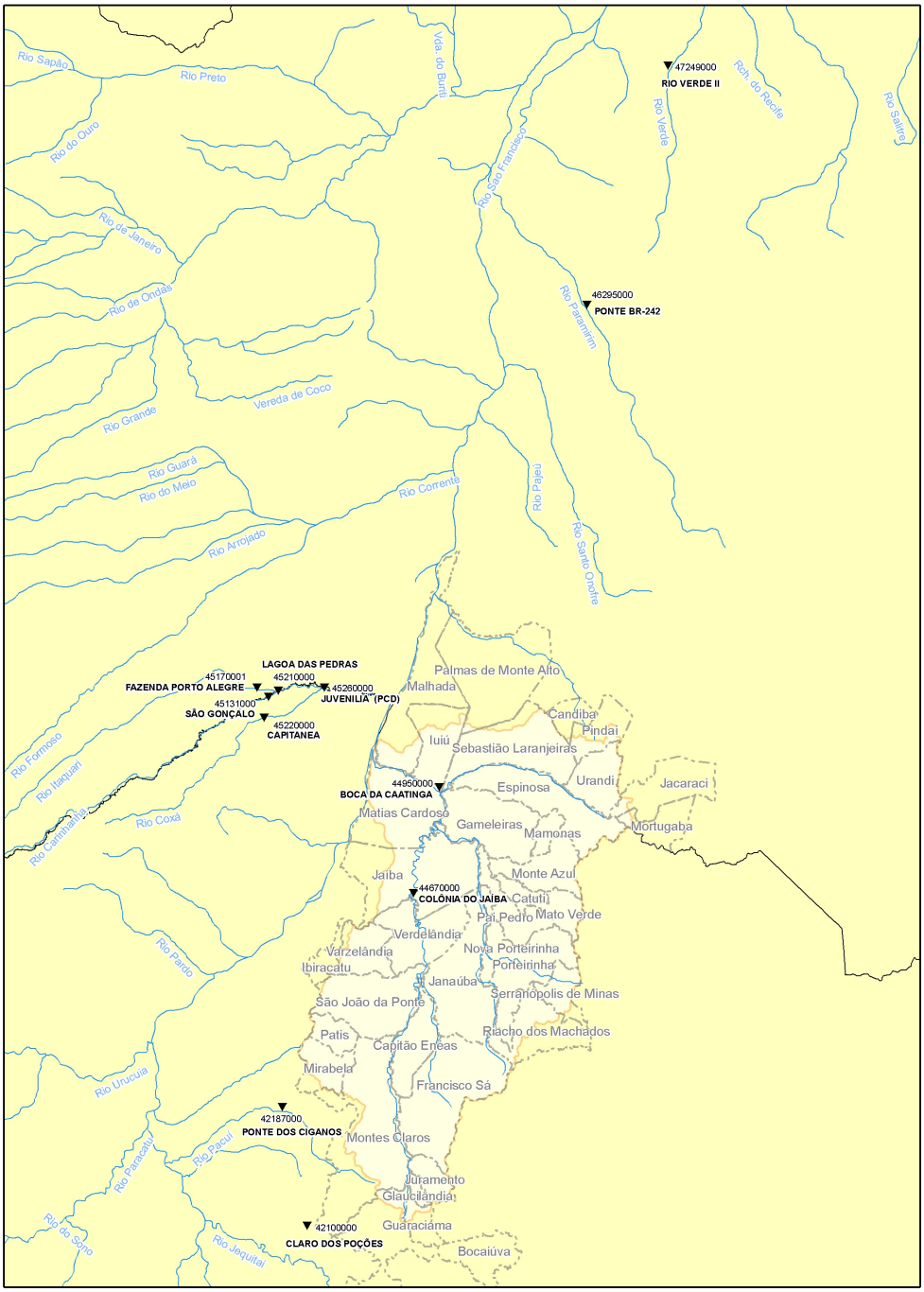


Figura 6.24 – Localização das Estações Fluviométricas.

Quadro 6.17 – Relação das Estações Fluviométricas.

Identificação	Nome	Rio	Coordenadas		Séries Utilizadas		
			Lat	Long			
44750000	Janaúba	Gorutuba	15°48'00"	43°19'00"	Out/ 72 a Set/73	Out/81a Set/82	
44950000	Boca da Caatinga	Verde Grande	14°46'58"	43°33'00"	Out/ 72 a Set/73	Out/74 a Set/75	
44670000	Colônia da Jaíba	Verde Grande	15°20'35"	43°40'32"	Out/ 72 a Set/73	Out/74 a Set/75	Out/2000 a Set 2001
44600000	Ponte da Rodagem	Verde Grande	16°46':00"	43°42'00"	Out/ 72 a Set/73	Out/74 a Set/75	
44630000	Capitão Enéas	Verde Grande	16°20'26"	43°46'59"	Out/87 a Set/88	Out/2000 a Set 2001	
44350000	Bom Jardim	Ribeirão do Ouro	16°06'31"	43°51'08"	Out/2000 a Set/2001		

Os hidrogramas foram elaborados considerando os períodos onde as informações estavam completas no banco de dados, em algumas estações foram elaborados para mais de um período com objetivo de mostrar as variações das vazões no ano. A plotagem da curva foi feita no ambiente do software "Excell" da Microsoft, usando a escala semi-logarítmica. A descarga total foi plotada, em m³/s, no eixo "Y", e o tempo, em dias, no eixo "X".

Coeficiente de Esgotamento

A forma gráfica dos hidrogramas permite visualizar nesta região os períodos de recessão e de recarga. Na bacia do rio Verde Grande a recarga ocorre de setembro de um ano a abril do ano seguinte, enquanto que de abril a setembro de um mesmo ano ocorre o período de águas baixas, onde toda a água que circula pela rede de drenagem é produto da contribuição dos sistemas aquíferos a elas direta ou indiretamente associados. A porção da curva referente ao período seco representa a curva de esgotamento ou de depleção do aquífero. Com base nesta porção da curva foi calculado o coeficiente de esgotamento ou de recessão com base na equação de Maillet, que pode ser representada por uma função exponencial decrescente (CASTANY, 1971):

A equação de Maillet se escreve

$$Q_t = Q_o \cdot e^{-\sigma t}$$

em que

Q_t = vazão em um instante qualquer do esgotamento, em m^3 / s;

Q_o = vazão do inicio do esgotamente, em m^3/s;

α = coeficiente de esgotamento do aquífero;

t = período desde o inicio do esgotamento ate o tempo t, em dias; e

e = 2,71828.

Desenvolvendo a equação tem-se que:

$$\log Q_t = \log Q_o - (\alpha \log e)\, t;$$

Como log e é igual a 0,4343, a expressão do coeficiente de esgotamento fica reduzida à equação:

$$\alpha = (\log Qo - \log Q_t)/ 0{,}4343\, t$$

A aplicação da resolução feita por Maillet apresenta algumas premissas para utilização que se encaixa na situação da hidrogeologia de quase toda a bacia do rio Verde Grande, ou seja, a equação do coeficiente esgotamento bem se

aplica para aquíferos em rochas pouco permeáveis. Os valores encontrados para os coeficientes de esgotamento encontram-se no Quadro 6.18

Da resolução da equação, observa-se que o coeficiente de esgotamento (σ) é fortemente influenciado pelas características dimensionais e hidrodinâmicas (porosidade eficaz e coeficiente de permeabilidade de Darcy) do(s) aquífero (s) relacionado(s) a cada unidade.

Dessa maneira, as áreas de maior capacidade de armazenamento terão coeficiente de esgotamento mais baixo, e por conseqüência, mais altos serão os valores dos parâmetros dimensionais e hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos. Acrescente-se, ainda, que esses parâmetros podem apresentar alguma variação em função das condições iniciais da superfície piezométrica e das variações na distribuição e quantidade das precipitações no período. Assim, é de se esperar que os aquíferos granulares, que apresentam permeabilidade elevada em bacias de conformação estrutural favorável à restituição de água aos rios, apresentem valores para o coeficiente de esgotamento menor do que aqueles encontrados em regiões de rocha fraturada. Isso porque se pressupõe uma maior homogeneidade para os aquíferos granulares.

Porém, ao analisar os valores do coeficiente de esgotamento calculados para as diversas unidades do rio Verde Grande, este raciocínio nem sempre se verifica. Esta discrepância deve estar associada à má distribuição das estações fluviométricas e a inconsistência dos dados observados em algumas das séries utilizadas.

Diante dos valores determinados para o coeficiente de esgotamento (α) é possível elaborar algumas conclusões:

- Os valores determinados para o coeficiente de esgotamento de forma geral são todos baixos, o que indica uma alta capacidade de infiltração e armazenamento dos sistemas aquiferos da bacia. Esta observação ficou evidenciada tanto nos hidrogramas traçados para a estação fluviométrica de Boca da Caatinga, que representa o trecho mais extenso da Bacia (30.474 km^2) como em Ponte da Rodagem (720 km^2). Os valores determinados para o período 74/75, nas estações citadas, são 0,050 e 0,0028, e representam os efeitos de uma contribuição de aquiferos granulares (coberturas terceárias-quaternárias e cretáceas) nas áreas de recarga. Valores semelhantes ou menores aos encontrados estão citados pelo CETEC (1981) para os rios Paracatu e Prata, que também apresentam aquiferos granulares a montante das estações fluviométricas consideradas.

- A estação de Colônia da Jaíba, localizada a montante da foz do rio Gorutuba, é influenciada pelas unidades aquíferas em rochas carbonatadas e pelos aquíferos cretáceos, mostra valores do coeficiente de esgotamento em torno de 0,0028 para o período 74/75.

Quadro 6.18 – Características hidrogeológicas da Bacia do rio Verde Grande.

Nome da Estação	*Rid*	Município	ÁREA DE DRENAGEM Km^2	Período	COEFICIENTE DE ESGOTAMENTO α
Janaúba	*Gorutuba*	*Janaúba*	1.661	Out 72 – Set 73 Out 81 – Set 82	0,0069 0,0010
Boca da Caatinga	*Verde Grande*	*Matias Cardoso*	30.474	Out 72 – Set 73 Out 74 – Set 75	0,0049 0,0050
Colônia da Jaíba	*Verde Grande*	*Jaíba*	12.401	Out 72 – Set 73 Out 74 – Set 75 Out 00 – Set01	0,0075 0,0028 0,0071
Ponte da Rodagem	*Verde Grande*	Montes Claros	720	Out 72 – Set 73 Out 74 – Set 75	0,0066 0,0076
Capitão Enéas	*Verde Grande*	Capitão Enéas	900	Out 00 – Set 01	0,0061
Bom Jardim	*Ribeirão do Ouro*	*São João da Ponte*	876	Out 00 – Set 01	0,0080

- A estação fluviométrica Bom Jardim localizada na porção oeste da bacia, no domínio do Grupo Bambuí, recebe contribuição do sistema aquífero cárstico fissurado, numa área onde predominam os termos pelíticos, assim, o valor do coeficiente de esgotamento da ordem 0,0080 indica que os aquíferos da área referenciada apresentam uma baixa capacidade de armazenamento

- Para as estações do rio Gorutuba, em Janaúba os valores determinados para o coeficiente de esgotamento são 0,0069 e 0,0010 para os períodos 72/73 e 81/82 respectivamente, certamente está influenciado pela qualidade das informações fluviométricas, portanto deve ser desconsiderado. Neste caso o valor 0,0069 é típico de um sistema aquífero em rochas xistosas e quartzíticas com baixa capacidade de infiltração e armazenamento.

- No geral valores dos coeficientes de esgotamento na bacia do rio Verde Grande são baixos, indicando uma alta capacidade de armazenamento dos sistemas aquíferos. Entretanto, as características da bacia onde predominam aquíferos fissurados não justificam essa situação. Neste caso, o que pode justificar a alta capacidade de armazenamento de águas subterrâneas é a presença dos aquíferos granulares e, principalmente, os aquíferos cárstico que contribuem para aumentar a capacidade de armazenamento e infiltração das águas subterrâneas na região.

Capacidade de Armazenamento Subterrâneo

A capacidade de armazenamento subterrâneo (V_0) de uma bacia é equivalente às suas reservas reguladoras e, segundo Castany (1975), corresponde ao volume de água livre armazenado em uma seção do aquífero, limitada por dois níveis piezométricos extremos, mínimo e máximo, ao longo de um período considerado. Essa conceituação considera que, nos sistemas aluviais as principais áreas de descarga se situam em cotas próximas ao nível de base.

Por outro lado, nos demais sistemas aquíferos as áreas de descarga estão situadas em cotas superiores aos rios e o escoamento não é influenciado pela altura dos níveis d'água e ocorre durante todo o ano hidrológico. Nesse caso, o quantitativo do escoamento subterrâneo total, aqui denominado de deflúvio subterrâneo, aproxima-se das reservas reguladoras.

A determinação da capacidade de armazenamento (reservas reguladoras) foi calculada com base no estudo das curvas de esgotamento, segundo a equação de Maillet (CASTANY, 1971), que pode ser expressa da seguinte forma:

$$V_0 = 86.400\ (Q_0/\alpha)$$

sendo:

V_0 = capacidade de armazenamento, em m^3;

Q_0 = Vazão do rio no início do esgotamento em m^3/dia; e

α = coeficiente de esgotamento.

A capacidade de armazenamento (V_0) estima o volume de água subterrânea armazenado no instante t_o, acima do nível de base, ou seja, a reserva renovável.

No Quadro a seguir estão discriminados os valores calculados para capacidade de armazenamento (V_0) do coeficiente de esgotamento (α) e as áreas de drenagens das unidades de análise consideradas nos 11 hidrogramas analisados. Os escoamentos subterrâneos específicos referem-se ao volume anual de contribuição de água subterrânea ao fluxo de base dos rios, relacionado com a respectiva área de drenagem da bacia considerada, expresso em L/s.km^2. Nesse quadro apresenta-se também o percentual da parcela de contribuição de água subterrânea em relação ao escoamento total, medido nas respectivas estações fluviométricas.

Com os dados de deflúvios (superficial e subterrâneo) e da descarga subterrânea unitária, mostrados no Quadro 6.19 é possível analisar o comportamento hidrogeológico da bacia. O percentual do deflúvio subterrâneo em relação ao deflúvio total possibilita tecer os seguintes comentários:

- Considerando o período de 74/75, observa-se que o percentual que é de 12 % em Ponte da Rodagem, passa a 37,28% em Colônia da Jaíba, e cai para 26,58% em Boca da Caatinga. Isso vem confirmar a maior capacidade de restituição do trecho drenado pela estação Colônia da Jaíba em relação à Boca da Caatinga.

- Os percentuais do escoamento subterrâneo em relação ao superficial na estação de Janaúba (13,26% e 26,80%), referentes aos períodos 72/73 e 74/75, respectivamente, são moderadamente elevados, tendo em vista que o sistema aquífero é fissurado. Neste caso é possível inferir que os aquíferos instalados nos quartzitos podem oferecer uma boa favorabilidade à infiltração e armazenamento das águas subterrâneas.

- A descarga subterrânea específica, em l/s/km^2, que representa um índice médio de produtividade de água subterrânea, apresenta valores muito baixos, em toda a bacia, atingido o máximo de 1,00 l/s/km^2. Estes números são inferiores aos encontrados no rio Jequitinhonha, que variam entre 1,6 e 8,4 l/s/km^2. Ainda deve-se considerar que na bacia do rio Jequitinhonha o sistema aquífero fissurado é menos produtivo do que os aqüíferos fissurados que ocorrem na bacia do rio Verde Grande. (CETEC 1982).

- Ainda, na análise da capacidade de armazenamento é importante citar uma conclusão que aparece nos trabalhos CETEC (1982 e 1996) e Silva (1984) confirmada neste trabalho, indicando que os recursos hídricos explotáveis

da bacia do rio Verde Grande são relativamente reduzidos. A distribuição destes recursos está concentrada no trecho a montante da estação fluviométrica Colônia da Jaíba. Ou seja, os dados hidrológicos não indicam nenhum incremento de vazão no trecho entre este posto e o de Boca da Caatinga, reafirmando a possibilidade de ocorrerem perdas do rio para o aquífero, neste trecho.

Quadro 6.19 – Deflúvios, Coeficiente de Esgotamento e Capacidade de Armazenamento.

Estação	Área de Drenagem	Período	*Deflúvios*					Coeficiente de Esgotamento	Capacidade de Armazenamento V_0
			Total (m^3/ano)	Subterrâneo (m^3/ano)	Superficial (m^3/ano)	Subterrâneo/ Total %	Subterrâneo Especifico L/s/Km^2	α (dia $^{-1}$)	(m^3)
Janaúba	1.661	Out 72 – Set 73	*1,77 x 10^8*	*2,35x10^7*	*1,535 x 10^8*	*13,28*	*0,45*	0,0069	1,50 x 10^7
		Out 81 – Set 82	2,00 x 10^8	*5,36 x10^7*	1,464 x 10^8	26,80	1,02	0,0010	1,73 x 10^8
Boca da Caatinga	30.474	Out 72 – Set 73	*9,2 x 10^8*	*2,5 x 10^8*	*6,70 x 10^8*	*27,17*	*0,26*	0,0049	1,04 x 10^8
		Out 74 – Set 75	5,78 x 10^8	1,71 x 10^8	4,07 x 10^8	29,58	0,18	0,0050	7,66 x 10^7
Colônia da Jaíba	12.401	Out 72 – Set 73	*5,97x 10^8*	*1,37 x 10^8*	*4,42 x 10^8*	*22,95*	*0,35*	0,0075	9,80 x 10^7
		Out 74 – Set 75	3,03 x 10^8	1,13 x 10^8	1,90 x 10^8	37,28	0,29	0,0028	1,02 x 10^8
		Out 00 – Set 01	2,39 x 10^8	3,39 x 10^7	2,05 x 10^8	16,32	0,09	0,0071	4,93 x 10^6
Ponte da Rodagem	720	Out 72 – Set 73	*1,042 x 10^8*	*1,26 x10^7*	*9,16 x 10^7*	*12,09*	0,55	0,0066	9,92 x 10^6
		Out 74 – Set 75	6,01 x 10^7	7,98 x 10^6	1,5 x 10^7	11,86	0,35	0,0031	8,99 x 10^6
Capitão Enéas	900	Out 00 – Set 01	1,11 x 10^8	*1,99 x 10^7*	1,98 x 10^7	*17.93*	0,70	0,0061	3,85 x 10^6
Bom Jardim	876	Out 00 – Set 01	2,55 x 10^7	*1,00 x 10^7*	*8,40 x 10^7*	*39,22*	*0,36*	0,0080	5,57 x 10^6

Reservas reguladoras e recursos explotáveis

A determinação e estimativa das reservas e recursos explotáveis das águas subterrâneas é um dos conceitos mais controvertidos entre os hidrogeólogos, principalmente quando se associa reservas explotáveis à potencialidade e disponibilidade, devido à imprecisão das definições e à complexidade e dificuldade de identificar os diferentes aspectos envolvidos com a situação real (CUSTÓDIO E LLAMAS, 1976). Assim, é importante apresentar alguns conceitos específicos utilizados.

Reservas reguladora: representam a quantidade de água livre armazenada no aquífero ao longo de um período de recarga natural. Corresponde ao volume de realimentação anula ou estacional.

Reserva permanente: corresponde a quantidade de água da parte saturada do aquífero localiza-se abaixo da zona de flutuação anual ou estacional.

Reserva explotável ou recurso explotável: constituem a quantidade de água que pode ser economicamente utilizável sem provocar exaustão ou degradação do aquifero. Esses recursos variam no espaço e no tempo em função das condições hidrogeológicas, da recarga, do regime de fluxo, e da concepção e dos equipamentos de explotação, entre outros fatores.

Segundo Meinzer (1920) citado por Costa (1997) a vazão explotável é "*aquela vazão de extração do aquífero que pode manter-se permanentemente, proporcionando água apta para o consumo humano".*

Custódio e Llamas (1983) citando Young (1970) e Wisscher (1968) lista alguns efeitos indesejáveis que a superexplotação de um sistema aquífero que pode deflagrar:

- incremento da recarga em prejuízo aos recursos hídricos superficiais;
- rebaixamento excessivo do nível potenciométrico do aquífero aumentando o custo de bombeamento;
- facilitação da entrada no sistema de água de qualidade indesejável;
- o conflito pela águas quando afetado os direitos de outros usuários em decorrência de esgotamento ou redução sensível da descarga de base dos rios ou de poços pré-existentes; e
- a subsidência do terreno com efeitos adversos a obras de infra-estruturas quando existentes.

Numa visão mais simplificada, em vários projetos de planejamento regional, as reservas reguladoras de uma bacia hidrográfica são calculadas nas estações

fluviométricas, tendo pouca importância distinguir a origem superficial ou subterrânea das águas.

A questão é complexa e envolve uma variedade muito grande de condições hidrogeológicas relacionadas à geometria dos sistemas, níveis piezométricos, características hidráulicas e relações entre as águas superficiais e subterrâneas. Algumas destas questões estão citadas no Plano Diretor das Bacias do Leste como:

- as condições e variações dos níveis piezométricos entre sistemas aquíferos podem alterar substancialmente as condições de recarga e alimentação entre sistemas;

- em aquíferos submetidos à explotação, as reservas se modificam, assim como sua distribuição entre reguladoras e seculares;

- a explotação, ao causar rebaixamento, também pode diminuir as perdas por evapotranspiração em áreas com níveis d'água mais próximos à superfície;

- a explotação pode ensejar também um aumento da renovação do aquífero em áreas onde os níveis de saturação já não propiciam infiltração (fenômeno de recarga rejeitada); e

- por fim, como as reservas reguladoras anuais mostram em geral grande variação em função de anos secos e úmidos, admite-se que parte das reservas permanentes pode ser explotada em anos críticos, no pressuposto que serão repostas em anos úmidos. Acrescente-se também a grande capacidade de regularização dos mananciais subterrâneos e sua grande dispersão espacial quando comparado às disponibilidades nas calhas fluviais.

No caso específico da bacia do rio Verde Grande, o capitulo 6.1.1. já abordou o tema potencialidade e disponibilidade hídrica subterrânea, relacionando estes conceitos com da análise capacidade de produção dos poços que, expressa a tendência espacial de distribuição da vazão específica e, conseqüentemente aponta as áreas de maior produtividade e favorabilidade para a explotação dos recursos hídricos subterrâneos.

No que se refere a capacidade de armazenamento sua determinação foi pela análise do fluxo de base nos hidrogramas e que possibilita estimar as reservas reguladoras e os recursos explotáveis da bacia.

Diante destas considerações, no âmbito da bacia do rio Verde Grande as reservas reguladoras estimadas em termos médios de longo período através da separação da componente subterrânea em hidrogramas de estações fluviométricas, são da ordem de 384 x 10^6 m^3/ano; montante correspondente ao somatório dos deflúvios

subterrâneos calculados para cada uma das sub-bacias. Esse valor corresponde a cerca de 30 % do escoamento total, da ordem de 1.540 x 10^6 m^3/ano. Considerando que as estações fluviométricas estão representando 47.032 km^2, o deflúvio subterrâneo específico médio é da ordem de 0,30 L/s.km^2.

Para a definição dos recursos subterrâneos explotáveis é necessário estabelecer alguns critérios, para definir qual o percentual das reservas renováveis poderá ser utilizado sem prejuízo, à manutenção de uma vazão no escoamento superficial. Esse tema mesmo não havendo um consenso entre os técnicos da área, admite-se que a sua definição esta relacionada com a disponibilidade hídrica superficial, a descarga mínima estabelecida para os cursos de água, e outros aspectos como: de uso e ocupação do solo, econômicos, relevo, geotécnicos e hidrometereológicos.

Com isso num plano de gestão de recursos hídricos pode-se admitir um aproveitamento diferenciado das reservas explotáveis ao longo do tempo, permitindo em anos mais secos, a explotação de águas subterrâneas alcance níveis próximo ao total calculado para as reserva reguladoras, para isso é deve-se admitir que nos períodos chuvosos seguintes ocorra a recuperação das reservas reguladoras.

Diante destas considerações, nesse relatório optou-se por considerar como recursos explotáveis o volume correspondente a 35% das reservas reguladoras, com isso fica então assegurada a manutenção de um fluxo de base de 65 % da vazão reguladora. Esse valor é menor do que o proposto por Silva (1984) e fica no intervalo entre 25% e 50%, definido por Rebouças 1992 (in Bertol 2007).

Portanto, os cálculos das vazões explotáveis são:

a) reservas explotáveis com base na capacidade de armazenamento V_0:

241 x 10^6 m^3/ano X 35% = 843 x 10^5 m^3/ano

b) reservas explotáveis com base nas reservas reguladoras:

384 x 10^8 m^3/ano x 35% = 134 x 10^8 m^3/ano

Finalmente, é importante observar que observar que os valores calculados para os recursos hídricos subterrâneos explotáveis, tomando por base as reservas reguladoras encontram uma boa consistência quando comparada com a pluviometria.

Os dados de pluviometria na bacia do rio Verde Grande, segundo CETEC 1992, indicam uma precipitação anual variando entre 700 e 1200 mm. Já o IGAM/MG apresenta dados de pluviometria representativos do período 1961 a 1990. Esse estudo indica para a Bacia do rio Verde Grande que as precipitações estão concentradas nos meses de outubro a março. Neste período observa-se que na parte sul da bacia, onde estão localizadas as cabeceiras das drenagens, as

chuvas são mais significativas variando entre 1.000 e 1.100 mm, enquanto que na parte centro norte da bacia a pluviometria é menor ficando entre 900 – 1.000 mm.

Outra observação importante que aborda a pluviometria da região está na nota técnica "Disponibilidade Hídrica no rio Verde Grande" - esse trabalho buscou identificar o comportamento da pluviometria regional partindo da análise de 74 estações pluviométricas na bacia e seu entorno, concluindo que os dados não apontam para uma tendência de redução significativa da precipitação na região.

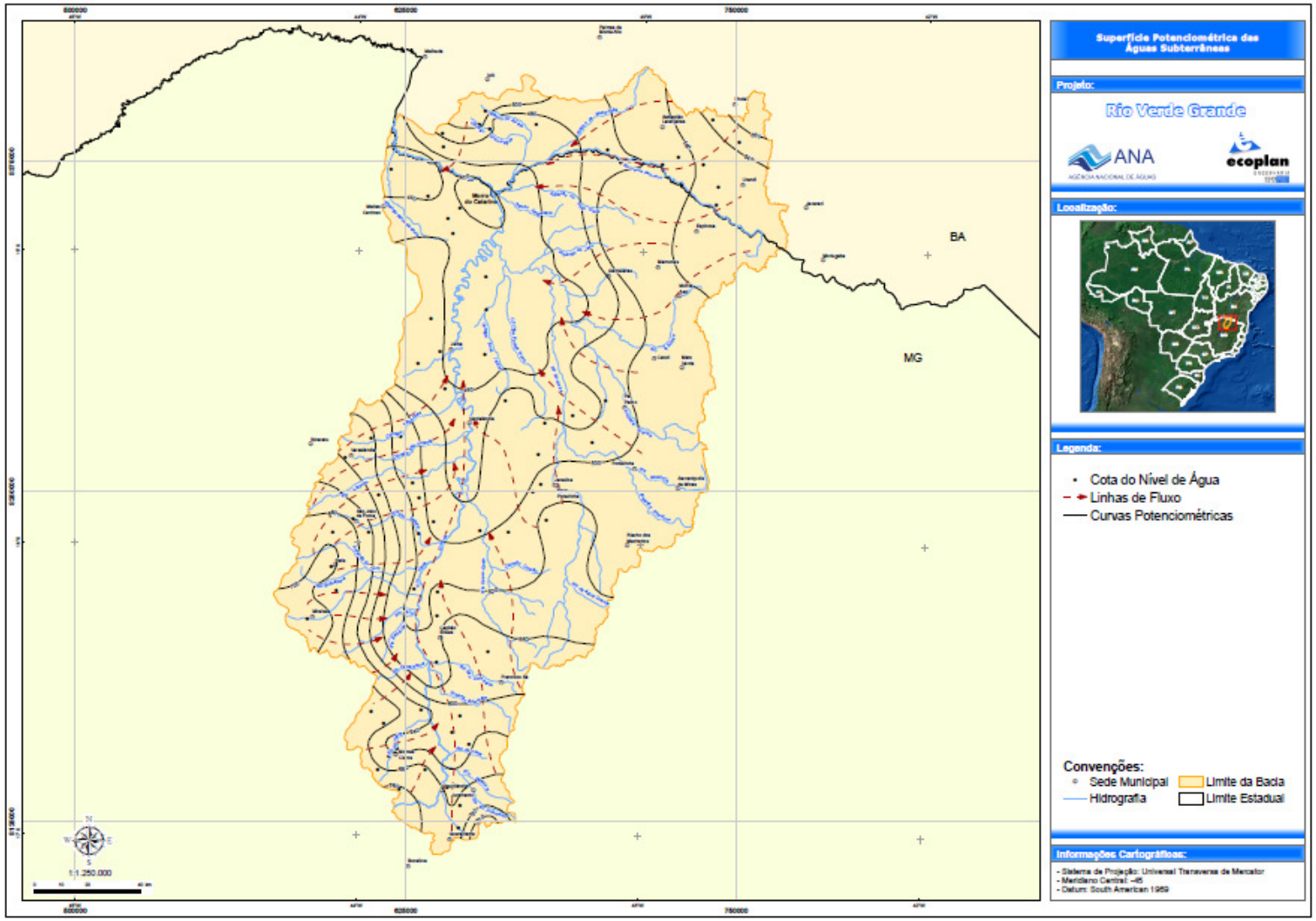
Potenciometria da Área

O mapa com a indicação das curvas potenciométricas, Mapa 6.2, foi elaborado com base nos dados coletados pelo CETEC (1996) e complementados com dados de Silva (1981) e Velásquez et al (2009). Nestes trabalhos o nível d'água foi determinado com o poço em repouso após recuperação e a cota está referenciada ao nível do mar.

No geral, o mapa apresentado tem um caráter indicativo mostrando os sentidos do fluxo subterrâneo regional, entretanto não deve ser utilizado para determinar a profundidade do nível d'água de um poço, pois a escala 1:500.000 não permite inferir dados para uma escala de detalhe. Ainda, em algumas áreas foram utilizados dados de anos diferentes devido a falta de informações, que não representa um erro considerando a pequena escala do mapa.

Na bacia do rio Verde Grande as curvas potenciométricas mostram que as áreas de recarga estão, quase sempre, associadas aos altos topográficos onde estão as nascentes dos rios, ou seja, vem coincidir com os divisores das águas superficiais da bacia. Também, as direções de fluxo convergem para as principais linhas de drenagem dos rios: Verde Grande, Gorutuba e Verde Pequeno.

Analisando a relação rio Verde Grande – aquífero, o mapa potenciométrico mostra que a montante da cidade da Jaíba todas as linhas de fluxo convergem para a calha da drenagem, mostrando que o sistema aquífero esta alimentando o rio. A jusante da Jaíba aparece uma grande área onde os níveis potenciométricos são homogêneos e aparentemente as direções de fluxo não estão claramente na direção da calha do Verde Grande, neste trecho Silva (1984) interpreta que o rio é influente, ou seja, perde água para o aquífero. Este dado tem outro indicativo ao constatar que o rio verde Grande diminui a sua vazão, chegando a secar, em alguns períodos no distrito de Gado bravo. Na porção norte da bacia, no Estado da Bahia, o comportamento das linhas de fluxo indica que o aquífero é influente em todo o trecho.



Mapa 6.2 – Superfície Potenciométrica das Águas Subterrâneas.

O mapa com as superfícies potenciométricas mostra os seguintes zoneamentos:

- Na porção sul e sudeste da bacia as linhas potenciométricas mostram os maiores gradientes hidráulicos. Esta área estende-se pela margem esquerda do rio Verde Grande desde o município de Varzelândia até atingir a margem direita, no município de Juramento. O gradiente hidráulico varia entre 4 a 7 m/km, sendo que os maiores declives do lençol freático ocorrem na região de Nova Esperança com 8 m/km. Quando comparados os mapas de potenciometria, sistema aquífero e de vazão específica observa-se que esta região é onde o aquifero cárstico ocorre de forma mais expressiva e os altos gradientes hidráulicos indicam maiores transmissividade. Estes dois fatores estão refletidos no mapa de vazões específicas, mostrando uma área de excelente produtividade dos poços tubulares.

- Na porção centro – norte da bacia, em particular na margem direita do rio Verde Grande desde a confluência do ribeirão Ouro até a foz do São Francisco, abrangendo toda a sub-bacia do rio Gorutuba aparece uma área onde os gradientes hidráulicos são baixos variando entre 0,5 e 2 m/km. Nas proximidades da confluência do rio Gorutuba com rio Verde Grande, próximo ao distrito de Gado Bravo, as curvas potenciométricas mostram um formato que sugere uma mudança na direção do fluxo para o rio São Francisco. Nesta área o morro Catarino e adjacências configuram um alto potencimétrico, portanto uma área de recarga.

- Uma terceira zona considerada apresenta gradientes com valores entre 2 e 3 m/km. Esta zona está localizada na porção norte-nordeste da bacia, abrangendo a margem e esquerda do rio Verde Grande e alto curso do rio Verde Pequeno, em terrenos dos municípios de Monte Azul, Gameleiras e Mamona em Minas Gerais, até Sebastião Laranjeiras e Urandi no estado da Bahia. Esta área fica no domínio dos sistemas aquíferos fissurados em rochas, xistosas, quartzíticas e granito-gnáissicas. Esses aquiferos apresentam uma baixa favorabilidade hidrogeológica com uma vazão específica inferior a 1m^3/h/m.

Modelo Hidrogeológico Regional

O modelo hidrogeológico conceitual elaborado para a bacia hidrográfica do rio Verde Grande teve por base a análise dos dados geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos levantados na compilação bibliográfica.

Mesmo considerando a dificuldade de montar um modelo hidrogeológico que represente a bacia como um todo, optou-se por definir um modelo regional com base em alguns elementos hidrogeológicos que se aplicam a área total da bacia. Certamente, para se detalhar o plano de aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos será necessário evoluir no conhecimento hidrogeológico para tratar as particularidades da bacia e definir com mais precisão um modelo para a exploração racional dos recursos hídricos subterrâneos.

Com essas considerações, o modelo hidrogeológico regional para a bacia do rio Verde Grande é caracterizado pelos seguintes aspectos:

Faixa Leste – Esta faixa se estende de forma continua na direção norte – sul, onde domina o sistema aquífero fissurado instalados em rochas quartzíticas, xistosas e cristalinas. Neste tipo de aquífero a circulação de águas subterrâneas esta condicionada a uma porosidade secundária o que gera aquíferos descontínuos, aleatórios de baixa favorabilidade hidrogeológica.

No extremo leste da bacia, o sistema fissurado está instalado em rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço. Os sistemas em rochas xistosas podem ser encontrados em duas áreas distintas, uma na porção norte da bacia, no trecho do médio-alto rio Verde Pequeno e, uma pequena ocorrência a leste de Espinosa, no divisor de águas das bacias dos rios Verde Pequeno e Pardo. A segunda ocorrência do meio fissurado em xisto localiza-se na região sul da bacia, no entorno da cidade de Janaúba. Os aquíferos em rochas cristalinas (gnaisses e granitos diversos) ocorrem numa extensa faixa N-S, com cerca de 220 km de comprimento e largura média de 20 km, englobando os municípios de Riacho dos Machados, Porteirinha, Mato Verde, Monte Azul, Espinosa e Urandi.

Esse sistema aquífero tem a sua recarga pela infiltração das águas de chuva que a alimentam o lençol freático das coberturas detríticas ou do manto de alteração e infiltra no sistema de fraturas ou mais raramente pelos sistemas de fraturas que controlam a drenagem superficial. As áreas de descargas estão localizadas em fundos de vales, geralmente mascaradas pelos depósitos aluviais. Excetuando-se os aquíferos associados aos quartzitos da Serra do Espinhaço sobre os quais não existem informações na bacia, os demais têm em geral pequeno potencial hidrogeológico.

Faixas Central e Oeste - Domínio dos sistemas aquíferos cárstico-fissurados, constituem zonas de maior potencial hidrogeológico da bacia do rio Verde Grande, onde a circulação e o armazenamento da água subterrânea estão condicionadas pelas descontinuidades estruturais e pelas porosidades geradas no processo de dissolução das rochas carbonáticas. Neste domínio, distinguem-se duas zonas com condições bem diferenciadas quanto ao modelo hidrogeológico: a zona sul, a montante de Verdelândia, e a zona centro norte, a jusante de Verdelândia passando pela Jaíba até a confluência com o rio São Francisco.

Na área a montante de Verdelândia observa-se depósitos de coberturas e arenitos do Grupo Urucuia capeando o sistema cárstico fissurado. Esta posição do sistema granular assume um papel importante na alimentação do aquífero cárstico fissurado uma vez que apresenta alta permeabilidade por onde as águas de chuva infiltram a chegam até o aquífero sotoposto. As áreas de recarga estão associadas aos altos topográficos onde as formações superficiais (Latossolos e areias quartzosas) muito permeáveis, e o relevo plano favorecem de infiltração. A descarga desta área fica localizada ao longo da rede de drenagem restituindo a água que irá manter a vazão do rio no período seco.

Na zona a jusante de Verdelândia que se estende até o rio São Francisco, o relevo caracteriza-se por uma superfície peneplanizada. Nesta área as coberturas ou o próprio manto de alteração das rochas pelíticas são argilosos, formando uma barreira que reduz significativamente a infiltração e recarga do aquifero fissurado. Com isso, a recarga fica limitada às áreas onde ocorrem fraturas e dolinas não colmatadas. Nesse trecho a contribuição das águas subterrâneas com o escoamento superficial reduz significativamente, em relação ao trecho a montante de Verdelândia, devido, a baixa permeabilidade da cobertura e dos baixos gradientes hidráulicos.

Neste trecho da bacia é possível formalizar duas hipóteses para explicar o comportamento do regime hídrico superficial e subterrâneo: primeiro o rio perde água para o aquífero, em determinados locais, devido aos níveis de água excessivamente deprimidos durante a ocorrência de períodos secos prolongados ou, conforme sugere Silva (1984) pode ocorrer uma direção do fluxo subterrâneo no sentido do rio São Francisco. Entretanto, nenhuma das duas hipóteses está comprovada e merecem uma investigação para evoluir no conhecimento da circulação e armazenamento das águas subterrâneas na bacia do rio Verde Grande.

Nesse ponto vale comentar alguns dados do tempo de residência ou renovação das águas subterrânea na região de Verdelândia e Jaíba, apresentado por Velásquez et al (2009), Nesse trabalho, que abrange a região de Verdelândia e Jaíba, foram determinados a concentrações de trítio nas águas subterrâneas para determinar o tempo de renovação das águas subterrâneas ou de residência das águas no sistema aquífero.

As análises indicam um tempo de renovação para as águas subterrâneas, localizadas na região norte – noroeste da Jaíba, superior a 250 anos. Na porção sudoeste da Jaíba e uma faixa norte sul onde o relevo apresenta feições cársticas (dolinas e sumidouros) os valores de trítio mostram concentrações compatíveis com águas de precipitação recente, com idades entre 10 e 60 anos, evidenciando que trata-se de uma área de recarga.

Para finalizar este capítulo apresenta-se uma estimativa do balanço hídrico da bacia do rio Verde Grande a montante da estação fluviométrica Boca da Caatinga, que abrange uma área de 30.470 km^2, tomando por base os dados hidroclimatológicos e hidrogeológicos levantados. Para a elaboração do balanço foram admitidos os seguintes pressupostos básicos:

O volume médio anual da precipitação (P), igual a 869,24 mm, que representa o total de entrada de água na bacia, adotado foi obtido a partir dos estudos climatológicos elaborados para este trabalho.

- O escoamento superficial total (Et = Esup + Esub) em Boca da Caatinga foi estimado a partir das descargas médias mensais do período 1972/1973 e 1975/1975. Desse total, deve ser subtraída a parcela referente ao total de água utilizada atualmente para as diversas finalidades (uso urbano,

doméstico, agrícola, pecuário e industrial), estimadas em 50% da vazão outorgada na bacia que representam 2,07 x 108 m^3/ano.

- O fluxo subterrâneo para bacias vizinhas foi considerado inexistente ou desprezível, tendo em conta que os aquíferos são livres e seus limites coincidem com o contorno da hidrografia superficial.

- A variação anual de armazenamento pode ser considerada nula ou tendendo para zero, uma vez que os dados utilizados são médios de longo período.

- Os volumes de evapotranspiração (ETP) média anual foram determinados por diferença entre o total de entradas (precipitação) e a soma das demais componentes de saída do sistema.

Quadro 6.20 – Balanço hídrico médio anual da bacia do rio Verde Grande.

ENTRADAS	Volumes de Entrada		SAÍDAS	Volumes de saída	
	($10^6 m^3$)	(mm)		($10^6 m^3$)	(mm)
Precipitação	**26. 489**	**869,24**	Escoamento superficial direto	538,5	
			Escoamento subterrâneo	210	
			Escoamento total	748,50	24,6
			Evapotranspiração	24.991	808,9
Total de entradas	**26.489**	**869,24**	Total de Saídas	**26.489**	**869,24**

O balanço hídrico indica um rendimento superficial extremamente baixo e conseqüentemente uma pequena disponibilidade hídrica quando comparado com as bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha, que tem drenam regiões do semi-árido. O escoamento total da bacia do rio Verde Grande corresponde apenas a 3,0% (24,6 mm) do total precipitado, enquanto, no rio Pardo esse parâmetro foi estimado em 11,2%, e no rio Jequitinhonha equivale a 24,0% (Gevale, Geotécnica, 1993 in CETEC 1996).

Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas

Para abordar a qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio Verde Grande foram utilizados os dados de uma rede de monitoramento que o IGAM/MG e CODEVASF mantêm na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Para completar as informações foram utilizadas algumas analises químicas do CETEC (1996) e do Velásquez et al (2008). Entretanto, no Anexo, consta as análises físico químicas da rede de monitoramento do IGAM/CODEVASF.

No banco de dados do IGAM/CODEVASF encontram-se catalogadas 111 análises provenientes de 34 poços tubulares, dos quais 24 estão no domínio da bacia do

rio Verde Grande e outros 6 muito próximos, o que justifica a utilização neste estudo. Essas análises são completas, isto é, incluem os constituintes maiores além dos metais pesados e outros elementos utilizados para definição de potabilidade de água subterrânea A distribuição dos pontos de coletas encontra nos mapas que mostram as tendências químicas das águas subterrâneas da região.

Características físico-químicas

As características físico-químicas gerais das águas foram avaliadas, inicialmente, considerando o conjunto das análises distribuídas em toda a bacia. Em seguida, para os sistemas aquíferos com pontos de monitoramento, foram elaborados considerações, específicas para os sistemas aquíferos. No conjunto, as águas subterrâneas da bacia mostram as seguintes características:

A condutividade elétrica varia numa ampla faixa entre 84 e 2030 µS/cm, apresentando valor médio de 823 µS/cm. Ainda, 86% dos poços monitorados apresentam a condutividade elétrica superior a 1.000 µS/cm. Essa distribuição de valores, representada no histograma da Figura a seguir, vem caracterizar um predomínio de água de média a alta salinidade, com ocorrência, em pequena freqüência de águas com salinidade.

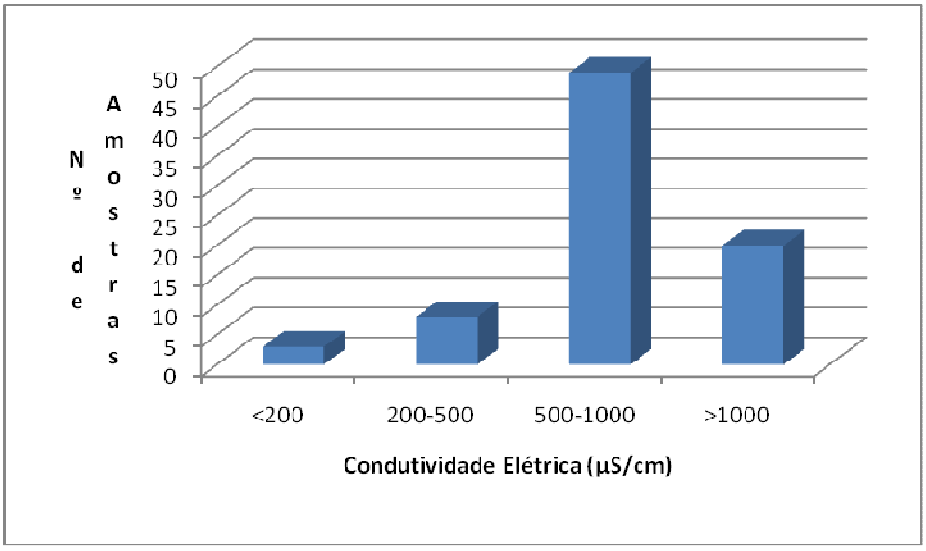
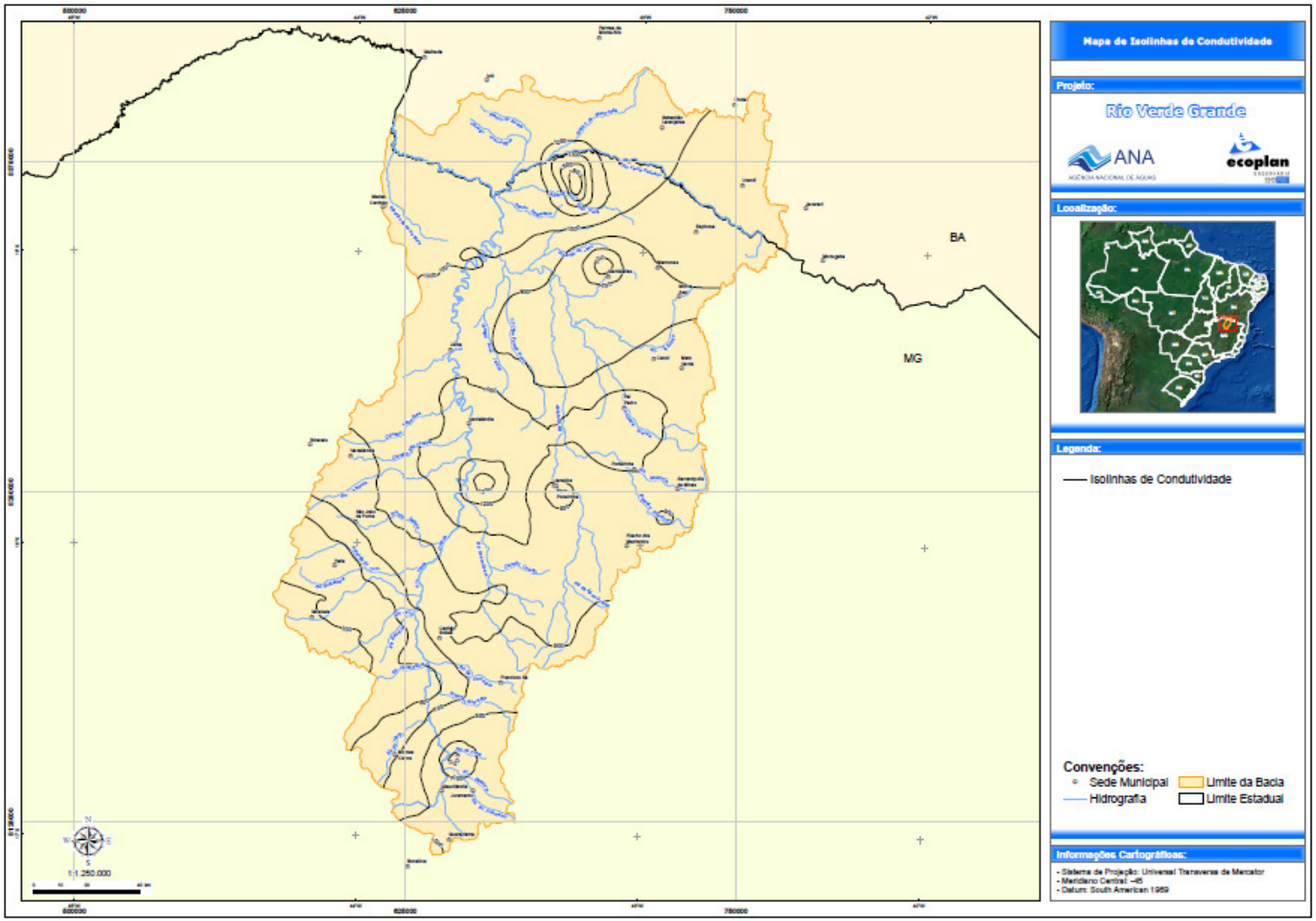


Figura 6.25 – Condutividade elétrica nas águas subterrâneas

Os valores da condutividade elétrica foram então plotados em planta que está apresentada no Mapa 6.3. Nesse mapa os menores valores de condutividade aparecem nos poços localizados na porção sudoeste da bacia, Municípios de Patis e Mirabela, mostrando uma tendência de águas menos mineralizadas nas áreas de cabeceiras das drenagens. Na região norte-nordeste, notadamente na sub-bacia do rio Verde Pequeno, ocorrem com maior freqüência águas de salinidades mais elevadas, cujas condutividades chegam a ultrapassar 2000 µS/cm em poço localizado no Município de Espinosa.



Mapa 6.3 – Isolinhas de Condutividade.

Os sólidos totais dissolvidos, que expressam diretamente o conteúdo de sais, assumem valores compatíveis com águas de baixa a média salinidade. Mais de 60% das análises apresentam valores inferiores a 500 mg/l de sólidos totais e apenas 6% das amostras mostram valores superiores a 1000 mg/l. Os valores extremos são 75 e 2.156 mg/l, enquanto a média fica em 502 mg/l.

A alcalinidade total, que é indicativa da presença de carbonatos e bicarbonatos, mostra valores bastante elevados nas águas subterrâneas da bacia. O valor desse parâmetro varia entre 25,9 e 438 mg/l de CaCO3. Em cerca de 70% das águas a alcalinidade é superior a 200 mg/l de CaCO3 .

Com relação à dureza total, a curva de distribuição de freqüência (Figura 6.26), mostra que os valores são muito elevados. Apenas 4% das amostras apresentam a dureza inferior a 100 mg/l de CaCO3, o que caracteriza águas brandas a pouco duras; cerca de 40% são duras, e a maioria (55%) se enquadra na categoria de muito duras. O valor máximo e o médio são respectivamente 773 e 271 mg/l de CaCO3. Para esta classificação foi utilizado o limites propostos por Custódio & Llamas(1976).

Dureza Total (mg/L de $CaCO_3$)	**Classificação das Águas**
< 50	Brandas
50 - 100	Pouco Duras
100 - 200	Duras
> 200	Muito Duras

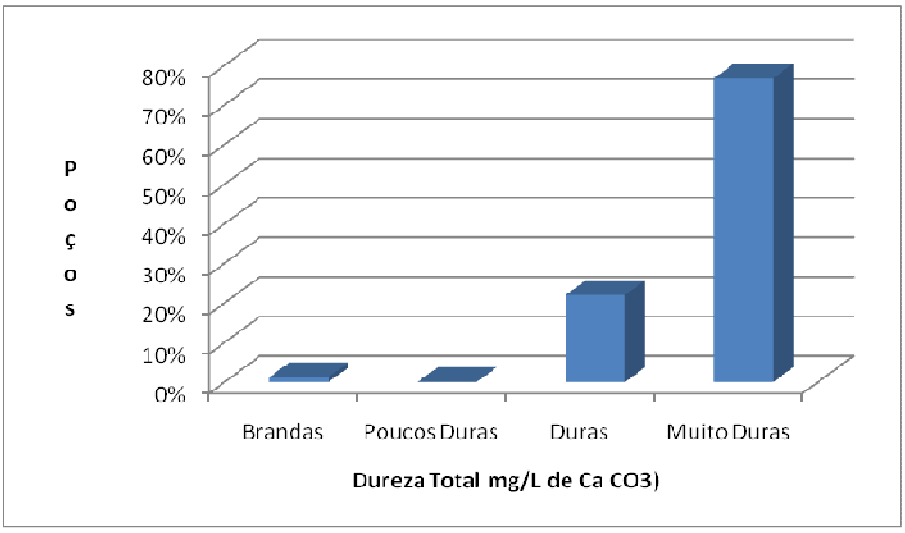


Figura 6.26 – Distribuição da dureza total na bacia do rio Verde Grande.

No mapa de distribuição da dureza (Mapa 6.4) observa-se uma tendência de ocorrência de valores mais elevados, acima de 200 mg/l de CaCO3, nas regiões norte e nordeste da bacia onde aparecem valores de dureza total acima de 600 mg/l de CaCO3.

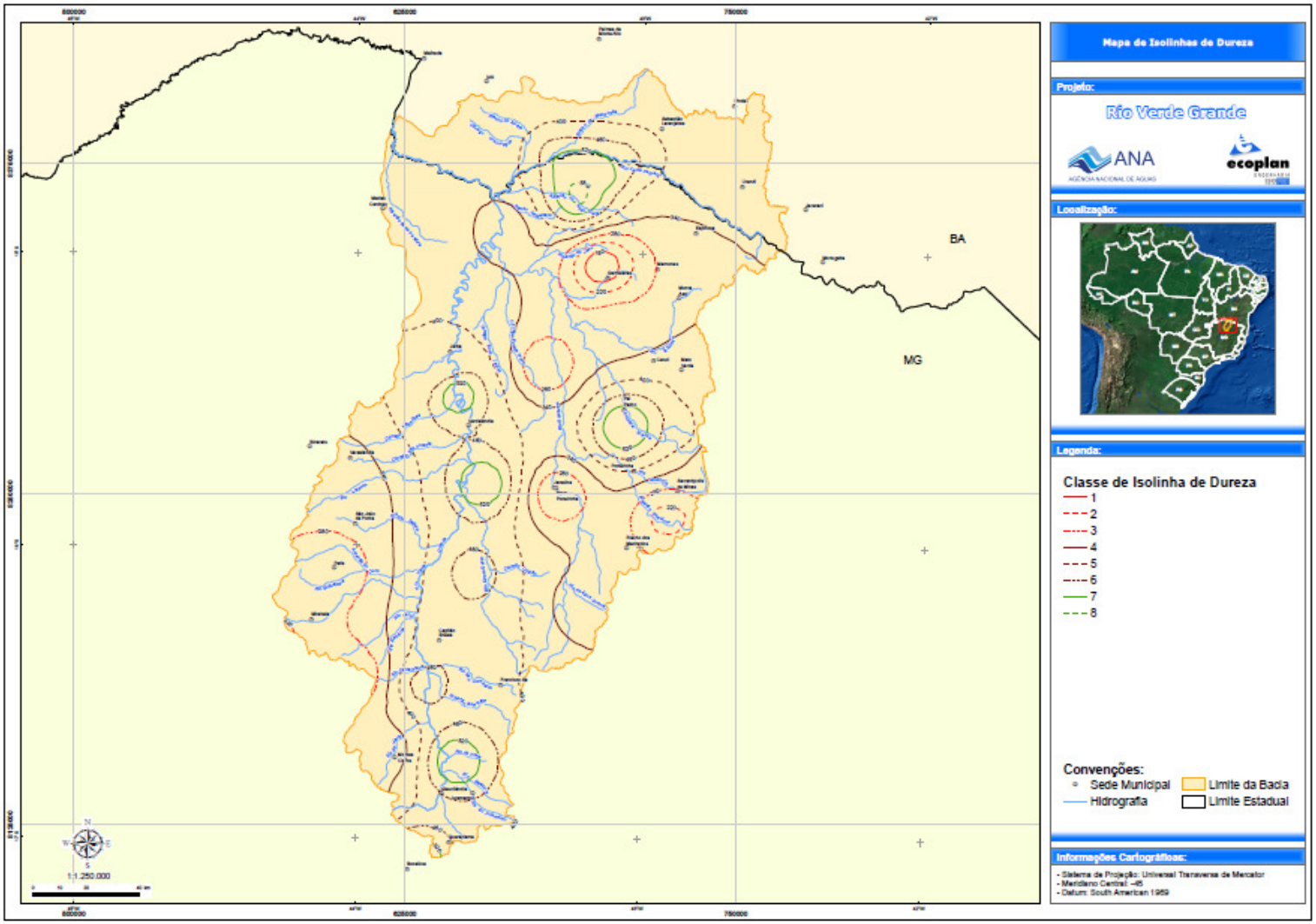
As concentrações de cloretos são quase sempre baixas. Os valores encontrados, num total de 281 amostras, variam entre >0,30 (limite de detecção do laboratório) e 801 mg/L, com a média igual a 56 mg/L de cloreto. Ainda, observa-se que cerca de 70% são inferiores a 50 mg/l; e 15% têm teores entre 50 e 100 mg/l, e o restante mostram o teor de cloreto maior do que 100 mg/l.

Os sulfatos, a exemplo dos cloretos, ocorrem em concentrações bastante reduzidas em quase toda a bacia. O registro da distribuição de freqüência dos sulfatos mostra que a grande maioria das amostras (91%) apresenta o teor de sulfato menor do que 50 mg/l. A concentração média é de 21,2 mg/l e o valor máximo é 275 mg/L

A análise dos valores de pH, determinados no momento da coleta da água, mostra uma variação entre 5,4 e 8,6. Porém com predominância do caráter alcalino, ou seja, 61 % das amostras apresentam pH superior a 7.

De forma geral, é possível afirmar que os poços monitorados estão localizados, em sua grande maioria, no domínio do sistema instalado nas rochas do Grupo Bambuí, isso fica retratado nas análises químicas com as concentrações elevadas de bicarbonatos, alcalinidade total, dureza e pH. Estas características químicas em águas subterrâneas caracterizam os sistemas aquíferos cárstico-fissurados com influência dos termos calcários na unidade litológica.

O detalhamento das características físico-químicas por unidade aquífera não foi possível nesse trabalho, visto que a grande maioria das amostras está captando águas do sistema cárstico ou cárstico fissurado. Apenas na região da Jaíba é que Velásquez et al (2009) apresenta resultados físico químicos de cisternas localizadas em áreas aluvionares



Mapa 6.4 – Isolinhas de Dureza.

A seguir, apresentam-se algumas características das águas subterrâneas que circulam pela bacia do rio Verde Grande:

- Para as águas coletadas em cisternas localizadas nas aluviões e nas coberturas da região da Jaíba e Verdelândia, observa-se um elevado teor de salinização, com valores médio de condutividade 802,6 µS/cm, cloreto igual a 68,3 mg/L, sulfato com o teor de 25,9 3 mg/L e o flúor 0,33 3 mg/L. Essas concentrações são superiores a média dos valores citados pelo CETEC (1984) num projeto que abrangeu toda a bacia do rio São Francisco na sua parte mineira, esta comparação mostra a influência do clima na mineralização das águas subterrâneas na região.

- A condutividade elétrica apresenta valores entre 200 e 2000,0 µS/cm, com a média em 890 µS/cm, para os poços localizados nos pelitos do Grupo Bambuí. Estes valores de condutividade são altos para este tipo de meio, indicando uma ocorrência de lentes de calcários nos pelitos. Já na Formação Sete Lagoas, aquífero cárstico, existe um único poço que faz parte da rede de monitoramento que apresenta a condutividade elétrica de 630µS/cm.

- Todas as águas do aquífero cárstico- fissurado mostram um caráter básico com pH superior a 7,0 atingindo um máximo de 8,2. Entre os cátions observam-se altas concentrações de bicarbonatos e de cálcio e magnésio que resultam em valores elevados para a dureza total. Ou seja, todos os pontos amostrados apresentam valor de dureza superior a 200 mg/l de CaCO3. Essas características químicas bem representam as águas subterrâneas que percolam pelo meio desenvolvido nos litótipos do Grupo Bambuí, nas suas fácies pelíticas-carbonatadas ou carbonatadas

- No geral os dados das amostras levantadas apresentam a composição bicarbonatada de cálcio ou cálcio - magnésio. Ocorrem muito raramente águas cloretadas e sulfatadas. Entre os cátions o sódio predomina sobre o cálcio e o magnésio. Ainda em relação ao sódio, Velásquez et al (2009) chama atenção para a alta concentração deste elemento na região do projeto Jaíba, observados tanto nos poços do aquífero granular quanto no cárstico fissurado, nesse caso o trabalho levanta a hipótese que esta anomalia pode estar associada aos efeitos da irrigação associada a uma alta taxa de evaporação.

- Outro dado importante refere-se ao alto teor de flúor identificado em alguns poços localizados nos municípios de Verdelândia e Jaíba que resultam em águas impróprias para o consumo humano. Ainda, a CPRM identifica fluorita no município de Iuiú no Estado da Bahia, porém neste caso não existe citação do flúor nas águas subterrâneas. A fluorita ocorre nas rochas metasedimentares do Grupo Bambuí, mais precisamente, nos calcários das Formações Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas, em veios calcíticos, superfícies de falhas de cisalhamento e calcarenitos oolíticos, quando em

contato com as águas subterrâneas a fluorita reage liberando o íon flúor nas águas.

Uso atual das águas subterrâneas

O levantamento das condições de utilização das águas subterrâneas na bacia do rio Verde Grande foi realizado tendo por base as informações constantes nos bancos de dados do SIAGAS/CPRM e COPASA/MG, além dos catálogos de outorga de direito de uso das águas subterrâneas do IGAM/MG, INGÁ/BA. No geral, o aproveitamento das águas subterrâneas na bacia do Verde Grande é intenso e serve a uma grande variedade de fins como: abastecimento doméstico (uni-familiar), abastecimento público, industrial, irrigação, dessedentação de animais, mineração e lazer.

Os sistemas de captação são variados e adaptados ao tipo de uso. A grande maioria das captações é feita por meio de poços tubulares profundos, porém também são utilizados os poços escavados (cisterna/cacimbas), poços amazonas, poços ponteira e caixas coletoras de fontes naturais (nascentes).

As captações por meio de cacimbas, poços amazonas e ponteira, além das fontes naturais são, normalmente, utilizados para abastecimentos na zona rural (uni-familiar ou pequenos grupos comunitários), nas periferias da cidade e em residências isoladas. Essas captações são utilizadas em sistemas aquíferos instalados em rochas inconsolidadas, com o nível da água a pequena profundidade. O tipo de captação de águas subterrânea mais comum na bacia é por meio de poços tubulares profundos, em especial, quando para abastecimentos que exigem maiores volumes de água. Esses poços são construídos em todos os sistemas aquíferos identificados na bacia, porém, a sua maior concentração se encontra no sistema aquífero cárstico-fissurado.

Analisando as informações disponíveis no banco do SIAGAS/CPRM constata-se que 2.659 poços possuem informações sobre o tipo de uso, e no catálogo do IGAM/MG estão outorgadas 369 captações de águas subterrâneas. Entretanto, os bancos não possuem uma nomenclatura homogênea, o que dificulta o uso de suas informações. O Quadro a seguir permite estimar a estrutura de uso das águas subterrâneas, com base nas informações do SIAGAS/CPRM.

Quadro 6.21 – Poços tubulares classificados pelo uso

TIPO DE USO	Nº
Doméstico	413
Doméstico/Animal	780
Pecuária	496
Doméstico/Animal/Irrigação	228
Doméstico/Irrigação	75
Múltiplo	258

Irrigação	225
Industrial	80
Urbano	69
Outros (Lazer, etc.)	35

Fonte: SIAGAS/CPRM

Para o mesmo o conjunto do SIAGAS/CPRM, pode-se estimar a situação para os 4.701 poços inventariados:

Quadro 6.22 – Resumo do Catálogo SIAGAS/CPRM

SITUAÇÃO ATUAL	Nº	%
Total de poços com informação sobre a situação de uso	4.117	100
Poços secos	133	3,2
Poços abandonados, desativados, colmatados, parados	422	10,3
Poços não equipados	326	7,9
Poços em atividade.	3.296	79,4

A análise sobre as estimativas dos volumes anuais explotados, por categoria de uso, fica muito prejudicada, pois os bancos de dados consultados não trazem esta informação com segurança. Assim, os dados apresentados a seguir são estimados e contêm algumas extrapolações, necessárias para se obter a informação final.

Água para abastecimento público - As estimativas sobre o uso de águas estão baseadas nas informações levantadas junto ao banco de dados do SIAGAS/CPRM, IGAM/MG e COPASA. Na verdade, esses dados refletem com maior precisão a disponibilidade de água, já que no inventário não constam dados sobre o regime de operação em cada captação.

Para utilizar as informações do banco de dados do SIAGAS/CPRM foram feitos alguns ajustes. Assim, neste item foram cruzadas as informações que constam nas colunas uso da água, proprietário e situação dos poços. Com isso, foi possível agrupar no conjunto de dados com uso definido como de “abastecimento público”, os poços de propriedade de empresas publicas (COPASA/MG, RURALMINAS, SUDENOR, CERB/BA), prefeituras municipais e associações comunitárias. Ainda, nesta seleção, optou-se por descartar as informações oriundas dos poços que estão na situação de abandonados, parados, colmatados ou secos. Com estas premissas, o catálogo de poços fica reduzido a um total de 1.148 poços.

O quadro a seguir resume a situação dos poços:

Quadro 6.23 – Total de poços Equipados e Não equipados.

Situação	N° Poços	Vazões Médias (m^3/h)	Vazão Explotável (m^3/h)	Vazão Explotável (m^3/ano)
Equipados	609	15,44	5893,17	$3,23 \times 10^7$
Não equipados	62	14,54	727,28	$3,98 \times 10^6$
Totais	671	14,99	6620,45	$3,62 \times 10^7$

Fonte: SIAGAS/CPRM

No banco de dados de outorgas de direito de uso do IGAM/MG, constam 74 poços na finalidade abastecimento público. Para esses poços a vazão total outorgada é de 369,5 m^3/h. que representa um total de água outorgado igual a 2,82 X 10^6 m^3/ano.

O outro banco de dados consultado pertence à COPASA/MG. A informação disponibilizada neste banco de dados indica que na bacia do rio Verde Grande a COPASA presta serviço de abastecimento em 40 distritos (comunidades) que estão localizados em 15 municípios mineiros. O total de água subterrânea explotada, ou melhor, a capacidade de produção dos poços chega a 8.582 m^3/h ou 3,13 x 10^6 m^3/ano, considerando um regime de bombeamento de 16 horas/dia.

Água para uso pecuário – Para a dessedentação animal o banco de dados do SIAGAS/CPRM, inclui as finalidades, pecuária e dessedentação de animais. Neste trabalho estas duas finalidades foram agrupadas. Com isso os poços destinados à finalidade pecuária apresentam uma vazão disponível de 11.375 m^3/h,

Considerando que os poços para esta finalidade bombeariam somente no período de abril a outubro, ou 8 horas dias durante 210 dias ao ano, tem-se:

$$11.375\ m^3/dia \times 210 \times 8 = 1,91 \times 10^7\ m^3/ano$$

Já no banco de outorgas concedida do IGAM/MG consta um total de 604,85 m^3/h o que perfaz no ano um volume outorgado de 8,71 x 10^5 m^3/ano.

Água para irrigação – Os dados do SIAGAS/CPRM mostram que existem 529 poços para irrigação que foram inventariados com os usos: irrigação, irrigação/doméstico, irrigação/ dessedentação animal. Desse total 275 poços estão com o uso declarado exclusivamente para irrigação. O quadro a seguir mostra, na coluna SIAGAS/CPRM, os dados referentes aos 275 poços utilizados na irrigação. Para a estimativa da capacidade de explotação foi considerada uma taxa de bombeamento de 14 horas/dia em 150 dias no ano.

Quadro 6.24 – Poços para Irrigação SIAGAS/CPRM e IGAM/MG.

	Poços Para Irrigação SIAGAS/CPRM	Poços Para IrrigaçãoIGAM/MG
Número de poços	529	96
Capacidade de Explotação (m^3/hora)	4.684	573,56
Capacidade de Explotação (m^3/ano)	$9,84 \times 10^6$	$3,37 \times 10^7$

O quadro a seguir sintetiza os dados de vazão outorgados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, na parte mineira da bacia do rio Verde Grande.

Quadro 6.25 – Resumo das outorgas concedidas pelo IGAM/MG

Outorgas subterrâneas IGAM/MG	Vazões (m^3/h)	horas/dia	Vazão (m^3/ano)
Vazão subterrânea total outorgada pelo IGAM	11.272,85	3.070,82	$4,15 \times 10^8$
Abastecimento público	369,05	637,50	$2,82 \times 10^6$
Consumo humano	604,58	205,30	$1,49 \times 10^6$
Consumo industrial, Consumo humano	1.093,15	514,25	$6,75 \times 10^6$
Consumo humano, Dessedentação de animais *	443,51	217,00	$1,15 \times 10^6$
Consumo humano, Lavagem de veículos	19,20	2,60	$5,99 \times 10^6$
Consumo industrial	605,00	116,22	$8,44 \times 10^5$
Dessedentação de animais*	604,84	120,00	$8,71 \times 10^5$
Dessedentação de animais, Abast. público*	50,00	31,50	$1,89 \times 10^4$
Dessedentação de animais, irrigação*	2.264,69	330,90	$8,99 \times 10^6$
Irrigação	4.899,56	573,80	$3,37 \times 10^7$
Irrigação, Abastecimento público.	55,10	135,00	$8,93 \times 10^4$
Irrigação, Consumo humano	80,91	31,00	$3,01 \times 10^4$
Lavagem de veículos	39,69	29,75	$1,42 \times 10^4$
Lavagem de veículos, Consumo humano	110,16	62,00	$8,20 \times 10^4$
Lavagem de veículos, Consumo industrial	8,67	61,10	$6,36 \times 10^3$
Paisagismo, Consumo humano e industrial	24,73	2,90	$8,61 \times 10^2$

* dados incompletos no cadastro.

Zonas com maior favorabilidade à captação de águas subterrâneas

O aproveitamento das águas subterrâneas para o abastecimento público ou para qualquer outro fim deve ser precedido de um dimensionamento dos projetos de captação, com o estabelecimento de critérios técnicos capazes de nortear a seleção das áreas mais favoráveis á explotação, considerando qualidade e quantidade. Neste contexto, para a definição das áreas mais favoráveis à captação das águas subterrâneas foram considerados os fatores: capacidade de produção dos poços, profundidade das captações e dos níveis da água no aquífero e a qualidade.

Na bacia do rio Verde Grande, onde os recursos hídricos superficiais são escassos, a opção de abastecimento com o uso das águas subterrâneas é uma alternativa tecnicamente viável, em quase toda a bacia. Porém, a definição pela opção de abastecimentos por meio de poços tubulares necessita de estudos de detalhe, que considerem como ponto de partida a demanda requerida. Em seguida, deve-se partir para a definição do sistema de aquífero local, a análise de produtividade dos poços existentes e executar os levantamentos geológicos básicos para a locação e elaboração do projeto construtivo de um poço tubular.

Vale comentar que na área em estudo os poços com maior produtividade estão localizados no domínio das rochas carbonatadas do Grupo Bambuí. Esta informação é importante para planejar os estudos de locação de um poço tubular, pois, a permeabilidade deste meio foi desenvolvida pela associação dos fenômenos ligados aos eventos tectônicos e ação das águas meteóricas que promovem a dissolução do carbonato presentes nas rochas (carstificação).

A definição do local da perfuração do poço tubular deve ser embasada em levantamentos geológicos que, de forma geral, se aplicam a todos os sistemas aquíferos como: levantamento da geologia (estrutural, estratigrafia e fotogeologia), geomorfologia e hidroclimatologia, Ainda, em algumas situações pode-se utilizar a geofísica, que se constitui num importante instrumento para auxiliar a definição da locação de um poço. Entretanto, esta ferramenta não deve ser tratada como fator determinante e sim como mais um elemento que contribui para alcançar resultados satisfatórios.

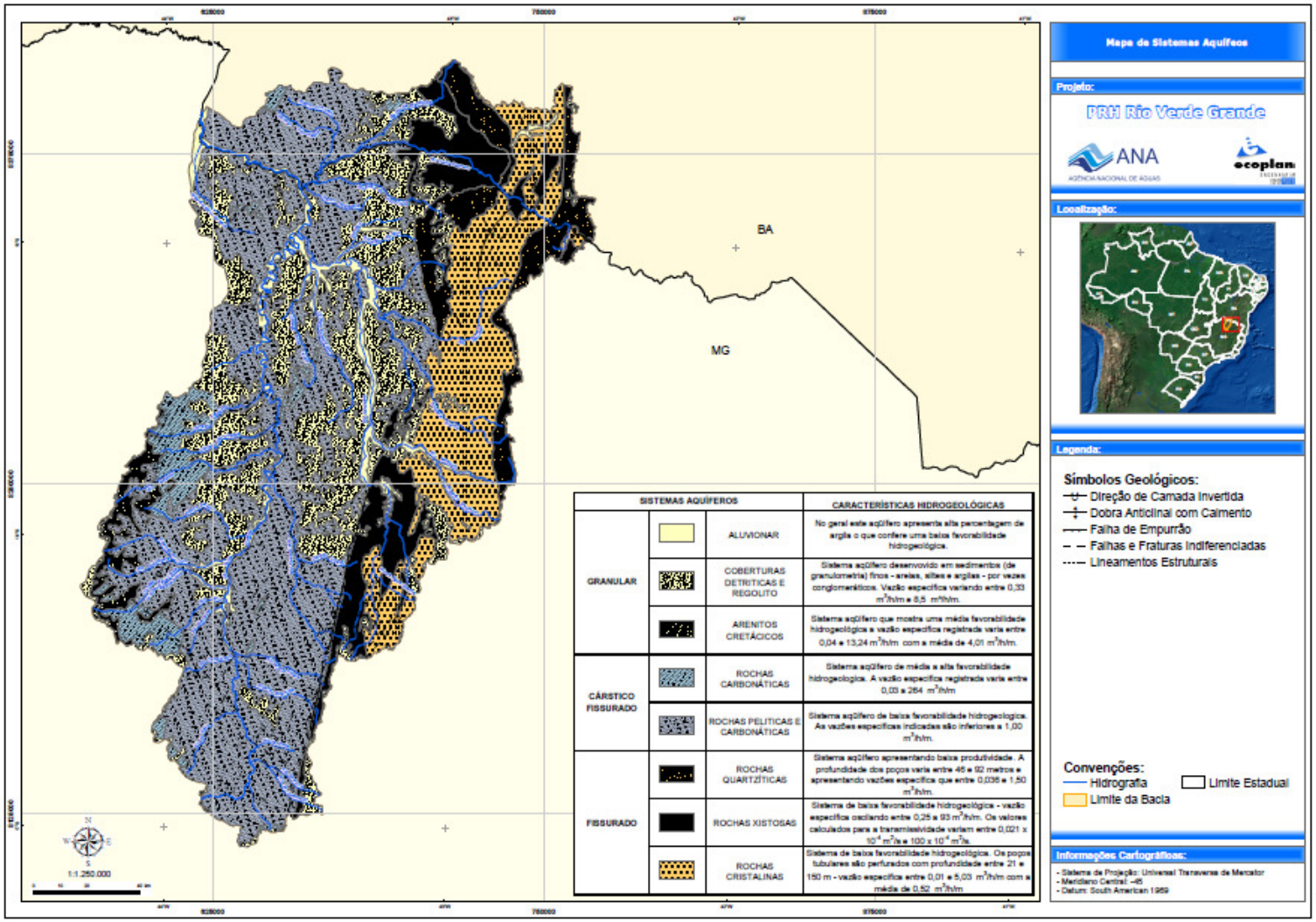
Silva (1997) destaca algumas particularidades que devem ser observadas em fotografias aéreas e no campo para a escolha das melhores opções de local para perfuração de poços tubulares em áreas cársticas:

- fraturas longitudinais ao esforço de deformação da rocha;
- pontos de cruzamentos de fraturas longitudinais com as transversais;
- dolinas alinhadas a fraturas abertas;
- pontos de cruzamentos de fraturas longitudinais com as de cisalhamento;
- dolinas ativas com sumidouros;
- dolinas com diâmetros pequenos;

- dolinas com formas elípticas;
- dolinas que não acumulam águas pluviais;
- áreas com elevada densidade de dolinas;
- áreas de descarga dos aquíferos;
- fraturas relacionadas com sumidouros;
- áreas de ocorrência de calcários mais puros (composição química da rocha);
- uvalas encaixadas em fraturas;
- uvalas ativas com sumidouros;
- áreas intensamente deformadas e dobradas;
- drenagem relacionada a fraturas ou a formas cársticas;
- zonas topograficamente baixas;
- drenagens secas, sem circulação de água superficial.

Os dados dos poços inventariados no banco de dados do SIAGAS/CPRM permitem analisar o comportamento hidrogeológico da região com base na produtividade dos poços. Ressalta-se que muitas vezes estes resultados podem ser mascarados pela presença de dados de poços construídos sem estudos técnicos para locação e perfuração o que, comumente resulta em poços de baixa produtividade.

Na análise específica por sistema aqüífero (Mapa 6.5) observa-se que na bacia do rio Verde Grande o aquífero granular é pouco expressivo na área, com exceção dos arenitos cretáceos. As aluviões e coberturas detríticas apresentam espessura limitadas e, com isso, os poços perfurados nesta unidade devem receber contribuições dos aquíferos sotopostos.



Mapa 6.5 – Sistemas Aquíferos.

O sistema aluvial aparece em toda a bacia do Verde Grande ocupando planícies e calhas fluviais. Esse sistema assume um papel relevante nas áreas em que aumenta a escassez de água superficial e há dificuldades de captar água de outros sistemas aquíferos. Seu potencial hidrogeológico é baixo, aumentando quando os sedimentos são provenientes das rochas quartzíticas e granito-gnáissicas. Nas áreas de ocorrências de rochas pelíticas e carbonatadas, as aluviões mostram valores de permeabilidade baixos, tendo em vista a natureza argilosa e siltosa dos sedimentos.

Usualmente, a explotação nas aluviões é feita por captações singelas, como cacimbas, poços amazonas e poços tubulares rasos. Este tipo construtivo é viável, tendo em vista a natureza inconsolidada dos sedimentos e a pequena profundidade dos níveis de água. Esses fatores propiciam captações de baixo custo e sem maiores dificuldades construtivas. Entretanto, em se tratando de um sistema aquífero de baixa produtividade, são mais indicados para abastecimento uni familiar, sobretudo na zona rural. A qualidade das suas águas, via de regra, atende aos padrões de potabilidade exigido para o consumo humano e de animais. Ressalta-se que, em face da grande vulnerabilidade á poluição, os cuidados na construção da captação são essenciais para se obter águas subterrâneas adequadas para o consumo, especialmente quanto ao aspecto sanitário.

Os aquíferos em coberturas detríticas e manto de alteração em geral apresentam baixa favorabilidade hidrogeológica. Na bacia do Verde Grande não existem informações de captações nesta unidade, o que impede a quantificação de seu potencial. Entretanto, alguns dados levantados pelo CETEC (1996) em áreas vizinhas, como nas bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo, confirmam que esse sistema aquifero tem baixo potencial hidrogeológico, com vazões específicas nas coberturas em torno de 0,08 l/s/m.

Os arenitos do Cretáceo (Grupo Urucuia), ocorrentes numa área localizada entre os Municípios de Mirabela e Varzelândia, têm 32 poços tubulares registrados no inventário. Quanto aos aspectos construtivos, os poços são perfurados com uma profundidade que varia entre 60 e 180 m e diâmetros de perfuração de 12 polegadas com revestimento em 6 ou 8 polegadas. O nível estático fica entre aflorante e 57 metros e o nível dinâmico apresenta profundidade média de 33,77metros. Os dados de produtividade mostram a vazão específica média de 3,22m^3/h/m, o que representa uma produtividade razoável, para a região. No tocante a boa qualidade das águas, os dados indicam águas de condutividade elétrica baixa (média de 40 micromhos/cm).

Para o sistema aquífero fissurado, o poço tubular é praticamente o único sistema de captação possível. A heterogeneidade e anisotropia tornam bastante imprevisíveis a produtividade dos poços construídos nesse sistema. Os dados do SIAGAS indicam que os poços secos e de baixa produtividade (vazão específica < 0,05 m^3/h/m) representam cerca de 20% dos poços inventariados na região, portanto, um índice de insucesso alto para os poços perfurados. As melhores áreas de captação são aquelas associadas às fraturas em conexão com linhas de drenagem superficial, ou seja, em cursos de água controlados por fraturamentos.

Na bacia do rio Verde Grande estão englobados neste sistema: os aquíferos em rochas quartzíticas, em rochas xistosas e em rochas cristalinas. No total, o conjunto ocupa uma área de 8.903 km^2, que representa 28,32% da bacia do Verde Grande. No banco de dados do SIAGAS/CPRM estão registrados 660 poços no sistema aquifero fissurado, sendo que 379 estão localizados no domínio das rochas cristalinas, 93 nos xistos do Grupo Macaúbas e 18 em quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

Para o sistema aquífero em rochas quartzíticas existem poucos poços cadastrados (18), o que não permite estimar com segurança o potencial hidrogeológico dessa unidade. Entretanto, sob condições favoráveis, podem-se construir poços tubulares com produtividade em torno de 10m3/h, para um rebaixamento de 30 metros. Ainda, para a área de ocorrência dos quartzitos, a definição do sistema de captação deve analisar a possibilidade do aproveitamento das inúmeras fontes naturais que alimentam a rede de drenagem superficial. No que se refere à qualidade, estas águas não apresentam restrição ao uso.

Em rochas xistosas e granito-gnaíssicas, o potencial varia de baixo a muito baixo na maior parte da área de ocorrência. A análise dos valores de vazão específica indica que 75% dos poços apresentam vazão menor do que 0,50 m3/h/m. Este sistema aquífero, diante dos dados inventariados, mostra uma baixa favorabilidade hidrogeológica. A produção desses poços tubulares é mais própria para atender à demanda de pequenas comunidades e das moradias rurais isoladas. As análises químicas das águas captadas apresentam a condutividade elétrica, parâmetro que indica o teor de sais dissolvidos, com um valor médio de 1660 micromhos/cm, indicando águas de média salinidade.

A unidade aquífera cárstica – fissurada caracteriza-se por apresentar uma grande heterogeneidade e anisotropia no armazenamento e circulação das águas subterrâneas. Como consequência mostram poços de baixa produtividade ao lado de poços produtivos. Essa situação fica refletida no parâmetro vazão específica, que mostra uma grande faixa de variação, 0,06 e 264 m^3/h/m. O gráfico apresentado a seguir mostra o comportamento estatístico da vazão para o aquífero cárstico-fissurado.

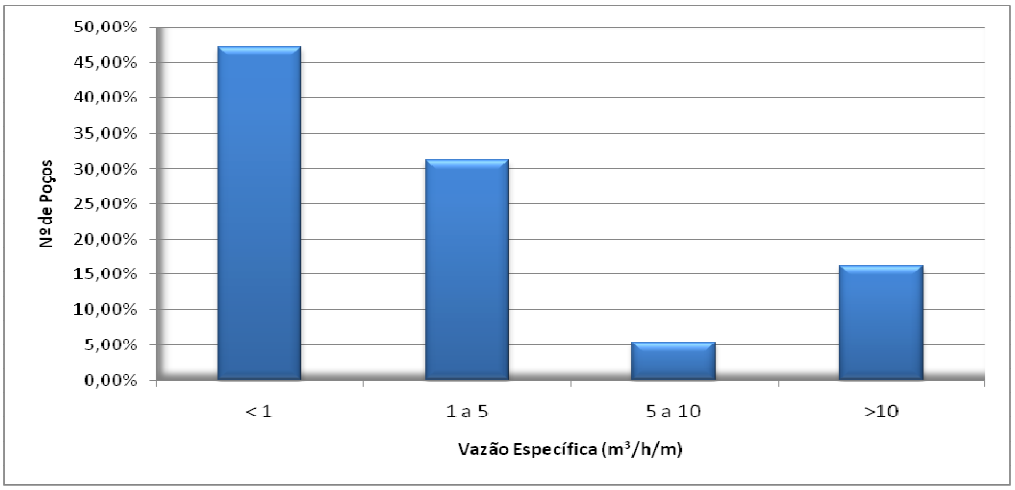


Figura 6.27 – Comportamento estatístico da vazão para o aquífero cárstico-fissurado.

Na bacia do rio Verde Grande o sistema cárstico – fissurado ocupa 43% da área total da bacia, ou seja, 13.568 km^2. Em particular as áreas de maior potencial hidrogeológico localizam-se nas porções sul e sudoeste da bacia, onde os metassedimentos do Grupo Bambuí apresentam maior incidência de intercalações de calcários puros. As áreas de menor potencial estão localizadas nas porções: central e norte da bacia. Nestas áreas ocorrem os metapelitos puros (ardósias e siltitos) ou metapelitos com raras intercalações de rochas carbonatadas (calcários e margas).

Na região de maior potencial hidrogeológico, os dados inventariados mostram vários poços tubulares com vazão superior a 150 m³/h, sendo que a maior vazão registrada no inventário foi de 500 m³/h, para um poço perfurado pela COPASA no Município de Montes Claro/MG. Nas áreas de menor potencial, a produção dos poços tubulares é muitas vezes insuficiente para as necessidades requeridas. O índice de insucesso nas perfurações, considerando todo o sistema cárstico-fissurado, fica em torno de 3,0%, o que é muito baixo quando comparado aos 20% dos demais sistemas aquíferos fissurados.

Como se trata de um meio anisotrópico e fortemente heterogêneo, deve-se registrar que, mesmo numa área de alto potencial, há possibilidade de ocorrência de poços de baixa produção e até poços secos. Na bacia do rio Verde Grande os poços catalogados mostram profundidade que varia entre 32 e 180 metros. Entretanto, a definição da profundidade depende do conhecimento do comportamento das descontinuidades na subsuperfície, ou seja, da posição das entradas de águas nos poços existentes.

Um estudo apresentado por Silva (1984) tenta estabelecer critérios para definição da profundidade dos poços na região de ocorrência do sistema cárstico – fissurado. Para isso foram usados traçadores químicos para identificar a posição das descontinuidades do aquífero com entrada de águas, chegando a resultados que servem como estimativas para os projetos de construção de poços no sistema cárstico – fissurado da área em estudo. As observações indicam que a

profundidade da carstificação e/ ou fraturas com águas ficam até 100 metros na região central da bacia (margem direita do rio Verde Grande) e vai diminuindo à medida que se caminha no sentido norte chegando à profundidade em torno de 30 metros, pra fraturas abertas próximo ao rio São Francisco.

No sentido de orientar os trabalhos de locação e perfuração de poços tubulares no sistema cárstico–fissurado da bacia do rio Verde Grande, resume-se a seguir alguns fatores que devem ser observados para minimizar os riscos de insucessos na perfuração:

- as condições que favorecem uma maior produtividade dos poços tubulares são encontradas principalmente nas áreas de descarga, associadas às fraturas em conexão com a drenagem superficial, em especial na presença de estruturas cársticas que indiquem a possibilidade de altas permeabilidades e capacidade de reservação.

- os estudos de determinação das direções preferenciais de fraturas e, sobretudo das dolinas, constituem muitas vezes o único critério capaz de identificar, em profundidade ou em áreas capeadas por sedimentos recentes, a presença de descontinuidades com capacidade de armazenar água subterrânea, sendo, portanto, fundamentais na identificação das zonas de melhor condicionamento hidrogeológico.

- a maior concentração de dolinas na bacia do Verde Grande fica entre os rios Verde Grande e Gorutuba. A quantidade de dolinas diminui, gradativamente, para norte.

- as principais direções de fraturamento medidas no carste na folha da Mata da Jaíba (1:100.000) são: N40º – 50° W, N30º – 40W, N40°-50°E, e N30° – 40°E. Estas direções correspondem aproximadamente às direções mais comuns das descontinuidades estruturais observadas nas rochas do Grupo Bambuí (CETEC 1981).

- na área em estudo, em particular na zona carstificada da Mata da Jaíba, as principais direções dos fraturamentos estão nas direções: N40°-50°W, N60°–70°W, N30°– 40°E, e N40°– 50°E. As dolinas nesta mesma região ocorrem, preferencialmente, ao longo das direções N40°-50°W e N30°– 40°E e N40°– 50°E. Estas direções possuem forte indicativo de circulação das águas subterrâneas.

- a recarga no carste se processa, principalmente, por meio da infiltração direta das águas de chuva e subordinadamente, por infiltração vertical das águas que escoam das coberturas detríticas, aluviões ou arenitos cretáceos. Nas áreas cársticas que ocorrem nas porções sul e sudoeste da bacia do Verde Grande a infiltração é facilitada pela pequena variação nas cotas da topografia;

- no que se refere às características químicas das águas explotadas no sistema cárstico, pode-se afirmar que se trata de águas subterrâneas que não oferecem maiores restrições, seja para consumo humano, uso agrícola ou dessedentação de animais. As únicas restrições quanto à potabilidade são os altos teores de flúor registrados em algumas áreas da bacia, o que as inviabiliza para o consumo humano.

- no que se refere às características químicas das águas explotadas no sistema cárstico, pode-se afirmar que se trata de águas subterrâneas que não oferecem maiores restrições, seja para consumo humano, uso agrícola ou dessedentação de animais.

As únicas restrições quanto à potabilidade são os altos teores de flúor registrados em algumas áreas da bacia, o que torna estas águas impróprias para o consumo humano. Também alguns valores de pH, alcalinidade e dureza podem apresentar também algumas restrições para usos industriais mais exigentes e restritivos.

Recomendações: Programas de Monitoramento e Levantamento de Dados Hidrogeológicos

Tendo em vista a complexidade da hidrogeologia local aliada a escassez dos recursos hídricos na bacia do rio Verde Grande fica evidente a necessidade de prover a região de dados hidrogeológicos que possibilitem um maior entendimento do sistema hidrogeológico da região no sentido de estabelecer um planejamento para o uso dos recursos hídricos subterrâneos, dentro de padrões econômicos e ambientais sustentáveis.

Com estas ações um avanço no conhecimento hidrogeológico da área, com vistas a definir com maior precisão as reservas renováveis ou os limites de explotação e detalhar as áreas mais favoráveis ao aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos

Nesse sentido, recomenda-se implementar as seguintes ações:

- realizar um programa de datações das águas, com o uso medição de trítio, O18 e C14 para definir com mais precisão o tempo de residência das águas e o tempo de retardo das restituições subterrâneas a fim de permitir melhor administração e gerenciamento desses recursos;

- investigar se a hipótese de perdas de água do rio para o aqüífero na área a jusante de Colônia da Jaíba;

- programa sistemático de monitoramento do nível d'água (NA) dos sistemas aqüíferos, por meio de medições em poços selecionados de forma a acompanhar a variação do NA durante o ano hidrológico e também em função do regime de bombeamento a que o poço escolhido estiver submetido;

- realizar uma campanha de análise físico química para flúor dos poços localizados na área de ocorrência do aquifero cárstico – fissurado para definir regiões com possibilidade de ocorrência de fluorose na população.

6.1.2. Aspectos Qualitativos

Neste item são apresentados os resultados dos estudos realizados com o objetivo de caracterizar, ao longo da Bacia do Rio Verde Grande, a qualidade das águas superficiais, subterrâneas e dos sedimentos. Neste sentido, tais resultados são apresentados de forma analítica e sintética, uma vez que seus elementos técnicos de origem (dados e metodologia adotada) se fazem presentes no Relatório Temático de Qualidade da Água.

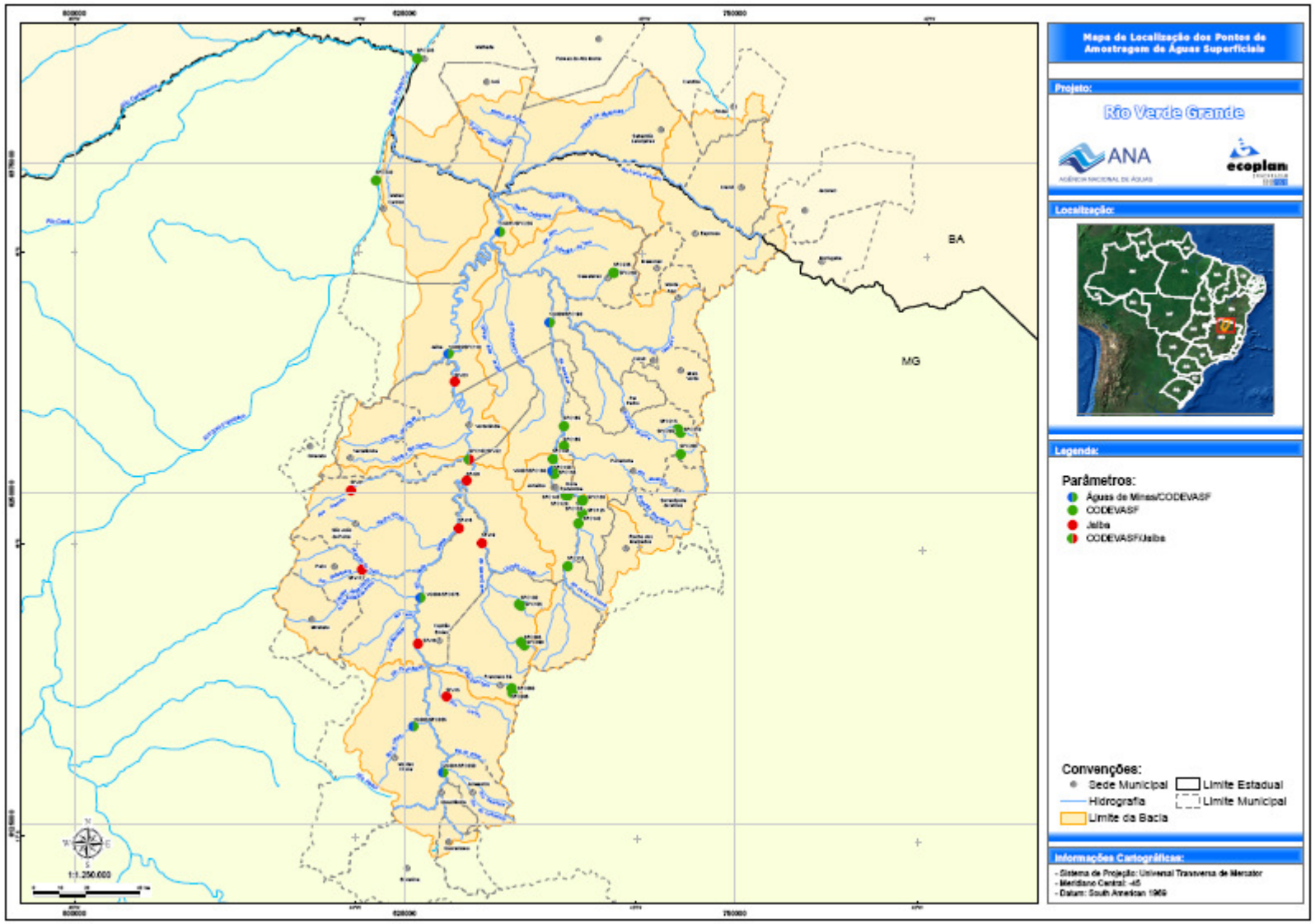
Vale ressaltar que os dados de qualidade de água e de sedimentos utilizados no estudo referem-se apenas a parte da Bacia do Rio Verde Grande inserida no Estado de Minas Gerais, devido à ausência destes na parcela da bacia inserida no Estado da Bahia.

6.1.2.1. Águas Superficiais e Sedimentos

Nesse item estão sintetizados os aspectos relevantes, interferências e efeitos na qualidade das águas da bacia do rio Verde Grande. De forma a se obter uma visão regional foi utilizada a representação espacial das faixas dos valores médios de um conjunto de constituintes mais representativos da qualidade das águas superficiais da bacia. Os dados tratados referem-se aos sete pontos de monitoramento da rede básica do Projeto Águas de Minas e às nove estações de amostragem da rede dirigida do Projeto Jaíba e municípios de Verdelândia, Varzelândia e Montes Claros, uma vez que contemplam períodos significativos de observações, compondo séries históricas representativas da evolução média dos constituintes selecionados.

No monitoramento das redes dirigidas também foram avaliados os sedimentos de fundo dos cursos de água quanto às suas características químicas. O conhecimento da composição dos sedimentos tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de água, por retratar condições históricas da influência da ação do homem sobre os ecossistemas aquáticos, que nem sempre são detectáveis pelo uso de variáveis da água.

A localização das estações de amostragem dessas redes é indicada Mapa 6.6. Maiores detalhes sobre os dados e metodologia adotada, para realização deste estudo, podem ser encontrados no Relatório Temático de Qualidade de Água.



Mapa 6.6 – Redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais avaliadas na parte mineira da bacia do rio Verde Grande

No Mapa 6.7 estão incluídos os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, cor verdadeira e turbidez, associados às interferências por matéria orgânica, nutrientes e sólidos. Os metais chumbo, cromo e manganês, na forma total, e a parcela dissolvida do ferro estão indicados no Mapa 6.8.

Os resultados foram distribuídos em quatro faixas de valores, representadas por cores distintas e associadas aos padrões de qualidade da classe de enquadramento das águas das estações de amostragem, de forma que no alto curso do rio Verde Grande (VG001) foi considerada a classe 1 e para as demais estações a classe 2. A 1ª faixa (azul) inclui as médias menores ou iguais ao padrão, a 2ª faixa (verde) as médias até 20% acima do padrão, a 3ª faixa (laranja) as médias entre 20% até 100% acima do padrão e a 4ª faixa (vermelha) as médias maiores do que o dobro do padrão.

Como ilustrado no Mapa 6.7

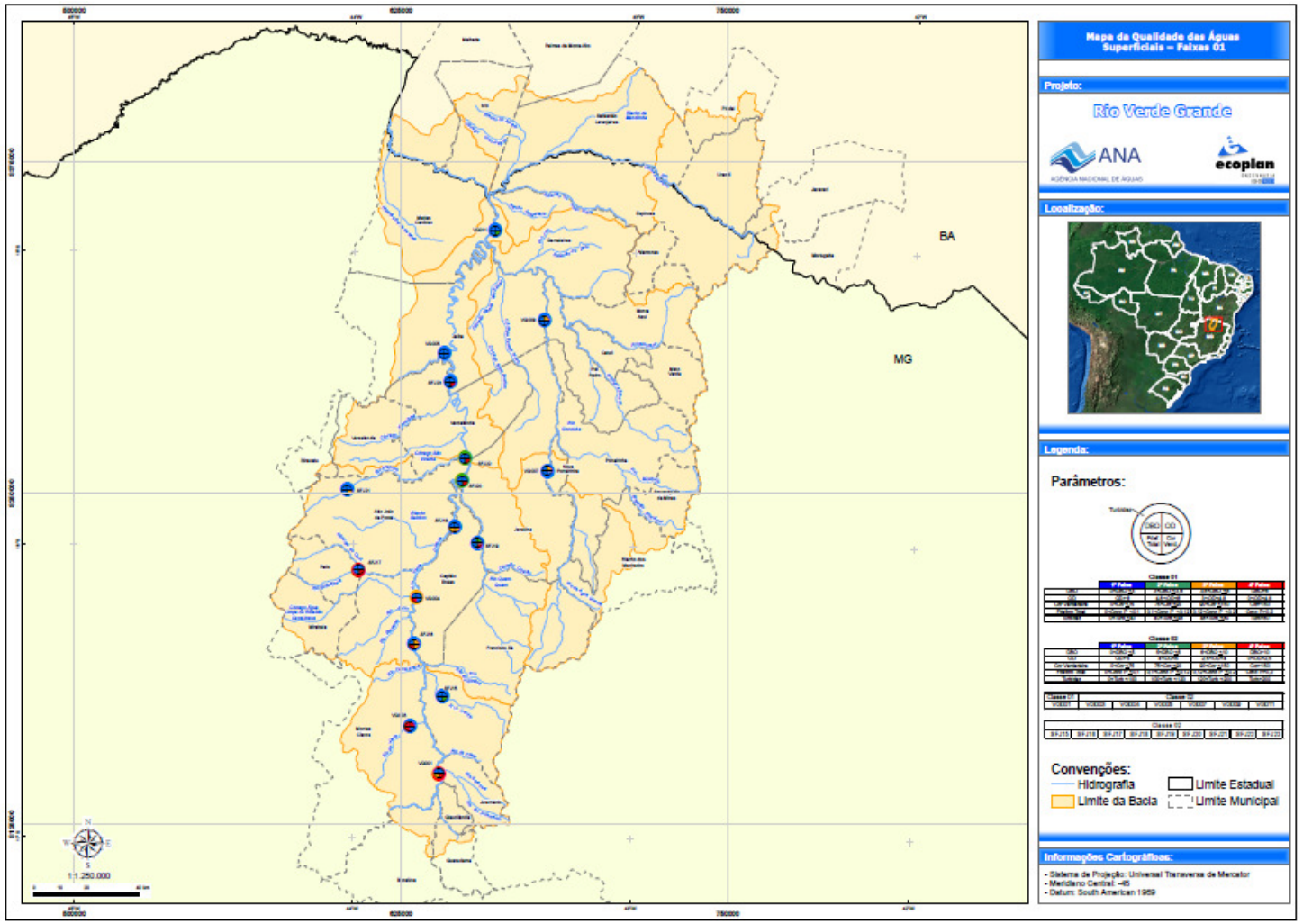
Mapa 6.7, os teores de matéria orgânica, retratadas pelo parâmetro DBO, registraram valores médios predominantemente em conformidade com o padrão legal, exceto no rio do Vieira (VG003), denotando elevado aporte de esgotos sanitários sem tratamento. Prevaleceram níveis de oxigenação adequados no rio Verde Grande, exceto no segmento adjacente ao deságüe do rio do Vieira e do rio Caititu (SFJ16), ressaltando-se que já na estação VG004, a jusante da cidade de Capitão Enéas, a média de concentração de oxigênio dissolvido atendeu à legislação, embora tenha ficado próxima do limite mínimo aceitável para proteção das comunidades aquáticas. No rio do Gorutuba e, principalmente, no rio do Vieira foi registrado déficit de oxigenação das águas, quadro que traduz excesso de matéria orgânica. No rio Quem Quem o teor médio dessa variável foi detectada na faixa de até 20% menor que o limite mínimo da classe 2, indicando leve depleção de oxigênio dissolvido.

A expressiva contribuição doméstica no rio do Vieira foi reproduzida no teor médio substancial de fósforo total alcançado na estação VG003, onze vezes acima do padrão de qualidade da classe 2. No curso inicial do rio Verde Grande (VG001) e principalmente a jusante do aporte das águas do rio do Vieira (SFJ16, VG004, SFJ18) os resultados médios de fósforo total também foram elevados, apontando interferência de origem doméstica. A jusante do rio Quem Quem o curso principal (SFJ20, SFJ22, SFJ23, VG005 e VG011) apresentou médias de fósforo total conformes com o padrão legal, assim como nos afluentes rios Caititu (SFJ15), Suçuapara (SFJ17), Quem Quem (SFJ19), Arapoim (SFJ21) e Gorutuba (VG007 e VG009).

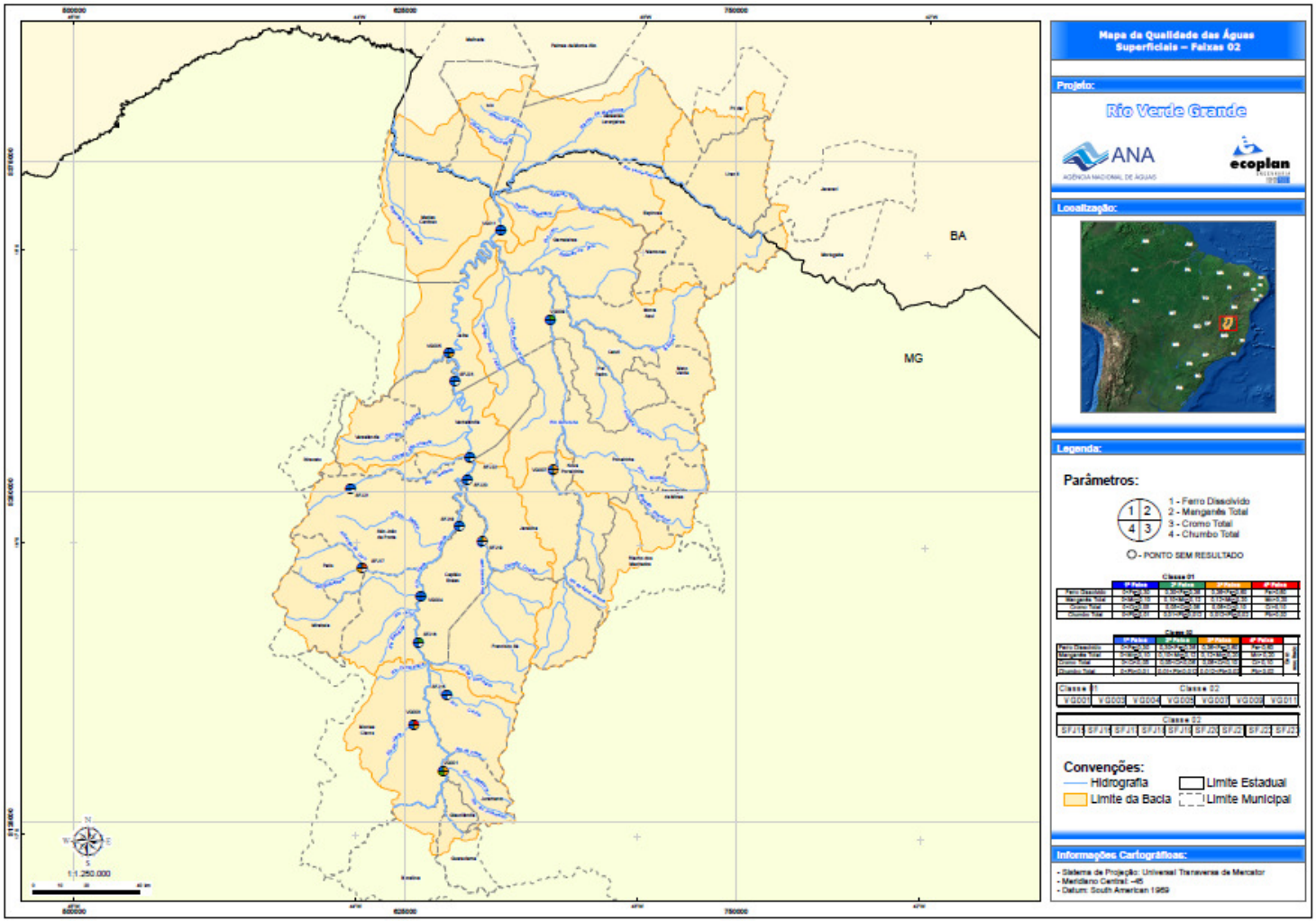
Quanto às medidas de cor verdadeira, predominaram médias superiores ao limite legal no rio Verde Grande e afluentes, exceto no trecho do rio Verde Grande a jusante de Capitão Enéas (VG004), de Jaíba (VG005) e da confluência com o rio Gorutuba, assim como nos rios do Vieira (VG003) e Gorutuba (VG007 e VG009). Em relação a turbidez, os maiores registros médios ocorreram no rio Suçuapara (SFJ17) e nos trechos superior e médio do rio Verde Grande, estações VG001 e VG004, respectivamente, apontando para influência de fontes difusas.

Quanto aos metais, conforme indicado no Mapa 6.8, as médias das concentrações de ferro dissolvido atenderam na totalidade ao padrão de qualidade da classe 1. Já com relação ao manganês total, as médias superiores ao padrão da classe de enquadramento destacaram-se no rio do Vieira (VG003), rio Suçuapara (SFJ17), rio Quem Quem (SFJ19) e rio Gorutuba (VG007), assim como no alto curso do rio do Verde Grande (VG001), fato que reforça a degradação dessas águas por cargas difusas.

Sobressaíram os teores médios de cromo total no curso principal e nos rios do Vieira e Gorutuba, com máximo no alto curso do rio Verde Grande (VG001). Também nesse trecho do rio Verde Grande, a concentração média de chumbo total violou a legislação, assim como no rio Suçuapara (SFJ17), situação que pode indicar ocorrência de deposição de componentes tóxicos ao longo do percurso do rio Verde Grande. Salienta-se que os resultados dos ensaios químicos de sedimentos detectaram cromo, níquel e arsênio na calha do rio Verde Grande em níveis que caracterizaram condições adversas à vida aquática. Também nas amostras de sedimentos de afluentes foram quantificados níveis de cromo, níquel, chumbo, mercúrio e arsênio com potencial de restrição à biota.



Mapa 6.7– Faixas dos valores médios para os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, cor verdadeira e turbidez no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)



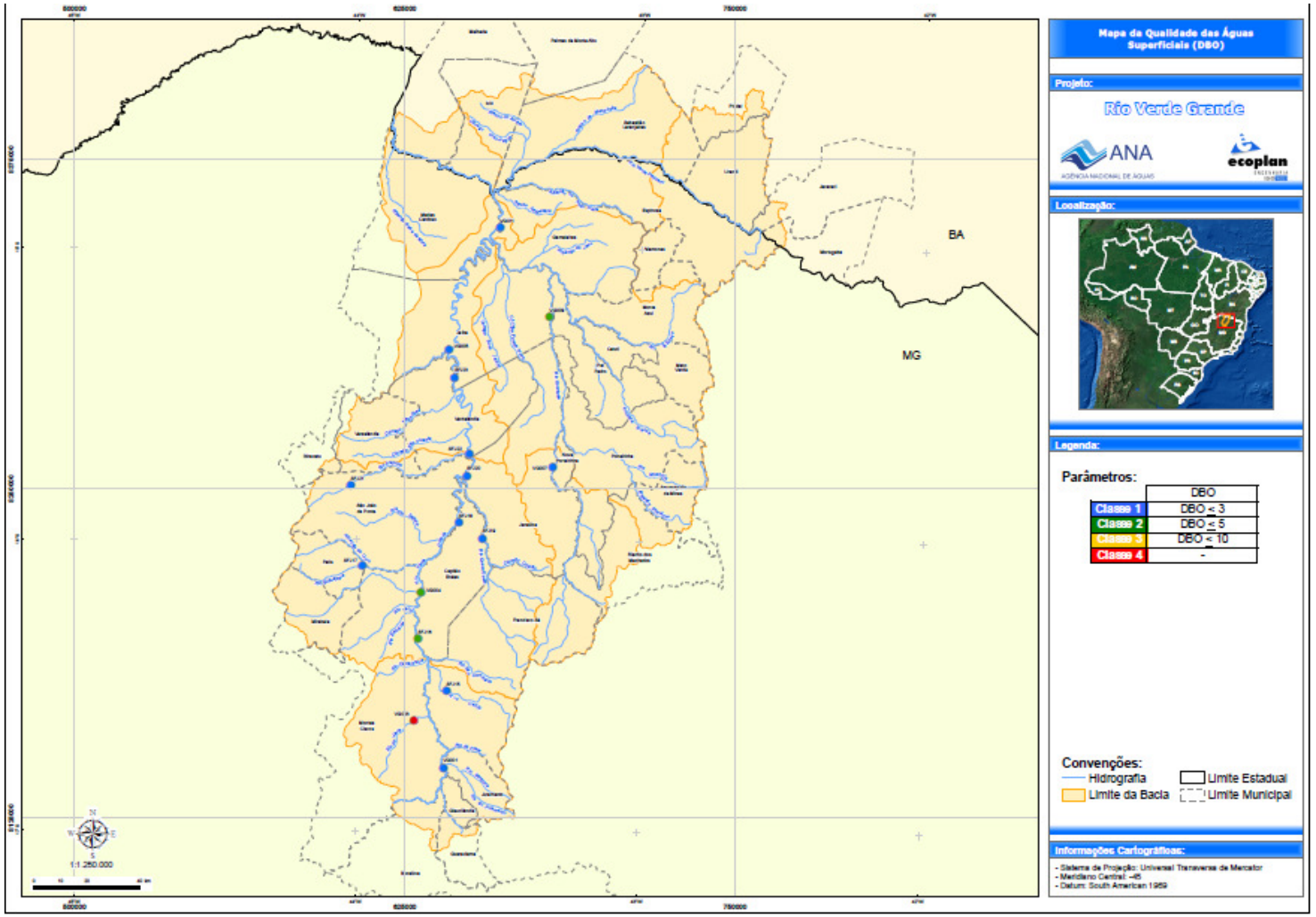
Mapa 6.8 – Faixas dos valores médios para os parâmetros chumbo total, cromo total, manganês total e ferro dissolvido no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)

Consolidando a avaliação regionalizada, é apresentada na sequência a condição da qualidade das águas superficiais para as variáveis físicas e químicas selecionadas. Quanto à DBO (Mapa 6.9), prevalecem teores médios conformes com as classes 1 e 2, exceto no rio do Vieira cuja condição refere-se à classe 4. As concentrações médias de oxigênio dissolvido (Mapa 6.10) no rio Verde Grande atenderam às classes 1 e 2, exceto no trecho adjacente ao deságüe do rio do Vieira (SFJ16) que indicou classe 4. Quanto aos afluentes, o rio do Vieira encontrou-se fora de classe, o rio Gorutuba mostrou-se na classe 4, o rio Quem Quem apontou classe 3 e os demais atenderam à classe 1. Os resultados médios de fósforo total (Mapa 6.11) atenderam à classe 1, exceto no rio Verde Grande no trecho jusante do rio Suçuapara (SFJ18), que apontou classe 3, ao passo que no seu curso superior (VG001) e médio (SFJ16 e VG004) superou o limite dessa classe, retratando a classe 4, assim como no rio do Vieira.

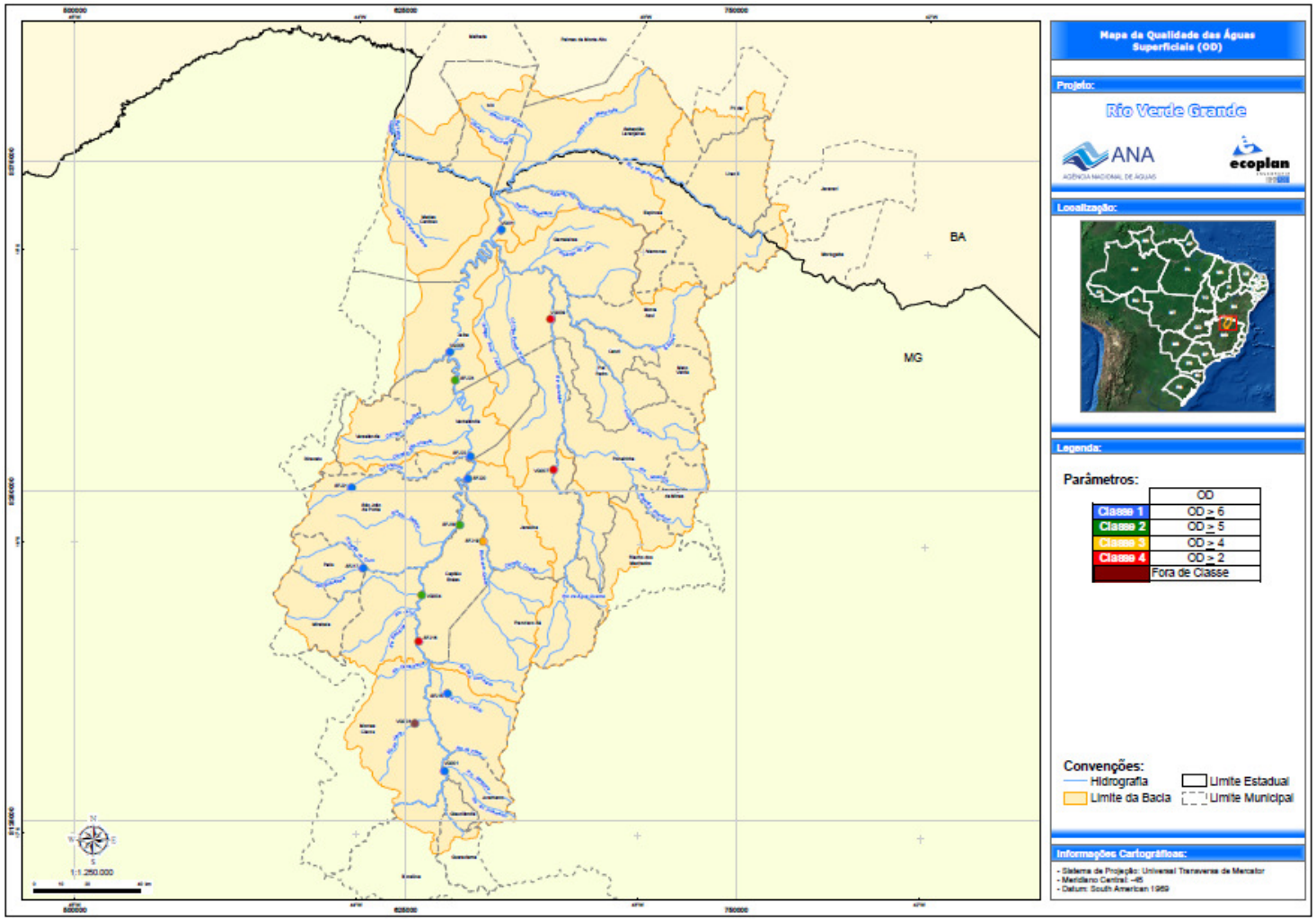
Em relação à cor verdadeira os registros médios atenderam à classe 1 no rio do Vieira, rio Gorutuba e rio Verde Grande nos trechos a jusante de Capitão Enéas (VG004), a jusante de Jaíba (VG005) e a jusante da confluência do rio Gorutuba (VG011), enquanto nos demais trechos monitorados do curso principal e nos tributários avaliados se mostraram na classe 4. A condição observada em relação aos resultados médios de turbidez indicaram classe 4 no alto curso do rio Verde Grande (VG001) e nas estações VG004, SFJ20 e SFJ22 e no rio Suçuapara (SFJ17), enquanto nas demais estações foram detectadas classes 1 ou 2.

As ocorrências médias de ferro dissolvido mostraram-se em conformidade com a classe 1 em todas as estações. Relativamente ao manganês total as concentrações médias atenderam a classe 3 nos afluentes, rios do Vieira, Quem Quem e Gorutuba, e no rio Verde Grande em seu alto curso e a jusante do rio Caititu, ao passo que no rio Suçuapara houve superação dessa classe, retratando classe 4. Nos demais segmentos monitorados foi detectada classe 1.

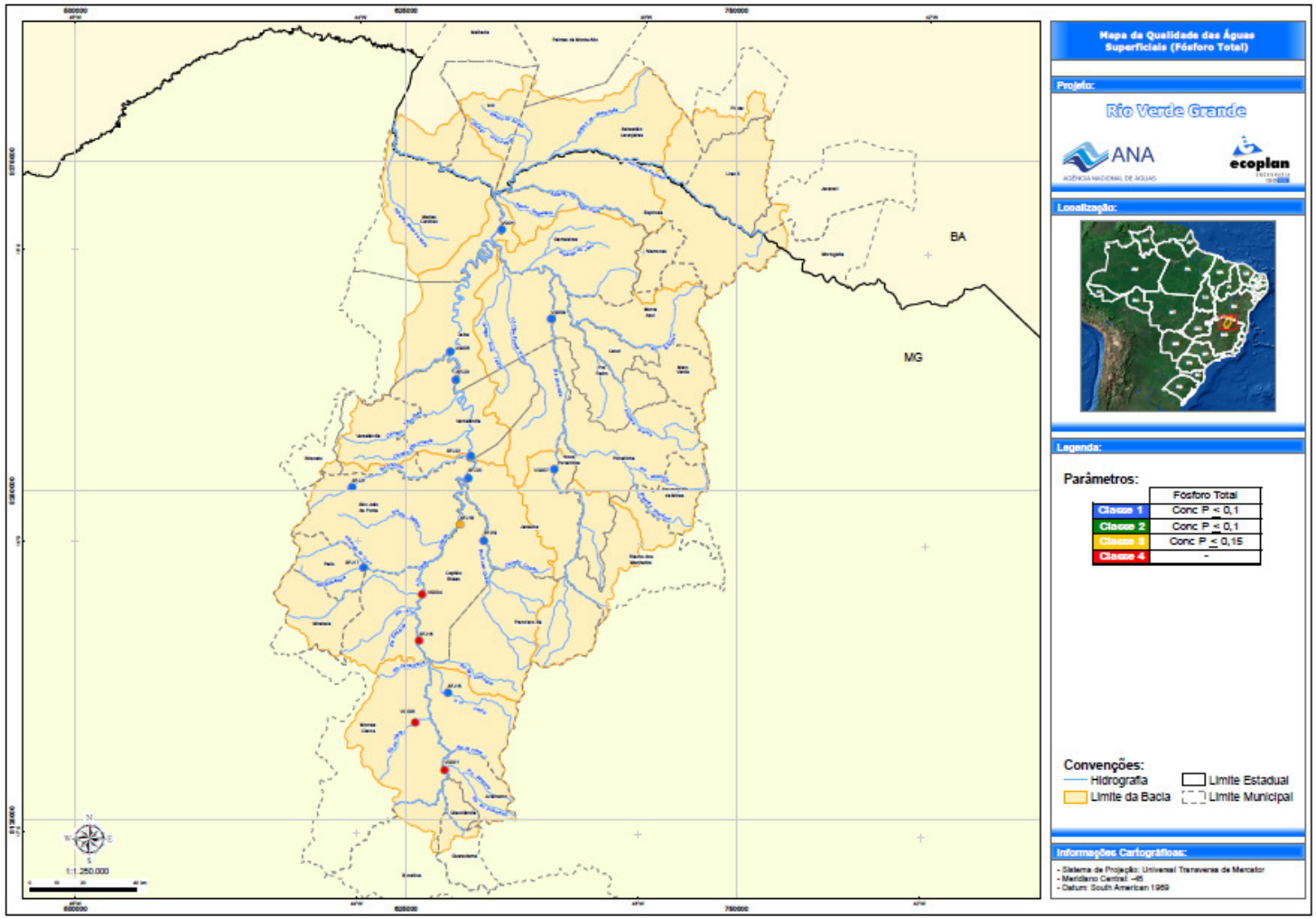
Dentre os metais tóxicos, prevaleceu a classe 1 para chumbo total, exceto no alto curso do rio Verde Grande e rio Suçuapara que atenderam as condições de classe 3. A situação apresentou-se mais crítica no que se refere às concentrações médias de cromo total (Mapa 6.12), sendo classe 4 no rio Verde Grande, no alto curso e a jusante da cidade de Jaíba, no rio do Vieira e no segmento superior do rio Gorutuba. Nas demais estações onde esse metal foi avaliado os teores médios atenderam a classe 1.



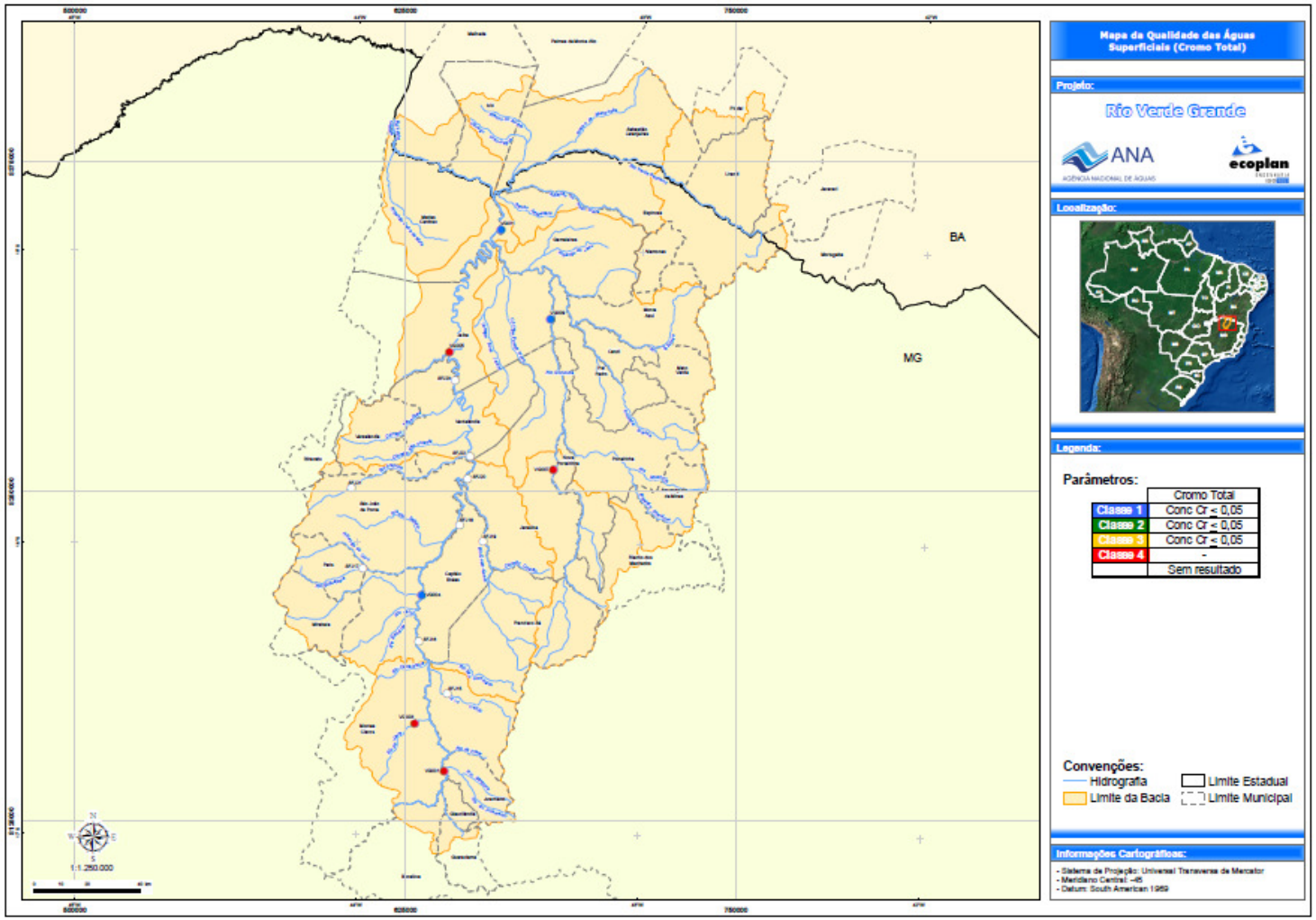
Mapa 6.9 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)



Mapa 6.10 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)



Mapa 6.11 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro fósforo total no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)



Mapa 6.12 – Condição atual da qualidade das águas superficiais em relação ao parâmetro cromo total no período de 1997 a 2008 (Projeto Águas de Minas)

Quanto às variáveis hidrobiológicas, as avaliações realizadas para a comunidade zoobentônica caracterizaram a bacia do rio Verde Grande no trecho compreendido entre a confluência do rio Caititu e a montante da cidade de Jaíba, com abundância de moluscos, relevância para a ocorrência de vetor de esquistossomose mansônica e duas espécies invasoras que provocam a degradação ambiental.

Foi registrada baixa qualidade ambiental no trecho de montante, próximo ao aporte do afluente rio do Vieira, que recebe despejos domésticos da cidade de Montes Claros. Melhores condições ambientais do meio aquático foram detectadas ao longo do percurso do rio Verde Grande, no segmento compreendido entre a confluência do rio Suçuapara e a montante de Jaíba.

Adicionalmente, foram verificados grupos indicadores de boa qualidade das águas nos afluentes, embora a integridade da comunidade avaliada pelos índices bióticos tenha apontado baixa qualidade do ecossistema. Dentre os afluentes, o rio Arapoim obteve a melhor "nota" de qualidade, atribuído à localização do ponto mais próximo à nascente.

Cabe ressaltar, ainda, a boa correlação entre os resultados dos índices IQA e ASPT, qualificando os ambientes da bacia do rio Verde Grande, desde "Escassa" quantidade de carga orgânica, detectada no rio Arapoim, até "Poluição Excessiva" no trecho do rio Verde Grande sob influência das águas do rio do Vieira.

Com o objetivo de sintetizar os efeitos e interferências na qualidade das águas superficiais são apresentados a seguir os Quadro 6.26 ao Quadro 6.33, para o rio Verde Grande e os afluentes monitorados no estado de Minas Gerais.

Quadro 6.26 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Verde Grande no período de 1997 a 2008.

Efeitos na Qualidade da Água
➢ No alto curso do rio Verde Grande houve distribuição equitativa de IQA Ruim e Bom (35%) e em seu trecho final próximo ao deságüe no rio São Francisco predominou IQA Bom (59%), sem ocorrência de IQA Ruim. ➢ Nos segmentos intermediários, logo a jusante do rio do Vieira na estação SFJ16, predominou IQA Ruim (55%), com ocorrência de 45% de IQA Médio. Nos demais pontos monitorados (VG004, SFJ18, SFJ20, SFJ22, SFJ23 e VG005) predominou IQA Médio. ➢ Pior condição nas chuvas, com prevalência de aumento dos percentuais do IQA Ruim, devido principalmente aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes. ➢ Predominou CT Baixa, com ocorrência de CT Média e Alta nos trechos monitorados. Pior condição no trecho a jusante da confluência do rio do Vieira, com 18% de CT Alta. Em geral, melhora no percurso do rio Verde Grande com aumento do percentual de CT Baixa. ➢ Pior condição nas chuvas, com aumento da CT Alta, embora tenha predominado CT Baixa em todos os trechos monitorados. ➢ No curso superior do rio Verde Grande destacaram-se as seguintes variáveis com desconformidade em relação ao padrão da classe 1: coliformes termotolerantes, clorofila *a*, oxigênio dissolvido, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal total, turbidez, sólidos em suspensão totais, cromo total, chumbo total, manganês total e ferro dissolvido. ➢ Após receber a contribuição do rio do Vieira, as águas do rio Verde Grande mostraram aumento nos percentuais de violação de fósforo total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fenóis totais, e nitrogênio amoniacal total e decréscimo em relação aos coliformes

termotolerantes, sólidos em suspensão totais, turbidez, ferro dissolvido e componentes prejudiciais, embora mantendo presença de cromo total, chumbo total e cádmio total.

- Ao longo do percurso do rio Verde Grande ocorreu decréscimo dos percentuais de violação de carga orgânica, metais e nutrientes e aumento em relação aos coliformes termotolerantes e clorofila *a*.
- No baixo curso do rio Verde Grande a jusante da confluência do rio Gorutuba ocorreu aumento dos percentuais de violação de clorofila *a*, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total, assim como de chumbo total, zinco total e cádmio total, e decréscimo em relação aos coliformes termotoletantes.
- Comparativamente ao alto curso, no segmento inferior do rio Verde Grande houve redução dos percentuais de desconformidade de oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio, assim como dos metais totais, cromo, chumbo, manganês e níquel, e de ferro dissolvido.
- Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram efeito tóxico crônico em 44% e 22% das amostras coletadas no rio Verde Grande no segmento localizado a montante e a jusante da confluência do rio Gorutuba, respectivamente.
- Presença e abundância dos moluscos invasores que possuem potencial de infestação no ambiente nos trechos do rio Verde Grande amostrados a partir da cidade de Capitão Enéas (SFC075/VG004, SFC107/SFJ22, SFC110/VG005 e SFC235/VG011).
- Os índices bióticos no trecho compreendido entre as cidades de Capitão Enéas e Jaíba apontaram para Moderada quantidade de matéria orgânica.
- Identificação de macrofauna muito pobre no trecho localizado após a confluência com o rio Gorutuba, caracterizando condições de degradação das águas.
- Presença do vetor da esquistossomose mansônica nos trechos situados entre os rios Caititu e Arapoim.
- O trecho situado a jusante do rio Caititu, de acordo com o índice biológico ASPT, foi caracterizado como “excessivamente poluído” em relação ao teor de carga orgânica.
- Ocorrência de níquel nos sedimentos do baixo curso do rio Verde Grande em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
- Verificação de impacto nas águas do rio São Francisco advindo do rio Verde Grande, devido ao aumento nos percentuais de violação para oxigênio dissolvido, retratando piores condições de oxigenação das águas após receber esse afluente.

Interferências / Características Relevantes

- Interferência de fontes difusas na degradação da qualidade das águas no curso superior, repercutindo em sobrecarga de material sólido reproduzida nos expressivos percentuais de violação de turbidez e sólidos em suspensão totais, assim como por teores expressivos dos metais cromo total, chumbo total, manganês total, ferro dissolvido, decorrente do uso e manejo inadequado do solo na agropecuária.
- Interferência de lançamento de esgotos sanitários no curso superior, refletida na ocorrência de resultados não conformes de coliformes termotolerantes, clorofila *a*, oxigênio dissolvido, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e nitrogênio amoniacal total.
- Predomínio do impacto negativo na qualidade das águas do rio Verde Grande advindo do lançamento de esgotos sanitários no trecho jusante ao aporte do rio do Vieira, refletido no aumento nos conteúdos de matéria orgânica e de nutrientes e prevalência de restrição de oxigenação.
- Insuficiência de saneamento básico repercutindo em condições sanitárias críticas no baixo curso do rio Verde Grande relacionada principalmente aos resultados não conformes de clorofila *a*, indicativos de pressão por matéria orgânica e por nutrientes.
- Aporte de componentes tóxicos transportados por afluentes, refletido na presença dos metais chumbo, zinco, cromo e cádmio, na forma total, e de cobre dissolvido, principalmente pelos afluentes rios do Vieira, Saçuapara e Gorutuba e pela suspensão de sedimentos da calha fluvial contendo esses metais.
- Contribuição positiva de afluentes que possuem boa qualidade de água, em especial rios Caititu, São Domingos e Quem Quem, para assimilação da carga de poluentes lançada no rio Verde Grande.
- Contribuição de carga difusa introduzida pelos afluentes do médio curso do rio Verde Grande, associada aos resultados não conformes de cor verdadeira, manganês total e ferro dissolvido.

Quadro 6.27 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio do Vieira no período de 1997 a 2008

Efeitos na Qualidade da Água
➢ Predominou IQA Ruim (66%), com ocorrência de IQA Muito Ruim (34%). ➢ Pior condição na estiagem com 57% de IQA Ruim e 43% de IQA Muito Ruim. ➢ Predominou CT Alta (68%). ➢ Pior condição na estiagem com 87% CT Alta. ➢ Resultados não conformes mais representativos: oxigênio dissolvido (100%), fósforo total (98%), manganês total (92%), DBO (85%), nitrogênio amoniacal total (80%), coliformes termotolerantes (78%); fenóis totais (49%), sólidos dissolvidos totais (37%), cromo total (33%), clorofila a (33%), sólidos em suspensão totais (20%), cianeto livre (17%), cor verdadeira (16%), chumbo total (14%), ferro dissolvido (13%), turbidez (12%); cobre dissolvido (11%) e zinco total (11%). ➢ Níveis de qualidade das águas mais desfavoráveis dentre as estações monitoradas. ➢ Águas duras a muito duras, atingindo valores próximos de 400 mg/L $CaCO_3$ de dureza total e resultados de alcalinidade total sistematicamente superiores a 150 mg/L $CaCO_3$. ➢ Resultado expressivo de densidade de cianobactérias (3.200 cél/mL), indicador biológico da presença de compostos tóxicos na água, embora em conformidade legal. ➢ Águas em condições impróprias à vida aquática em decorrência do lançamento de agentes contaminantes físicos e químicos, refletida nos ensaios ecotoxicológicos realizados com o organismo *Ceriodaphnia dubia*, com 50% dos resultados evidenciando efeito tóxico agudo. ➢ Quanto à avaliação hidrobiológica foram detectados bioindicadores de baixa qualidade das águas, quironomídeos e oligoquetas, que classificaram as águas com Poluição Excessiva. ➢ Presença de arsênio, cromo, mercúrio e níquel nos sedimentos em níveis que podem causar efeitos adversos à biota.
Interferências / Características Relevantes
➢ Insuficiência de saneamento básico do município de Montes Claros refletida em condições sanitárias críticas: • Os principais indicadores de interferência por matérias orgânica e fecal e por nutrientes registraram percentuais de não conformidade superiores a 75%, quais sejam: oxigênio dissolvido, fósforo total demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal total e coliformes termotolerantes. • Todas as concentrações de oxigênio dissolvido estiveram abaixo do limite mínimo legal da classe 2, mostrando-se mais sensíveis na estiagem. Comprometimento microbiológico das águas do rio do Vieira, especialmente nas chuvas, com base nas contagens das médias geométricas de coliformes termotolerantes. • Concentrações médias de demanda bioquímica de oxigênio elevadas na chuva e na seca, ultrapassando em mais de três vezes o padrão legal da classe 2. • Sobrecarga de matéria orgânica e de nutrientes e baixa oxigenação provoca degradação nas águas do rio Verde Grande, principalmente nas chuvas, no trecho a jusante de seu aporte. • Teores médios de fósforo total muito elevados, sendo que na estiagem as condições foram mais adversas, refletindo a dominância de cargas pontuais de origem doméstica. • Teores médios de nitrogênio amoniacal total elevados na chuva e na seca. ➢ Degradação da qualidade das águas devido ao lançamento de efluentes do diversificado parque industrial de Montes Claros refletida na presença de componentes prejudiciais, incluindo fenóis totais, cianeto livre e os metais cromo total, chumbo total, cobre dissolvido, zinco total e cádmio total. ➢ Número substancial de lançamentos de fontes pontuais, implicando em médias significativamente elevadas na estiagem em relação à condutividade elétrica e aos sólidos dissolvidos totais. ➢ Elevadas concentrações de manganês total implicaram num excesso de sólidos nessas águas, seja na forma dissolvida ou em suspensão, e em medidas consideráveis de cor verdadeira. ➢ Manejo inadequado do solo e degradação da vegetação natural refletidos em médias

substancialmente maiores no período chuvoso para os parâmetros sólidos em suspensão totais e turbidez.
- Maior média de fenóis totais na seca, devido ao lançamento por fontes pontuais, sejam indústrias ou esgotos sanitários.
- Interferência de despejos de indústrias e lançamento de esgotos sanitários contribuindo para teores representativos de cálcio e sódio.

Quadro 6.28 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Caititu no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
➢ Predominou IQA Bom (55%), com ocorrência de IQA Médio (45%). ➢ Pior condição no período de chuva com 20% de IQA Bom e 80% de IQA Médio. ➢ Ocorrência de 100% de CT Baixa tanto no período de chuva quanto na estiagem. ➢ Resultados não conformes mais representativos: coliformes termotolerantes (27%); cor verdadeira (27%), sólidos dissolvidos totais (18%), manganês total (18%), turbidez (9%); ferro dissolvido (9%) e cobre dissolvido (9%). ➢ Pouca variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, ferro dissolvido, manganês total e fenóis totais. ➢ Águas levemente básicas com predomínio de pH na faixa de 7,4 a 7,9. ➢ Medidas elevadas de condutividade elétrica com predomínio da faixa de 500 µS/cm a 600 µS/cm. ➢ Níveis de oxigenação satisfatórios com predomínio da faixa de 6,0 mg/L a 7,0 mg/L de oxigênio dissolvido. ➢ Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram ausência de efeito tóxico em 89% das amostras de águas superficiais e efeito tóxico crônico nas 11% restantes. ➢ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➢ Ocorrência de cromo e níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
➢ Interferência mediana de fontes difusas na degradação da qualidade das águas, refletida na pouca variabilidade dos resultados de sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, ferro dissolvido e manganês total. ➢ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, associada aos resultados não conformes de cobre dissolvido nas águas superficiais, assim como à presença de cromo e níquel nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais. ➢ Níveis de qualidade das águas mais favoráveis comparativamente aos afluentes, rios Suçuapara, Quem Quem e Arapoim. ➢ Condições sanitárias satisfatórias, retratadas na predominância de baixos conteúdos de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos e ocorrência natural de teores expressivos de sólidos dissolvidos.

Quadro 6.29 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio São Domingos em 2005

Efeitos na Qualidade da Água
Rio São Domingos ➢ Predominou IQA Bom (100%). ➢ Predominou CT Baixa (100%). ➢ Sem ocorrência de resultados não conformes. ➢ Condutividade elétrica natural, com medidas variando entre 95 µS/cm e 280 µS/cm. ➢ Os macroinvertebrados bentônicos classificaram o rio São Domingos com Escasso teor de matéria orgânica. Barragem São Domingos ➢ Predominou IQA Bom (75%), com ocorrência de IQA Excelente (25%). ➢ Predominou CT Baixa (100%). ➢ Resultados não conformes: oxigênio dissolvido (25%). ➢ Condutividade elétrica natural, com medidas variando entre 120 µS/cm e 155 µS/cm. ➢ As avaliações bióticas indicaram condições ambientais variando entre Boas e Médias.
Interferências / Características Relevantes
➢ A qualidade das águas do rio São Domingos mostrou-se em boas condições. ➢ A qualidade das águas da barragem São Domingos mostrou-se em boas condições, embora tenha ocorrido isoladamente nível de oxigenação inadequado, provavelmente em decorrência da dinâmica natural do oxigênio dissolvido no ambiente represado.

Quadro 6.30 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Suçuapara no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
➢ Predominou IQA Médio (64%), com ocorrência de IQA Muito Ruim (9%), IQA Ruim (18%) e IQA Bom (9%). ➢ Pior condição no período de chuva com 60% de IQA Médio, 20% de IQA Ruim e 20% de IQA Muito Ruim. ➢ Predominou CT Baixa (73%), com ocorrência de CT Média (9%) e CT Alta (18%). ➢ Pior condição no período de chuva com 40% de CT Baixa, 20% de CT Média e 40% de CT Alta. ➢ Resultados não conformes mais representativos: manganês total (55%), turbidez (55%); coliformes termotolerantes (45%); cor verdadeira (45%), sólidos em suspensão totais (36%), chumbo total (18%), ferro dissolvido (18%), cádmio total (9%), cobre dissolvido (9%), fósforo total (9%), oxigênio dissolvido (9%) e sólidos dissolvidos totais (9%). ➢ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão total, turbidez, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido e manganês total. ➢ Medidas mais baixas de condutividade elétrica em comparação aos afluentes, rios Caititu, Quem Quem e Arapoim, com predomínio da faixa de 280 µS/cm a 330 µS/cm. ➢ Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram efeito tóxico crônico em 55% das amostras de águas superficiais e ausência de efeito tóxico nas 45% restantes. ➢ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➢ Ocorrência de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
➢ Interferência expressiva de carga difusa na degradação da qualidade das águas, refletida nos registros máximos de sólidos em suspensão totais (7.516 mg/L), turbidez (15.450,0 UNT), cor verdadeira (4.884 mg Pt/L), ferro dissolvido (1,69 mg/L), manganês total (4,290 mg/L) e demanda química de oxigênio (204 mg/L), todos com ocorrência em períodos chuvosos. ➢ Condições microbiológicas inadequadas com ocorrência de contagem máxima de coliformes termotolerantes de 160.000 NMP/100mL associadas ao aporte expressivo carga difusa de origem urbana e pecuária. ➢ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido, chumbo total e cádmio total e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 6.31 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Quem Quem no período de junho de 2006 a dezembro de 2008 e afluentes em 2005.

Efeitos na Qualidade da Água
Rio Quem Quem ➢ Equivalência entre os níveis de IQA Ruim (38%) e Bom (38%) e ocorrência de IQA Médio (24%). ➢ Pior condição no período de chuva com 50% de IQA Ruim, 25% de IQA Médio e 25% de IQA Bom. ➢ Predominou CT Baixa (88%), com ocorrência de CT Média (12%). ➢ Pior condição no período de chuva com 75% de CT Baixa e 25% de CT Média. ➢ Resultados não conformes mais representativos: cor verdadeira (38%), oxigênio dissolvido (38%), fósforo total (25%), sólidos dissolvidos totais (25%), turbidez (25%), cobre dissolvido (13%), ferro dissolvido (13%) e manganês total (13%). ➢ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, cor verdadeira, oxigênio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. ➢ Medidas elevadas de condutividade elétrica com predomínio da faixa de 350 µS/cm a 950 µS/cm. ➢ Níveis de oxigenação inadequados com predomínio da faixa de 4,0 mg/L a 5,8 mg/L de oxigênio dissolvido. ➢ Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram ausência de efeito tóxico em 71% das amostras e efeito tóxico crônico nas 29% restantes. ➢ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➢ Ocorrência de níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota. Afluentes Barragem Canabrava ➢ Predominou IQA Excelente (67%), com ocorrência de 33% de IQA Bom. ➢ Predominou CT Baixa (100%). ➢ Resultados não conformes: fósforo total (67%) e nitrogênio amoniacal total (33%). ➢ As avaliações bióticas indicaram condições ambientais entre Boas e Médias. Córrego Canabrava ➢ Predominou IQA Médio (50%), com ocorrência de 25% de IQA Ruim e 25% de IQA Bom. ➢ Predominou CT Baixa (100%). ➢ Resultados não conformes: manganês total (100%), coliformes termotolerantes (25%), fósforo total (25%), nitrogênio amoniacal total (25%), oxigênio dissolvido (25%), sólidos em suspensão totais (25%) e turbidez (25%). ➢ Os organismos zoobentônicos caracterizaram ambiente impactado. Barragem Pedro Jú ➢ Predominou IQA Bom (75%), com ocorrência de 25% de IQA Excelente. ➢ Predominou CT Baixa (100%). ➢ Resultados não conformes: fósforo total (50%). ➢ As avaliações bióticas indicaram condições ambientais entre Boas e Médias. Rio Poções ➢ Predominou IQA Médio (100%),. ➢ Predominou CT Baixa (75%), com ocorrência de 25% de CT Média.

- Resultados não conformes: manganês total (75%), coliformes termotolerantes (50%), fósforo total (50%), turbidez (50%), ferro dissolvido (33%), DBO (25%), chumbo total (25%) e sólidos em suspensão totais (25%).
- Os organismos zoobentônicos caracterizaram ambiente impactado com predominância de insetos quironomídeos e moluscos exóticos (*Corbicula flumi*nea) e vetores da esquistosomose - *Biomphalaria sp*.

Interferências / Características Relevantes

Rio Quem Quem

- Contribuição de carga difusa associada a condições sanitárias inadequadas, refletidas em baixos níveis de oxigenação das águas e medidas elevadas de condutividade elétrica e associada a teores expressivos de demanda química de oxigênio.
- Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de níquel nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esse metal.

Afluentes

- Condições ambientais inadequadas na barragem Canabrava associadas a elevadas cargas de nutrientes, retratadas nos teores não conformes de fósforo total e nitrogênio amoniacal total.
- Insuficiência de saneamento básico refletida em condições sanitárias inadequadas no córrego Canabrava devido aos resultados não conformes de coliformes termotolerantes, fósforo total, nitrogênio amoniacal total e oxigênio dissolvido.
- Contribuição de carga difusa no córrego Canabrava associada a resultados não conformes de manganês total, sólidos em suspensão total e turbidez.
- Condições ambientais inadequadas na barragem Pedro Jú associadas a elevadas cargas de nutrientes, retratadas nos teores não conformes de fósforo total.
- Insuficiência de saneamento básico refletida em condições sanitárias inadequadas no rio Poções devido aos resultados não conformes de coliformes termotolerantes, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio.
- Contribuição de carga difusa no rio Poções associada a resultados não conformes de manganês total, ferro dissolvido, sólidos em suspensão total e turbidez.
- Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas do rio Poções, correlacionada aos resultados não conformes de chumbo total, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 6.32 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Arapoim no período de junho de 2006 a dezembro de 2008

Efeitos na Qualidade da Água
➢ Predominou IQA Bom (55%), com ocorrência de IQA Ruim (9%) e IQA Médio (36%). ➢ Pior condição no período de chuva com 20% de IQA Ruim, 40% de IQA Médio e 40% de IQA Bom. ➢ Predominou CT Baixa (91%), com ocorrência de CT Média (9%). ➢ Pior condição no período de chuva com 80% de CT Baixa e 20% de CT Média. ➢ Resultados não conformes mais representativos: coliformes termotolerantes (27%), cor verdadeira (18%), manganês total (18%), cobre dissolvido (9%), sólidos em suspensão totais (9%), turbidez (9%). ➢ Grande variabilidade dos resultados dos parâmetros: sólidos em suspensão totais, turbidez, cor verdadeira e coliformes termotolerantes. ➢ Medidas de condutividade elétrica mais baixas em comparação aos afluentes, rios Caititu e Quem Quem, com predomínio da faixa de 340 µS/cm a 410 µS/cm. ➢ Níveis de oxigenação adequados com predomínio da faixa de 7,0 mg/L a 8,0 mg/L de oxigênio dissolvido. ➢ Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram ausência de efeito tóxico em 56% das amostras e efeito tóxico crônico nas 44% restantes. ➢ Presença do vetor da esquistossomose mansônica. ➢ Ocorrência de chumbo, cromo e níquel nos sedimentos em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
➢ Condições microbiológicas inadequadas associadas ao aporte expressivo de carga difusa e ocorrência de contagem máxima de coliformes termotolerantes de 13.000 NMP/100mL. ➢ Interferência de atividades agrícolas na degradação da qualidade das águas, correlacionada aos resultados não conformes de cobre dissolvido e ao efeito tóxico crônico, detectados nas águas superficiais, assim como da presença de cromo, níquel e chumbo nos sedimentos, provavelmente em decorrência do uso de agrotóxicos e afins contendo esses metais.

Quadro 6.33 – Síntese dos efeitos e interferências na qualidade das águas do rio Gorutuba no período de 1997 a 2008

Efeitos na Qualidade da Água
➢ No rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba predominou IQA Médio (76%) com ocorrência de IQA Ruim (11%) e Bom (13%), assim como a montante da confluência com o rio Pacuí, com IQA Médio (53%), IQA Ruim (23%) e IQA Bom (23%). ➢ Pior condição nas chuvas, com aumento dos percentuais do IQA Ruim, devido principalmente aos resultados de turbidez e coliformes termotolerantes, além de fósforo total no trecho inferior. ➢ Foi registrado IQA Excelente no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra (25%) e no seu afluente rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca (35%), com predominância de IQA Bom. ➢ Predominou IQA Bom no rio São Domingos a montante da barragem São Domingos, rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra, rio das Lajes a montante e a jusante da barragem das Lajes e rio Gameleira a jusante da barragem Gameleira. ➢ Predominou IQA Ruim no rio Gorutuba a jusante da confluência com o rio Mosquito e no rio Mosquito próximo a sua foz no rio Gorutuba houve distribuição eqüitativa entre as faixas do IQA Ruim e Médio. ➢ Predominou IQA Excelente e Bom na zona fótica de ambientes lênticos amostrados na sub-bacia do rio Gorutuba, exceto no corpo da barragem da ASSIEG no município de Janaúba, onde

ocorreu IQA Ruim devido aos baixos teores de oxigênio dissolvido, mas com prevalência da faixa Média.

- Predominou CT Baixa, com ocorrência de CT Média e Alta no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba assim como no trecho a montante da confluência com o rio Pacuí.
- Pior condição na chuva, no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba, e na estiagem, no rio Gorutuba a montante da confluência com o rio Pacuí, com aumento no percentual de ocorrência da CT Alta.
- Ocorrência de CT Alta no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra devido a teor isolado de chumbo total.
- Predominou CT Baixa na zona fótica de ambientes lênticos amostrados na sub-bacia do rio Gorutuba.
- Na estação localizada a jusante da cidade de Janaúba os resultados não conformes mais representativos foram: oxigênio dissolvido (87%), manganês total (34%), coliformes termotolerantes (33%), cromo total (30%), fósforo total (13%).
- Na estação localizada a montante da confluência com o rio Pacuí os resultados não conformes mais representativos foram: oxigênio dissolvido (70%), manganês total (44%), ferro dissolvido (26%), clorofila *a* (25%), demanda bioquímica de oxigênio (23%), coliformes termotolerantes (23%), cromo total (23%), fósforo total (20%).
- Prevaleceram valores médios de pH entre 6,5 e 7,0, mais baixos no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e a montante da confluência com o rio Pacuí, comparativamente aos rios Verde Grande e do Vieira.
- Medidas de condutividade elétrica mais baixas no rio Gorutuba a jusante da cidade de Janaúba e a montante da confluência com o rio Pacuí em comparação com o rio Verde Grande, com medianas inferiores a 300 µS/cm.
- Percentual de 100% de ocorrências de concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do limite inferior da legislação no rio Gorutuba a montante da barragem da ASSIEG e no corpo da barragem e a jusante da confluência com o rio Mosquito e no próprio rio Mosquito.
- Presença do componente tóxico nitrogênio amoniacal total na barragem Bico da Pedra e no rio das Lajes e de chumbo total nos rios Poções e Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra.
- Condição favorável de qualidade de água nos rios São Domingos a montante da barragem São Domingos e Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, visto que todos os resultados analítico mostraram-se em conformidade com a legislação.
- Teores não conformes dos agrotóxicos DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) e Metoxicloro no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra (SFC115), na barragem da ASSIEG, a jusante da confluência com o rio Mosquito e a montante da confluência do rio Pacuí, assim como na Lagoa Grande e no rio Mosquito.
- Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram ausência de efeito tóxico no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, a montante da barragem da ASSIEG, a jusante da cidade de Janaúba, a jusante da confluência com o rio Mosquito e a montante da confluência com o rio Pacuí.
- Ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dúbia* indicaram efeito tóxico crônico no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra.
- Os macroinvertebrados bentônicos mostraram a melhor qualidade no rio Gorutuba a montante da barragem Bico da Pedra e no seu afluente o rio Serra Branca, caracterizando ambiente com teor Escasso de matéria orgânica.
- As comunidades fito e zooplanctônicas apontaram densidades mais baixas e riquezas de espécies mais altas no rio Gorutuba a jusante da barragem Bico da Pedra, refletindo o resultado do índice de diversidade, que caracteriza ambiente com águas mais limpas.
- As populações planctônicas refletiram condições mais impactantes para o meio aquático no rio Gorutuba a montante da barragem da ASSIEG, a jusante da cidade de Janaúba e a jusante da confluência com o rio Mosquito.
- Populações planctônicas com baixas densidades e o índice de diversidade classificaram o rio Gorutuba no corpo da barragem da ASSIEG com Poluição entre Fraca a Moderada.
- O rio Mosquito mostrou enriquecimento orgânico com densidades altas, tanto para o fito quanto para o zooplâncton e resultados mais altos do índice biótico, sendo classificado entre Poluição Forte a Moderada.
- Nas barragens das Lajes e da Gameleira as comunidades do plâncton mostraram alta produtividade mas baixa riqueza de espécies. Os pontos localizados a montante e a jusante

destes barramentos indicaram, pela avaliação das comunidades da macrofauna, baixo teor de matéria orgânica e, portanto, boas condições dos biótopos. ➢ O rio Serra Branca a jusante da barragem Serra Branca apresentou a lista mais completa dentre os bioindicadores de boa qualidade das águas, recebendo a maior nota do BMWP/ASPT e quanto ao índice saprobiótico foi atribuída condição de águas de qualidade Excelente. ➢ Ocorrência de arsênio, cromo e níquel nos sedimentos do rio Gorutuba em níveis tais que podem ocasionar efeito tóxico adverso à biota.
Interferências / Características Relevantes
➢ Interferência de lançamento de esgotos sanitários na estação localizada a jusante da cidade de Janaúba, refletida na ocorrência de resultados não conformes de oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e fósforo total. ➢ Manutenção da interferência de lançamento de esgotos sanitários na estação localizada a montante da confluência com o rio Pacuí, refletida na ocorrência de resultados não conformes de oxigênio dissolvido, clorofila *a*, DBO, coliformes termotolerantes e fósforo total. ➢ Interferência de fontes difusas na degradação da qualidade das águas no rio Gorutuba decorrente do uso e manejo inadequado do solo na agricultura, reproduzida nos expressivos percentuais de violação dos metais, manganês total e cromo total, assim como de ocorrências isoladas de cádmio total e zinco total. ➢ Evolução da degradação do ambiente aquático ao longo do percurso do rio Gorutuba, com a invasão de plantas aquáticas em seu leito em decorrência do aporte de despejos domésticos. ➢ Contaminações por agrotóxicos na água e arsênio nos sedimentos do rio Gorutuba no corpo da barragem da ASSIEG indicaram deposição de carga de poluentes advinda da agricultura desenvolvida região. ➢ Detecção de agrotóxicos nas águas do rio Gorutuba e afluentes reflete o impacto advindo das atividades agrícolas, com repercussão no rio Verde Grande e até mesmo no rio São Francisco.

* CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

6.1.2.2. Águas Subterrâneas

Com relação às águas subterrâneas, a avaliação englobou os dados da rede piloto de monitoramento das águas subterrâneas do Estado de Minas Gerais, desenvolvida no âmbito do convênio CODEVASF/IGAM. Foram considerados ainda os resultados do trabalho do IGAM, Aperfeiçoamento do Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia / Bacia do Rio São Francisco (Mapa 6.13).

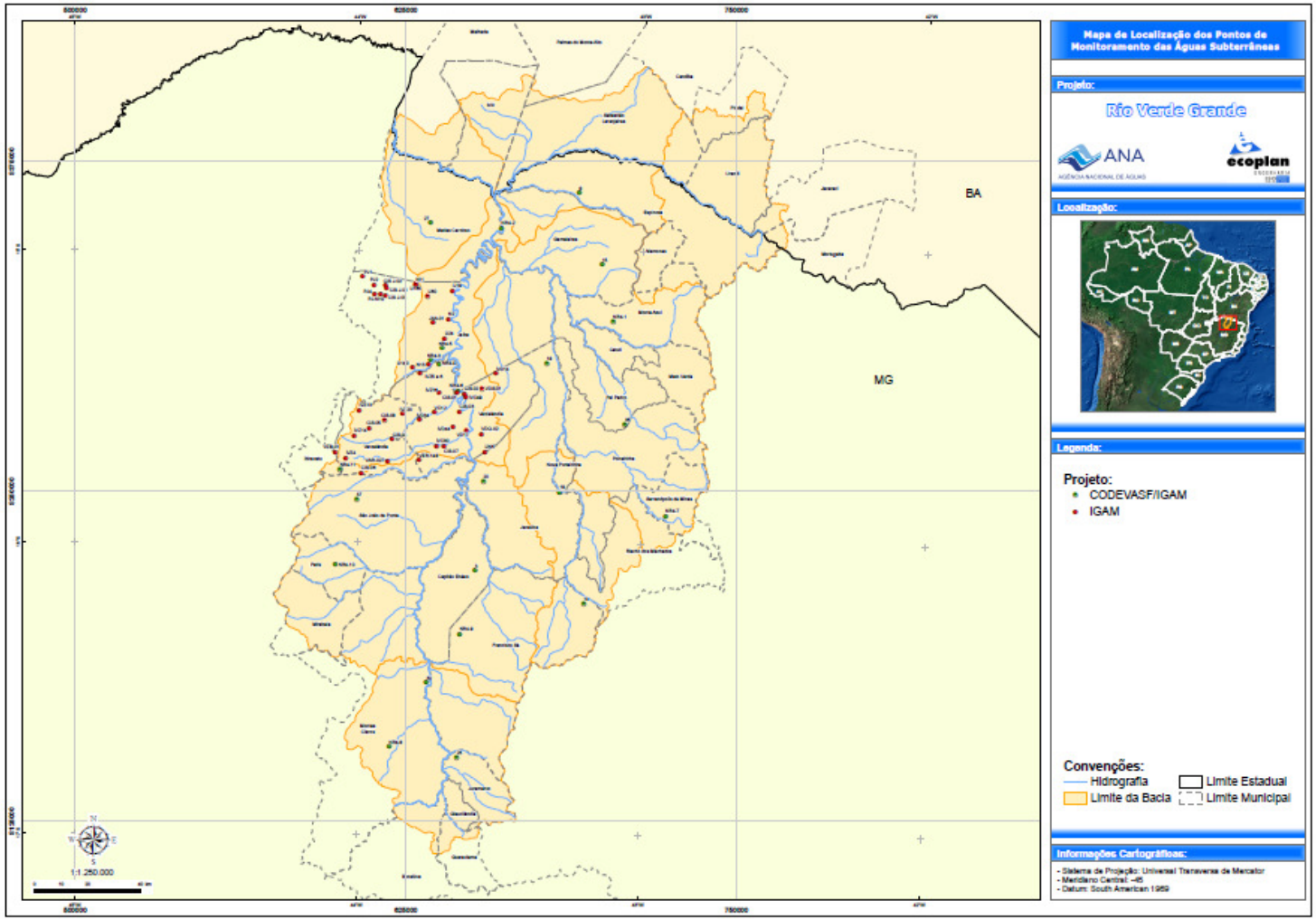
Ademais, para aperfeiçoar o diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas foi consultado o projeto de pesquisa "Processos geradores de concentração anômala de fluoreto na água subterrânea em região semi-árida: estudo de caso em aqüífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí nos municípios de Verdelândia, Varzelândia e Jaíba, Minas Gerais". Esse estudo foi executado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN e Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, tendo sido concluído em fevereiro de 2009.

Os resultados da avaliação qualitativa das águas subterrâneas foram consolidados em mapas, um para cada rede de monitoramento, onde estão indicadas por ponto de coleta as variáveis com resultados não conformes em relação à Resolução CONAMA Nº 396/2008[77]. A análise completa deste estudo encontra-se no Relatório Temático de Qualidade de Água.

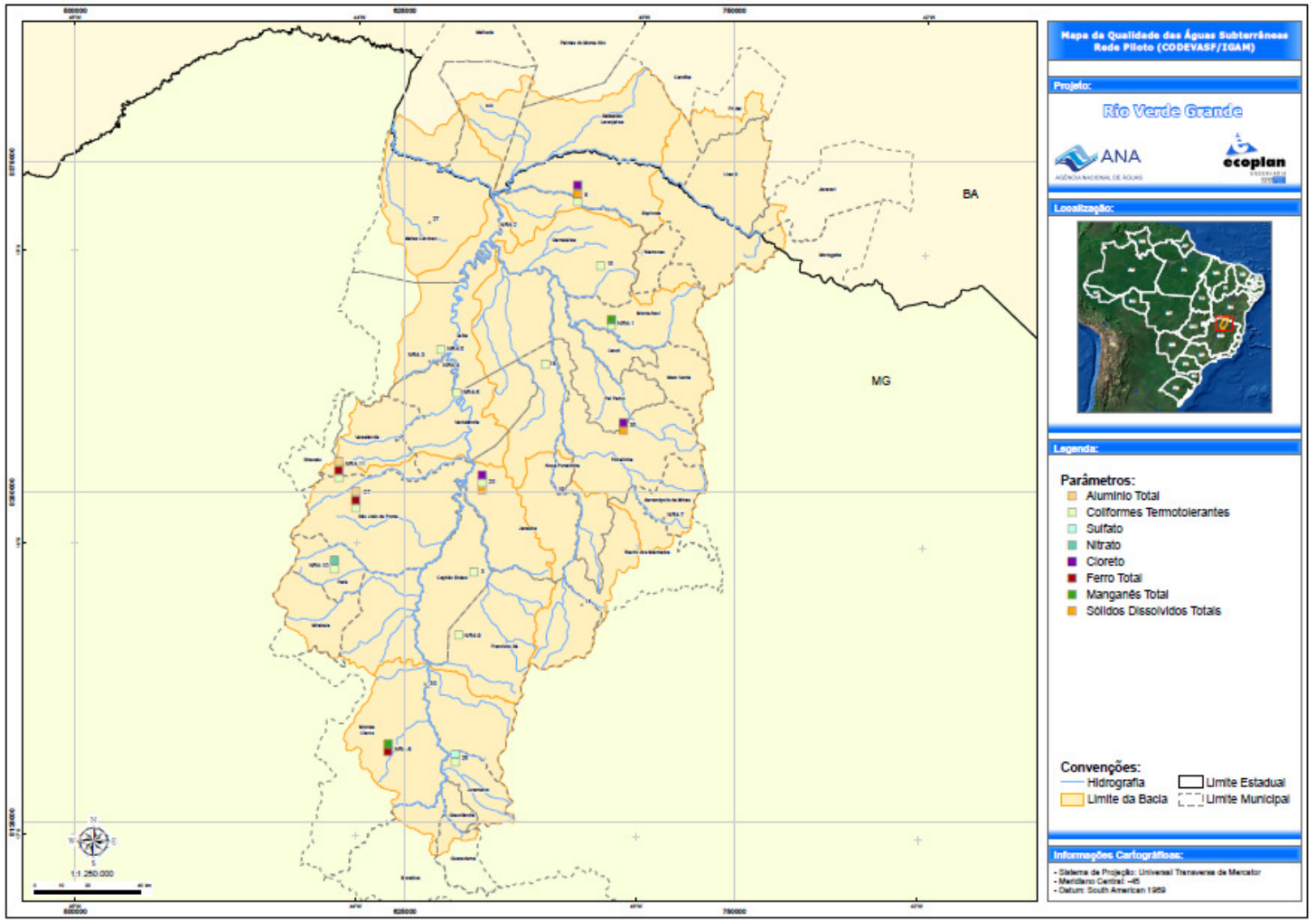
Em relação à rede piloto (Mapa 6.14) foi observada não conformidade na maioria das estações de amostragem, sendo que o parâmetro coliformes termotolerantes apresentou a maior freqüência de ocorrência, indicando quadro insatisfatório de contaminação patogênica por esgotos sanitários, uma vez que predomina o uso das águas nos pontos de amostragem para consumo humano. Também foram detectadas não conformidades em relação a cloreto, sulfato e sólidos dissolvidos totais indicando potencial de salinização. As ocorrências de alumínio total, ferro total e manganês total podem ser atribuídas a aspectos construtivos e de manutenção dos poços e cisternas amostrados. A presença de nitrato no poço NR4-8, município de Montes Claros, refletiu a infiltração de esgotos sanitários e a disposição de efluentes de diversas origens no solo.

Quanto à rede do projeto de aperfeiçoamento (Mapa 6.15), persistiram nas águas subterrâneas amostradas os parâmetros detectados na rede piloto em valores acima do padrão da legislação, reforçando a presença generalizada de coliformes termotolerantes e de teores não conformes de nitrato nos pontos IVD44 (Verdelândia), CIS-J-01 (Jaíba) e CIS-08 (Varzelândia), associando-se à infiltração de esgotos sanitários no solo e a interferências de fontes difusas relacionadas à agricultura. A detecção de resultados não conformes do metal tóxico chumbo total em um número expressivo de estações de amostragem também deve estar relacionada ao uso e manejo inadequado do solo agrícola. Adicionalmente, as ocorrências naturais de fluoreto em diversos poços localizados no município de Jaíba devem ser consideradas como um fator limitante do uso das águas subterrâneas, de forma a proteger a saúde humana.

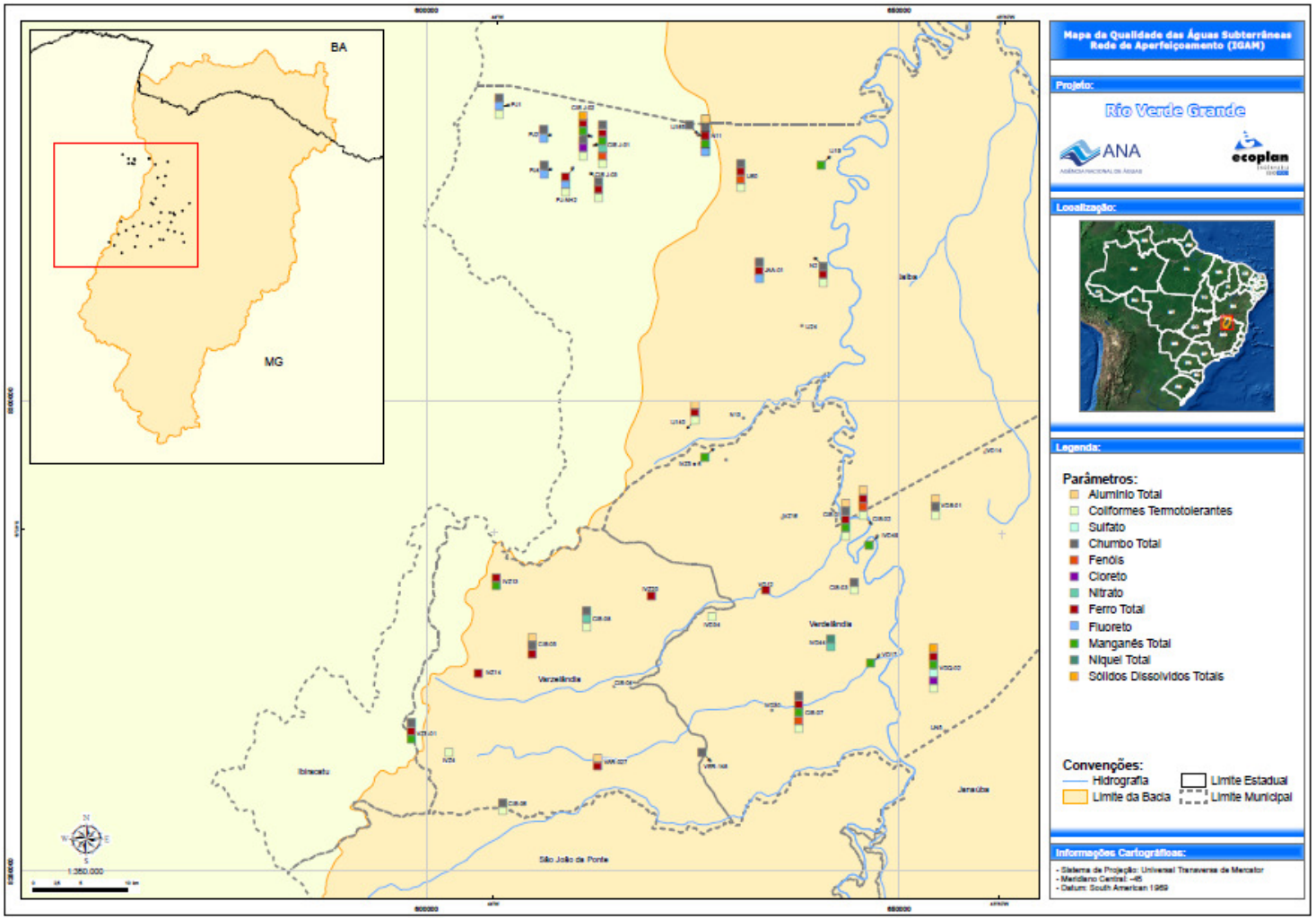
[77] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução CONAMA Nº. 396, de 03 de abril de 2008.



Mapa 6.13 – Localização dos Pontos de Monitoramento das águas subterrâneas.



Mapa 6.14 – Parâmetros não conformes com os padrões legais de qualidade de águas subterrâneas no período de abr/05 a mar/06 (Convênio CODEVASF/IGAM)



Mapa 6.15– Parâmetros não conformes com os padrões legais de qualidade de águas subterrâneas no período de set/07 a set/08 (Projeto de Aperfeiçoamento)

6.2. DIAGNÓSTICO DAS DEMANDAS HÍDRICAS

As categorias de uso consuntivo consideradas neste trabalho foram irrigação, abastecimento animal, abastecimento humano (urbano e rural) e abastecimento industrial.

Foram consideradas como vazões de retirada as vazões captadas, vazões de retorno as vazões lançadas nos corpos d'água após o seu uso e as vazões consumidas a diferença entre as vazões de retirada e de retorno.

A estimativa das vazões de retirada, de retorno e consumida pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) foi realizada para cada um dos municípios pertencentes à área correspondente a cada unidade de análise considerada, sendo a vazão de retirada de cada tipo de usuário obtida pelo somatório das vazões relativas a todos os municípios pertencentes à área considerada.

No cálculo da vazão de retirada para o abastecimento urbano considerou-se que, se a sede do município se encontra na área analisada, toda a população atendida está na área e, portanto, toda a vazão de retirada foi computada nessa área. Para o cálculo da vazão de retirada pela irrigação e para os abastecimentos animal e rural foi considerado o critério de proporcionalidade da área do município localizada na unidade de análise considerada.

6.2.1. Dessedentação Animal

A estimativa da demanda de água para o dessedentação animal foi realizada com base na equação:

$$Q_{m,a} = \sum (P_{m,ay} \; q_{a,y}) \qquad (1)$$

em que

$Q_{m,a}$ = vazão de retirada para o abastecimento animal no município, L d^{-1};

P_{m,a_y} = número de cabeças do rebanho para cada espécie animal no município, cab (obtido no censo agropecuário de 2007 do IBGE); e

q_{ay} = vazão per capita para cada espécie animal, L $d^{-1}cab^{-1}$.

A vazão per capita correspondente a cada espécie animal é apresentada no Quadro a seguir.

Quadro 6.34 – Vazão per capita correspondente a cada espécie animal.

Espécie Animal	Vazão "per capita" (L/dia)	Espécie Animal	Vazão "per capita" (L/dia)
Asinino	50,0	Equino	50,0
Aves	0,36	Muar	50,0
Bovino	50,0	Ovino	10,0
Caprino	10,0	Suíno	12,5

Considerou-se a vazão de retorno como 20% da vazão de retirada e a vazão consumida foi obtida pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

6.2.2. Abastecimento humano

6.2.2.1. Abastecimento humano urbano

A vazão de retirada pelo abastecimento urbano foi calculada a partir do volume de água produzido. Este volume é definido como o volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição.

Os volumes de água produzidos em cada um dos municípios considerados foram os apresentados nos relatórios gerenciais da COPASA relativos ao mês de abril de 2009. Nos casos em que a COPASA não atua no município foram utilizados os dados do SNIS (2007). Para os municípios não informados foram adotados os consumos per capita médios dos municípios constantes do SNIS por estado conforme descrito no capítulo relativo ao abastecimento de água na bacia do Verde Grande.

A Norma Brasileira 9649, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), recomenda, na falta de valores experimentais, o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno (ALEM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999). Portanto, a vazão de retorno para o abastecimento humano urbano foi obtida pela equação:

$$Q_{m,u,r} = 0,8\, Q_{m,u} \qquad (2)$$

em que

$Q_{m,u}$ = vazão de retirada para o abastecimento urbano no município, L d^{-1}.

$Q_{m,u,r}$ = vazão de retorno para o abastecimento urbano no município, L d^{-1}.

A vazão consumida foi obtida pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

6.2.2.2. Abastecimento humano rural

A demanda rural foi estimada pela equação:

$$Q_{ret,rur}=P_{nao,aten}q_{rur} \qquad (3)$$

em que

$Q_{ret,rur}$ = Vazão de retirada para o abastecimento rural, L d^{-1};

$P_{nao,aten}$ = população não atendida pelo sistema de abastecimento de água, hab; e

q_{rur} = consumo médio per capita de água no meio rural, L hab^{-1} d^{-1}.

A população não atendida pelo sistema de abastecimento de água foi obtida pela diferença entre a população total do município, disponível no Censo Demográfico do IBGE (2007), e a população total atendida, disponível no banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2007).

Para os municípios que não possuíam dados de população atendida no SNIS, como é o caso de Gameleiras/MG, Mamonas/MG, Sebastião Laranjeiras/BA e Urandi/BA, e para o município de Guaraciama, que embora esteja no banco de dados, a população atendida é superior à população total apresentada pelo IBGE em 2007, a estimativa da população não atendida pelo sistema de abastecimento de água foi feita com base nos municípios que apresentavam a mesma faixa populacional daqueles com dados faltantes.

No Quadro a seguir são apresentados os valores da proporção média da população atendida em relação à população total para as faixas populacionais, estabelecidas com base nos dados do SNIS, dos Estados de Minas Gerais e da Bahia.

Quadro 6.35 – Proporção média da população atendida por faixa populacional para os municípios de Minas Gerais e da Bahia contidos no SNIS

Estado	Faixa populacional	Proporção média da população atendida
MG	2.500 a 7.499	59,5
	7.500 a 12.499	51,4
	12.500 a 17.499	76,6
	17.500 a 32.500	52,8
BA	2.500 a 7.499	-
	7.500 a 12.499	44,7
	12.500 a 17.499	32,2
	17.500 a 32.500	39,7

Com base na estimativa da proporção média da população atendida em cada faixa populacional estimou-se, para os cinco municípios, a população não atendida, e, com base nesta, a vazão de retira foi estimada pela equação 3.

Na consideração do consumo per capita no meio rural foram utilizados os valores propostos pela ANA (2003) no documento "Base de Referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos" e adotados no trabalho do ONS (2003), sendo estes apresentados no Quadro a seguir.

Em virtude da bacia do Verde Grande ser caracterizada como uma região de escassez de água utilizou-se a vazão per capita correspondente aos Estados de Alagoas, Goiás e Piauí, a qual se acredita que seja mais representativa das condições da bacia.

Quadro 6.36 – Vazão per capita no meio rural, conforme o estado considerado

Estados	Vazão "per capita" L/ (hab.d)
AL, GO, PI	70
AC, BA, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO	100
AM, AP, MG, RJ, RS, RR, SP	125

Fonte: ANA (2003).

Considerou-se a vazão de retorno igual a 50% da vazão de retirada, conforme ONS (2003) e a vazão consumida pelo abastecimento rural foi obtida pela diferença entre a vazão retirada e a vazão de retorno.

6.2.3. Irrigação

A estimativa da vazão de retirada pela irrigação foi baseada na metodologia do trabalho do ONS (2003), sendo esta obtida com base na irrigação total necessária e na área irrigada de cada cultura em cada mês no município, sendo determinada pela equação:

$$Q_{m,i} = \sum_{i=1}^{cn} \left[\frac{ET_{rc,m,m} - P_{ef,m,m}}{E_a} \right] A_{m,i,c} \quad (4)$$

em que

$Q_{m,i}$ = vazão de retirada pela irrigação no município, L d^{-1};

$ET_{rc,m,m}$ = evapotranspiração real da cultura em cada mês no município, mm d^{-1};

$P_{ef,m,m}$ = precipitação efetiva mensal no município, mm d^{-1};

E_a = eficiência de aplicação, adimensional;

$A_{m,i,c,m}$ = área irrigada da cultura no município em cada mês, ha; e

Cn = número de culturas irrigadas no município.

A evapotranspiração real mensal de cada cultura foi obtida pela equação:

$$ET_{rc,m,m} = ET_{o,m,m} \; K_c \; K_s \quad (5)$$

em que:

$ET_{o,m,un}$ = evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência no município, mm;

K_c = coeficiente da cultura, adimensional; e

K_s = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional.

Para o cálculo da evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência no município foi utilizado o método de Penman-Monteith, contido na publicação da FAO 56 (ALLEN et al., 1998). Em decorrência da falta de dados climáticos diários, usaram-se as normais climatológicas do período de 1960 a 1990, contidas em Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992). De posse dos dados de evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência em cada estação meteorológica, procedeu-se a sua espacialização na bacia, o que permitiu a obtenção da evapotranspiração mensal da cultura de referência de cada mês, em cada município.

Os coeficientes de cultura em cada estádio de desenvolvimento das culturas foram obtidos na publicação da FAO 56 (ALLEN et al., 1998), tendo sido as culturas irrigadas predominantes na bacia em 1996 (último ano de censo) a banana, o milho e o feijão.

Em cada cultura foi associado o método de irrigação de uso mais freqüente, sendo o método de irrigação por aspersão associado às culturas temporárias e o de irrigação localizada às culturas permanentes. Considerando os resultados obtidos por Ramos e Pruski (2003), adotaram-se os valores de 0,81 e 0,88 para K_s e de 0,70 e 0,79 para E_a nas irrigações por aspersão e localizada, respectivamente.

Para o cálculo da precipitação efetiva foi utilizado o método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture, contido na publicação da FAO 24 (DOORENBOS e PRUITT, 1977). Esse método estima a precipitação efetiva média mensal em função dos valores da precipitação média mensal, da evapotranspiração potencial mensal da cultura e da capacidade total de água no solo. Adotou-se um valor de armazenamento (ΔS) médio de água no solo de 75 mm.

Para uma melhor representatividade das vazões de retirada utilizou-se, ao invés das precipitações médias mensais do ano de 1996, consideradas no estudo do ONS (2003), os valores médios mensais do período de análise (1979 a 2002).

Em virtude da ausência de dados censitários referentes à área irrigada de cada cultura em cada mês no município, necessitou-se proceder a sua estimativa a partir das informações existentes. Para tal foi necessário estimar um valor inicial da área irrigada para cada cultura no município, sendo esse valor posteriormente corrigido pela multiplicação por um fator de correção que permitiu que a soma das áreas irrigadas para cada cultura fosse igual à área irrigada total do município (apresentada no censo).

A área irrigada de cada cultura e em cada ano no município foi estimada por:

$$A_{m,i,c,a} = A_{m,i,c,a,vi}\ fc \qquad (6)$$

em que:

$A_{m,i,c,a}$ = área irrigada da cultura em cada ano no município, ha;

$A_{m,i,c,a,vi}$ = estimativa inicial da área irrigada da cultura a cada ano no município, ha; e

fc = fator de correção da área irrigada no município, adimensional.

A estimativa inicial da área irrigada de cada cultura e cada ano no município foi feita pela equação:

$$A_{m,i,c,a,vi} = \frac{A_{e,i,c,a}}{A_{e,c,c,a}} A_{m,c,c,a} \quad (7)$$

em que:

$A_{e,i,c,a}$ = área irrigada da cultura em cada ano no estado, ha (obtida do censo agropecuário do IBGE);

$A_{e,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no estado, ha (obtida do censo agropecuário do IBGE); e

$A_{m,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no município, ha (obtida do censo agropecuário do IBGE).

O fator de correção foi determinado pela equação:

$$fc = \frac{A_{m,i,t,a}}{\sum_{i=1}^{cn} A_{m,i,c,a,vi}} \quad (8)$$

em que $A_{m,i,t,a}$ é a área total irrigada no município no ano, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE).

Em virtude da ausência de dados censitários referentes à área colhida de cada cultura, em cada mês no município e no censo, essa área foi determinada pela equação:

$$A_{m,c,c,m} = A_{m,c,c,a}\ fc_{e,c,c,m_i} \quad (9)$$

em que:

$A_{m,c,c,m}$ = área colhida da cultura em determinado mês no município, ha (obtida do censo agropecuário do IBGE); e

$fc_{e,c,c,mi}$ = fator de correção da área colhida da cultura no mês i no estado.

O fator de correção da área colhida da cultura do mês i no estado foi estimado pela equação:

$$fc_{e,c,c,m_i} = \frac{A_{e,c,c,mi}}{A_{e,c,c,a}} \quad (10)$$

em que $A_{e,c,c,mi}$ é a área colhida da cultura do mês i no estado, ha (obtida do censo agropecuário do IBGE).

A fim de caracterizar a distribuição da área irrigada no transcorrer do ano somaram-se, da menor para a maior, as áreas colhidas da cultura, em cada mês, no município até a obtenção da área total irrigada da cultura por ano no município. As áreas colhidas que não foram computadas para a obtenção da área total irrigada foram consideradas áreas onde não ocorreu irrigação.

Depois de obtidas as áreas irrigadas por mês da cultura no município, procedeu-se a uma defasagem correspondente ao ciclo da cultura, visando a obtenção da data de plantio, a partir da qual se fez o cálculo de vazão requerida pela irrigação.

A área irrigada por mês no município foi obtida considerando todas as áreas irrigadas por mês de cada cultura existente.

Como o último ano de realização de censo agropecuário com dados de área irrigada foi o de 1996 foram utilizados os valores de área deste censo, entretanto este censo não continha dados dos municípios de Catuti, Gameleiras, Glacilândia, Guaraciama, Ibiracatu, Nova Porteirinha, Pai Pedro, Patis, Serranópolis de Minas e Verdelândia, uma vez que estes foram emancipados em 1995. No Quadro a seguir são apresentados os municípios emancipados e os de origem.

Quadro 6.37 – Municípios emancipados em 1995 e os respectivos municípios dos quais foram originados

Municípios de origem	Municípios emancipados
Mato Verde	Catuti
Mirabela	Patis
Monte Azul	Gameleiras
Juramento	Glaucilândia
Porteirinha	Nova Porteirinha Pai Pedro Serranópolis de Minas
Bocaiúva	Guaraciama Olhos d'água
Varzelândia	Ibiracatu Verdelância*

* Verdelândia foi desmembrada de Varzelândia e Janaúba.

Desta forma, foi necessária a obtenção das áreas dos municípios de origem antes dos desmembramentos ocorridos em 1995 para a estimativa da proporção dos municípios dentro das unidades de análise.

As perdas por percolação e escoamento ocorridas na aplicação da água por cada tipo de irrigação foram tidas como retorno, não sendo consideradas as perdas na condução da água. Portanto, a vazão de retorno foi obtida pela equação:

$$Q_{m,i} = \sum_{i=1}^{cn} \left[\frac{ET_{rc,m,m} - P_{ef,m,m}}{E_a} \right] A_{m,i,c,m}\, 10.000 \left(P_p + P_{esc}\right) \qquad (11)$$

em que:

$Q_{m,i,r}$ = vazão de retorno referente à irrigação no município, L d^{-1};

P_p = perdas por percolação, adimensional; e

P_{esc} = perdas por escoamento, adimensional.

Considerou-se que não seria irrigada a cultura caso a precipitação efetiva fosse maior que a evapotranspiração real da cultura.

As perdas por percolação mais as perdas por escoamento foram estimadas pela equação:

$$(P_p + P_{esc}) = 1 - P_{evp} - E_a \qquad (12)$$

em que P_{evp} são as perdas por evaporação e deriva, adimensional.

Para os sistemas de irrigação por aspersão foi adotada uma perda por evaporação e deriva igual a 10,9% (RAMOS e PRUSKI, 2003). Nos sistemas de irrigação localizada essa perda foi considerada nula. Dessa forma, levando-se em conta que as eficiências de aplicação consideradas na irrigação por aspersão e localizada foram de 0,70 e 0,79, respectivamente, o somatório das perdas por percolação e escoamento foram iguais a 19% na irrigação por aspersão e a 21% na irrigação localizada. A vazão consumida foi determinada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

Tendo em vista as informações de CODEVASF (2009), de que os municípios abrangidos pelo Projeto de Irrigação do Jaíba são Jaíba, Matias Cardoso e Verdelânda, não foram consideradas, para cômputo das vazões de retirada na bacia do Verde Grande, as vazões de retirada correspondentes a estes municípios, justamente pelo fato do Projeto de Irrigação do Jaíba retirar água do rio São Francisco. A vazão de retorno advinda destes municípios, relativa às perdas por escoamento e por percolação, entretanto, foi considerada como sendo correspondente à bacia do Verde Grande, o que ocasionou uma vazão consumida negativa nestes municípios.

6.2.4. Indústria

Tendo em vista a pequena expressividade da atividade industrial na bacia do Verde Grande, e dada a dificuldade para a sua quantificação, em virtude da inexistência nos censos industriais de dados relativos às quantidades produzidas por classe de atividade industrial em nível de município, considerou-se as vazões de retirada por este segmento como sendo aquelas outorgadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Considerou-se o valor de coeficiente de retorno semelhante ao utilizado para o segmento urbano, ou seja, 0,8. A vazão consumida foi determinada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

6.3. DEMANDA DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS OITO UNIDADES DE ANÁLISE DA BACIA DO VERDE GRANDE

No Quadro a seguir são apresentados os valores de vazões médias de retirada e de consumo para cada um dos segmentos de usuários nas oito unidades de análise da bacia do Verde Grande. Nos gráficos da Figura 6.28 se apresentam as proporções associadas a cada um desses usuários.

O principal segmento usuário responsável pelo consumo de água na bacia é a irrigação, sendo esta responsável por vazões consumidas que variam de 54,1% (Alto Verde Grande) a 86,8% (Médio e Baixo Gorutuba). Quando da análise das vazões de retirada a proporção representada pela irrigação se torna mais baixa, tendo em vista o fato de que os outros segmentos são responsáveis por percentuais de retorno mais elevados que a irrigação. Com isto se evidencia que na bacia do Alto Verde Grande, onde se situa o município de Montes Claros, com uma população de 352.384 habitantes, a vazão de retirada pelo segmento urbano, que possui um retorno de 80% da vazão de retirada, corresponde a 63,6% da vazão total. Mesmo nesta situação o segmento correspondente à irrigação é o mais impactante em termos quantitativos, à medida que representa, em termos das vazões médias consumidas, 54,1% do consumo total.

A irrigação possui, ainda, uma particularidade que aumenta a sua criticidade em relação aos demais segmentos, que é o fato de apresentar a maior variação sazonal do consumo de água, e deste consumo crescer expressivamente no período crítico, ou seja, de estiagem.

Quadro 6.38 – Vazões retiradas e consumidas médias nas unidades de análise

Unidades de Análise	Vazões retiradas ($m^3 s^{-1}$)						Vazões consumidas ($m^3 s^{-1}$)					
	Animal	Urbano	Rural	Industrial	Irrigação	Total	Animal	Urbano	Rural	Industrial	Irrigação	Total
Alto Verde Grande (AVG)	0,099	0,823	0,008	-	0,363	1,294	0,080	0,165	0,004	-	0,292	0,540
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	0,344	0,876	0,037	-	1,369	2,626	0,275	0,175	0,019	-	1,098	1,567
Alto Gorutuba (AG)	0,055	0,094	0,006	0,020	0,408	0,582	0,044	0,019	0,003	0,004	0,326	0,396
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	0,202	0,170	0,038	0,020	1,915	2,344	0,161	0,034	0,019	0,004	1,429	1,647
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	0,620	1,087	0,087	0,020	3,614	5,428	0,496	0,217	0,043	0,004	2,665	3,426
Alto Verde Pequeno (AVP)	0,043	0,042	0,022	-	0,411	0,518	0,035	0,008	0,011	-	0,331	0,384
Baixo Verde Pequeno (BVP)	0,089	0,047	0,033	-	0,637	0,806	0,071	0,009	0,017	-	0,512	0,609
Baixo Verde Grande (BVG)	0,744	1,134	0,125	0,020	4,317	6,340	0,596	0,227	0,063	0,004	3,186	4,075

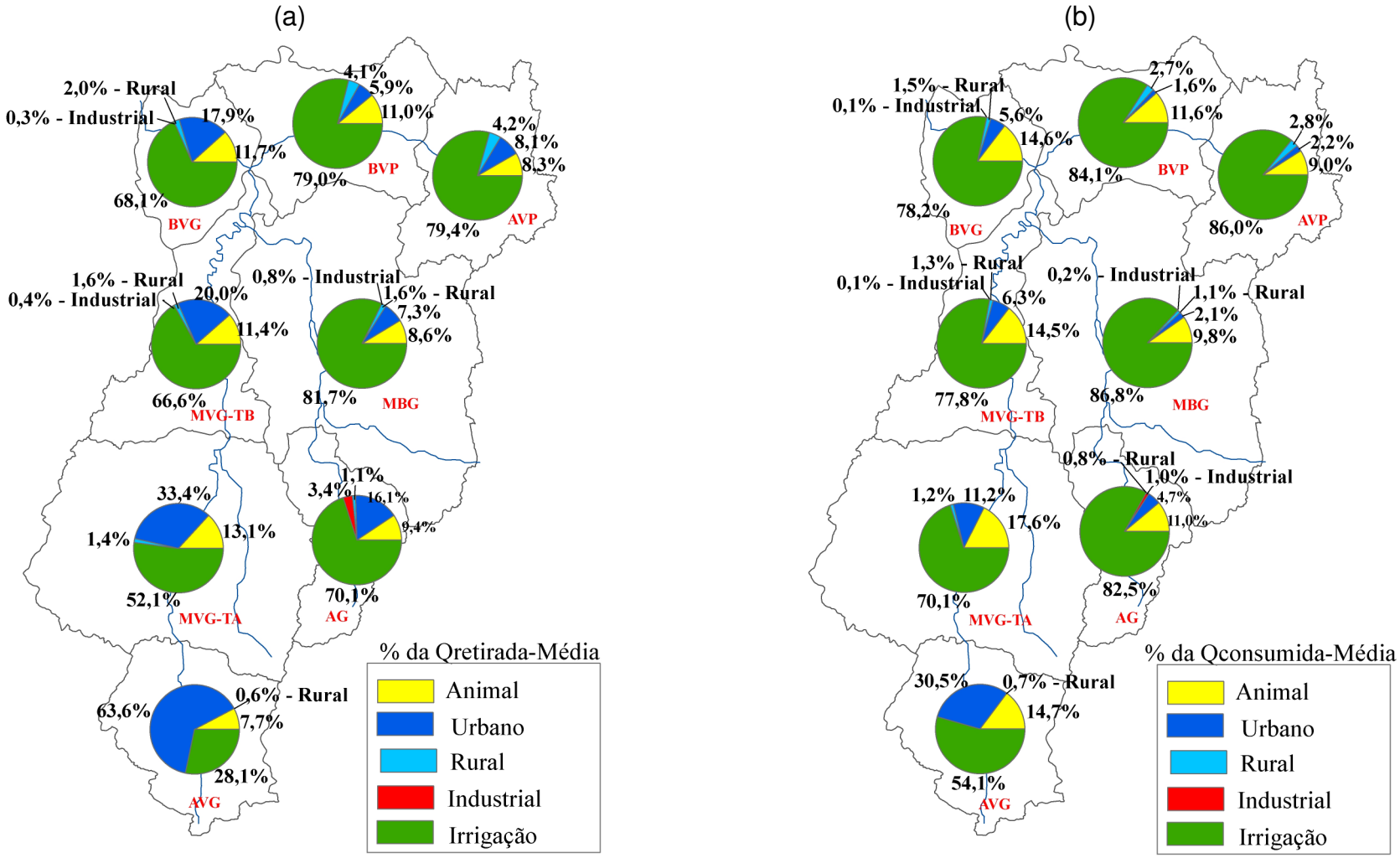


Figura 6.28 – Proporções associadas a cada um dos usuários das vazões retiradas (a) e consumidas (b) médias nas unidades de análise.

Para fins de representação da variação do consumo de água pela irrigação ao longo do tempo se apresenta, para Porteirinha, município com a maior área irrigada na bacia, e para a principal cultura irrigada neste município (banana), Figura 6.29, a análise do comportamento das diversas variáveis associadas ao consumo de água pela irrigação, ou seja, a evapotranspiração potencial (ET_0), a evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}), a precipitação (P), a precipitação efetiva (P_{ef}) e o consumo específico, A evapotranspiração e as precipitações foram expressas em mm d^{-1} com o intuito de uma melhor comparação entre as variáveis.

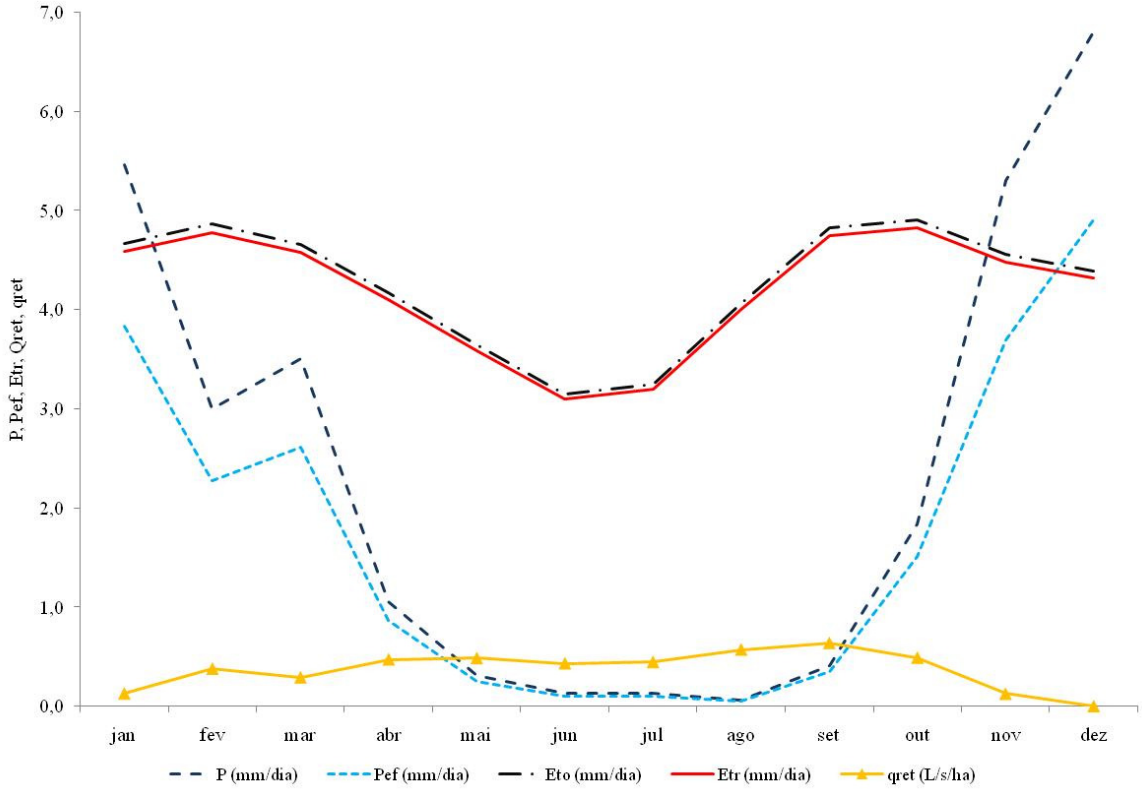


Figura 6.29 – Evapotranspiração potencial da cultura de referência (mm d^{-1}), evapotranspiração da banana (mm d^{-1}), precipitação (mm d^{-1}), precipitação efetiva (mm d^{-1}) e vazão unitária de retirada pela irrigação para a cultura da banana (L s^{-1} ha^{-1}) ao longo do ano no município de Porteirinha.

As precipitações médias mensais nos meses de junho a agosto foram inferiores a 4 mm $mês^{-1}$. As maiores precipitações ocorreram nos meses de dezembro (210,9 mm $mês^{-1}$), janeiro (169,2 mm $mês^{-1}$) e novembro (159,1 mm $mês^{-1}$). Uma vez que a precipitação efetiva se refere apenas à parte da precipitação utilizada para atender à demanda evapotranspirométrica das culturas, seus valores foram menores que os correspondentes à precipitação real. Nos meses de menores precipitações (maio a setembro), a precipitação efetiva apresentou valores bastante baixos, próximos aos da precipitação real. À medida que a precipitação real aumenta, a precipitação efetiva também aumenta, embora a

diferença entre essas duas variáveis também aumente. Assim é que, no mês de maior precipitação (dezembro), 152,14 mm $mês^{-1}$ tornam-se efetivamente disponíveis para a cultura, sendo 58,76 mm $mês^{-1}$ perdidos do ponto de vista de utilização pelas culturas irrigadas,

A evapotranspiração potencial da cultura de referência variou de 3,15 mm d^{-1} (94,38 mm $mês^{-1}$), no mês de junho, a 4,90 mm d^{-1} (152,04 mm $mês^{-1}$), no mês de outubro. A evapotranspiração real da cultura, representada pelo produto da evapotranspiração potencial da cultura pelo coeficiente de umidade do solo, apresentou a mesma tendência de comportamento da evapotranspiração potencial da cultura de referência, entretanto com uma magnitude de cerca de 99% desta, uma vez que o valor do coeficiente de cultura médio foi da ordem de 1,117 e o coeficiente de umidade do solo foi de 0,88, variando, portanto, de 3,09 a 4,82 mm d^{-1}, sendo que, exceto para o mês de dezembro, em todos os demais meses houve consumo de água pela irrigação.

Conforme também se pode evidenciar na Figura 2, o maior consumo unitário foi observado em setembro, mês em que, embora a evapotranspiração real da cultura não tenha sido máxima nem a precipitação efetiva tenha sido mínima, ocorreu a maior diferença entre essas duas variáveis, ocasionando uma vazão unitária de 0,63 L s^{-1} ha^{-1}. A vazão unitária média em Porteirinha para a cultura da banana foi de 0,37 L s^{-1} ha^{-1}.

No Quadro 6.39 são apresentados os valores das vazões de retirada e de consumo para cada um dos segmentos de usuários nas oito unidades de análise da bacia do Verde Grande no mês em que a demanda pela irrigação foi máxima. Nos gráficos da Figura 6.30 se apresentam as proporções associadas a cada um desses usuários.

No mês de maior demanda pela irrigação, este setor foi responsável por mais de 69% do consumo total de água nas unidades de análise da bacia do Verde Grande, chegando a representar 90,8% no Médio e Baixo Gorutuba.

Já em relação às vazões de retirada, a irrigação chegou a ser responsável por 87,0% (Médio e Baixo Gorutuba) da retirada total de água na bacia. No Alto Verde Grande, região caracterizada por uma elevada vazão de retirada pelo segmento urbano, no mês de maior demanda pela irrigação a vazão de retirada por este segmento (responsável por 42,6% do total retirado) aproximou-se do valor retirado para o abastecimento urbano (responsável por 50,8% do total retirado).

Quadro 6.39 – Vazões retiradas e consumidas nas unidades de análise no mês em que a demanda pela irrigação foi máxima

Unidades de Análise	Vazões retiradas (m3 s-1)						Vazões consumida (m3 s-1)					
	Animal	Urbano	Rural	Industrial	Irrigação_Max	Total	Animal	Urbano	Rural	Industrial	Irrigação_Max	Total
Alto Verde Grande (AVG)	0,099	0,823	0,008	-	0,691	1,622	0,080	0,165	0,004	-	0,556	0,804
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	0,344	0,876	0,037	-	2,317	3,574	0,275	0,175	0,019	-	1,857	2,326
Alto Gorutuba (AG)	0,055	0,094	0,006	0,020	0,622	0,797	0,044	0,019	0,003	0,004	0,497	0,566
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	0,202	0,170	0,038	0,020	2,874	3,303	0,161	0,034	0,019	0,004	2,145	2,363
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	0,620	1,087	0,087	0,020	5,655	7,469	0,496	0,217	0,043	0,004	4,231	4,991
Alto Verde Pequeno (AVP)	0,043	0,042	0,022	-	0,622	0,729	0,035	0,008	0,011	-	0,500	0,554
Baixo Verde Pequeno (BVP)	0,089	0,047	0,033	-	0,998	1,167	0,071	0,009	0,017	-	0,803	0,899
Baixo Verde Grande (BVG)	0,744	1,134	0,125	0,020	6,558	8,581	0,596	0,227	0,063	0,004	4,890	5,779

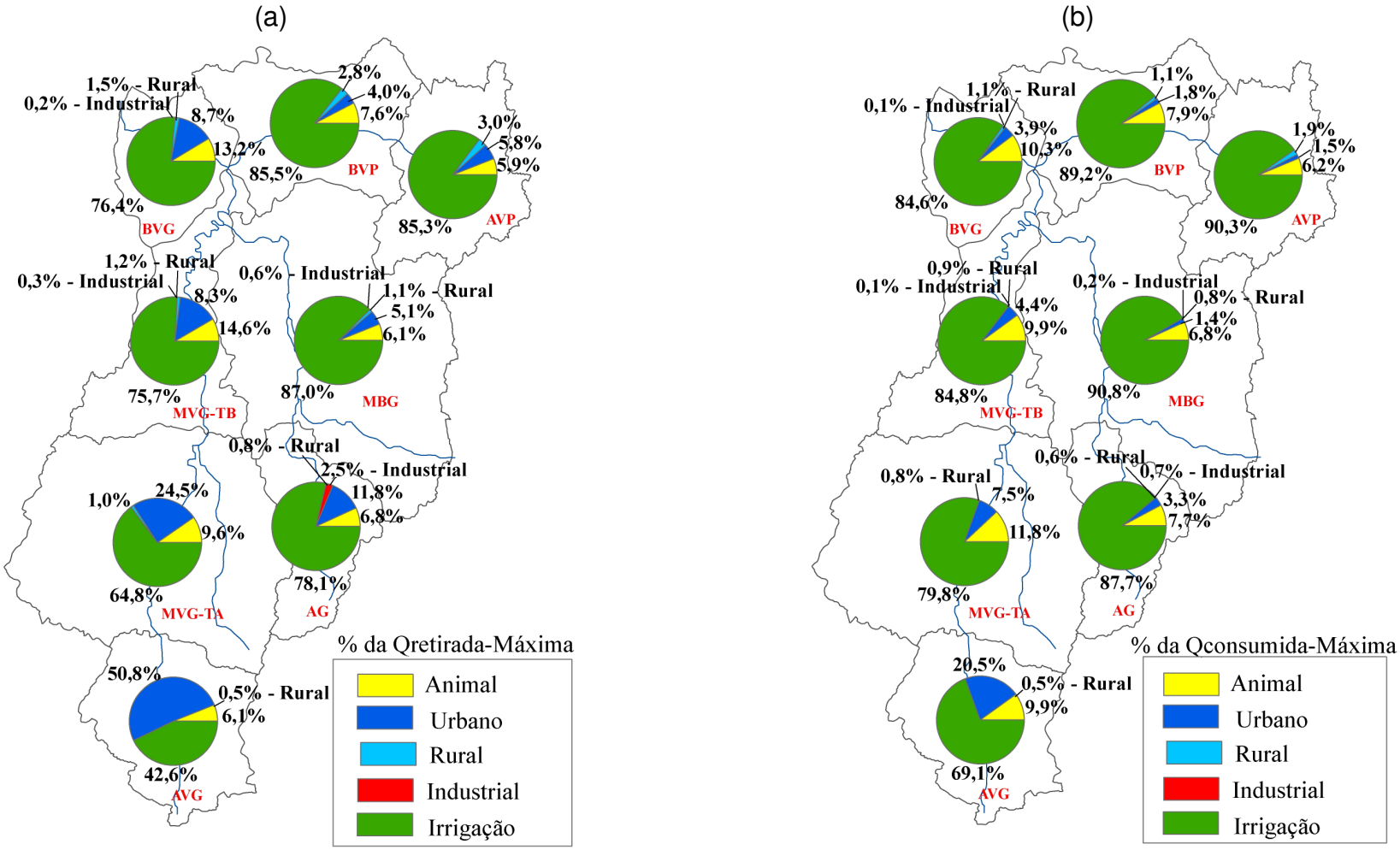


Figura 6.30 – Proporções associadas a cada um dos usuários das vazões retiradas (a) e consumidas (b), referente ao mês de maior demanda pela irrigação, nas unidades de análise.

6.3.1. Vazões outorgadas e cadastro de irrigantes

No Quadro 6.40 são apresentadas as vazões superficiais mensais outorgadas na bacia do Verde Grande pelo IGAM e pela ANA, sendo o IGAM responsável por 22 outorgas e a ANA por duas.

Algumas destas outorgas possuem mais de uma finalidade de uso, sendo a esta atribuída a finalidade que demanda uma maior quantidade de água. As variações sazonais das vazões ocorreram somente para os usos correspondentes à dessedentação animal e à irrigação, sendo o mês de setembro o de maior vazão outorgada.

Visando a análise no mês de maior vazão outorgada, no Quadro 6.41 são apresentadas as vazões outorgadas neste mês, por tipo de uso e em cada unidade de análise da bacia do Verde Grande.

Nas unidades do Alto, Médio e Baixo Gorutuba e Alto e Baixo Verde Pequeno, as vazões outorgadas para a irrigação foram responsáveis por mais de 57,9% do total outorgado, chegando a valores de 99,3% no Alto e Baixo Verde Pequeno. Nas demais unidades prevaleceram as outorgas para o abastecimento humano, representando 87,4% do total outorgado na bacia do Verde Grande, sendo a irrigação responsável por apenas 11,1%.

No Quadro 6.42 estão apresentadas as vazões retiradas pela irrigação levantadas pelo cadastro de irrigantes realizado pela ANA nas oito unidades de análise. Na bacia do Verde Grande as vazões levantadas pelo cadastro de irrigantes (1,507 m^3/s) foram 7,4 vezes superiores às vazões outorgadas para este segmento (0,205 m^3/s).

Mesmo com o aumento da vazão cadastrada em relação à vazão outorgada para a irrigação, esta ainda é bem inferior à estimada com base nos dados do censo agropecuário. Na bacia do Verde Grande a vazão anual estimada como de retirada pela irrigação (4,317 m^3/s) foi 2,9 e 21,1 vezes superior às vazões cadastradas e outorgadas por este segmento, respectivamente. Considerando a vazão retirada pela irrigação no mês de maior demanda estimada (6,558 m^3/s) esta foi 4,4 e 32,1 vezes superior às vazões cadastradas e outorgadas para este segmento, respectivamente.

Quadro 6.40 – Vazões mensais outorgadas pela ANA e pelo IGAM

Finalidades	Órgão Gestor	Unidades de Analise	Processo Outorga	Município	Bacia	Vazão outorgada (m^3/s)											
						jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Humano	IGAM	AVG	02074/1990	Juramento	Rio Juramento	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
	IGAM	AVG	02129/1989	Montes Claros	Rio do Cedro	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840	0,0840
	IGAM	AVG	02132/1989	Montes Claros	Córrego dos Porcos	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390
	IGAM	AVG	02133/1989	Montes Claros	Rio Juramento	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680	1,2680
	IGAM	AVG	12285/1997	Montes Claros	Rio Vieira	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170	0,1170
	IGAM	AVP	00730/2002	Mamonas	Rio Galheiros	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
	IGAM	MBG	01797/1993	Monte Azul	Rio Pacuí	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	IGAM	MBG	02131/1989	Serranópolis de Minas	Rio Gurutuba	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250
	IGAM	MBG	02134/1989	Serranópolis de Minas	Rio Gurutuba	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730	0,0730
	IGAM	MBG	02325/2002	Porteirinha	Rio Serra Branca	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
	IGAM	MBG	01860/1993	Porteirinha	Rio Gurutuba	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
	IGAM	MVG-TA	00034/2005	Capitão Enéas	Rio Quem Quem	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Indústria	IGAM	AG	05378/2006	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194
	ANA	AG	02501.002580/03-13	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038
Animal	IGAM	MBG	07729/2007	Monte Azul	Rio Gorutuba	0,0003	0,0002	0,0009	0,0009	0,0013	0,0011	0,0014	0,0017	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001
Irrigação	ANA	AG	02501.000056/04-81	Nova Porteirinha	Rio Gorutuba	0,0254	0,0450	0,1175	0,0367	0,0842	0,0900	0,1021	0,1004	0,1113	0,0975	0,0575	0,0325
	IGAM	AVP	04233/2005	Mamonas	Rio Galheiros	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350	0,0362	0,0350
	IGAM	MBG	00415/2008	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0054	0,0060	0,0064	0,0071	0,0064	0,0056	0,0063	0,0073	0,0091	0,0083	0,0003	
	IGAM	MBG	05069/2006	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0115	0,0127	0,0125	0,0135	0,0115	0,0105	0,0101	0,0133	0,0169	0,0156	0,0036	0,0010
	IGAM	MBG	05070/2006	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0007	0,0006	0,0006	0,0008	0,0010	0,0010	0,0002	0,0002
	IGAM	MBG	05071/2006	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0138	0,0153	0,0151	0,0163	0,0138	0,0126	0,0122	0,0160	0,0204	0,0188	0,0044	0,0012

Finalidades	Órgão Gestor	Unidades de Analise	Processo Outorga	Município	Bacia	Vazão outorgada (m^3/s)											
						jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	IGAM	MBG	00416/2008	Janaúba	Rio Gorutuba	0,0031	0,0034	0,0036	0,0043	0,0036	0,0032	0,0031	0,0041	0,0051	0,0046	0,0027	
	IGAM	MBG	08219/2007	Porteirinha	Rio Gorutuba	0,0035	0,0039	0,0042	0,0047	0,0042	0,0036	0,0039	0,0049	0,0058	0,0053	0,0002	
Aqüicultura	IGAM	AVG	04042/2003	Juramento	Rio Ribeirão	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041	0,0041			

Quadro 6.41 – Vazões outorgadas e percentagens das vazões outorgadas nas unidades de análise por finalidade de uso

Unidades de Análise	Vazão outorgada (m^3/s)						Vazão outorgada (%)				
	Humano	Indústria	Animal	Irrigação	Aquicultura	Total	Humano	Indústria	Animal	Irrigação	Aquicultura
Alto Verde Grande (AVG)	1,513				0,004	1,517	99,7				0,3
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	0,0009 (1,514)*				(0,004)*	0,0009 (1,518)*	99,7				0,3
Alto Gorutuba (AG)		0,023		0,111		0,134		17,2		82,8	
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	0,100	(0,023)*	0,0003	0,058 (0,170)*		0,158 (0,293)*	34,1	7,9	0,1	57,9	
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	(1,614)*	(0,023)*	(0,0003)*	(0,170)*	(0,004)*	(1,811)*	89,1	1,3	0,01	9,4	0,2
Alto Verde Pequeno (AVP)	0,0002			0,035		0,035	0,7			99,3	
Baixo Verde Pequeno (BVP)	(0,0002)*			(0,035)*		(0,035)*	0,7			99,3	
Baixo Verde Grande (BVG)	(1,614)*	(0,023)*	(0,0003)*	(0,205)*	(0,004)*	(1,846)*	87,4	1,3	0,01	11,1	0,2

*Valores acumulados nas unidades de análise situadas a montante.

Quadro 6.42 – Vazões retiradas pela irrigação levantadas pelo cadastro de irrigantes realizado pela ANA

Unidades de Análise	Vazões (m^3/s)
Alto Verde Grande (AVG)	0,011
Médio Verde Grande - Trecho Alto (MVG-TA)	0,634 (0,645)*
Alto Gorutuba (AG)	0,011
Médio e Baixo Gorutuba (MBG)	-
Médio Verde Grande - Trecho Baixo (MVG-TB)	0,847 (1,503)*
Alto Verde Pequeno (AVP)	-
Baixo Verde Pequeno (BVP)	-
Baixo Verde Grande (BVG)	0,004 (1,507)*

*Valores acumulados nas unidades de análise situadas a montante.

6.4. BALANÇO HÍDRICO

Nas Figuras a seguir estão representadas as disponibilidades hídricas naturais e as demandas de uso de água para cada uma das oito unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande. A disponibilidade hídrica natural é expressa pelas vazões mínimas, representadas pela $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}, estimadas de duas formas. A primeira, correspondente à condição dita "atual", e advinda do estudo de regionalização descrito no item Disponibilidade Hídrica, realizado considerando a série de dados históricos correspondente ao período de 1979 a 2002 e, portanto, já refletindo o forte crescimento da economia regional, impulsionado, sobretudo, pela ampliação da agricultura irrigada. A segunda forma de expressão da disponibilidade hídrica natural, dita "original", foi obtida pela média das vazões quantificadas considerando as vazões específicas das estações fluviométricas de Boca da Caatinga e Colônia do Jaíba no período anterior a 1979.

Em termos práticos fica evidente que a disponibilidade natural, representada pelas vazões mínimas, tanto a "atual" como a "original", caracteriza a insuficiência de vazões para dar suporte às atividades econômicas já existentes na bacia. Em todas as oito unidades de análise se constata que as vazões de retirada estimadas, mesmo a vazão média de retirada, supera até mesmo a Q_{90} dita "original", indicando que, caso as retiradas fossem todas superficiais, a disponibilidade natural seria insuficiente para atender as demandas por mais de 10% do tempo, mesmo que toda a vazão existente no rio fosse destinada ao

consumo. Ocorreu situação em que a vazão média estimada como de retirada superou em mais de três vezes a Q_{90}. A análise da disponibilidade hídrica torna-se ainda mais severa quando se considera o mês de maior demanda, quando esta passa a atingir valores até quatro vezes maiores que a Q_{90} dita "original".

Tendo em vista o acentuado impacto advindo das atividades desenvolvidas na bacia a partir de 1979 nas vazões mínimas evidencia-se que a disponibilidade hídrica superficial dita "atual" é inexpressiva em relação às demandas, sendo esta insuficiente até mesmo para garantir o abastecimento urbano.

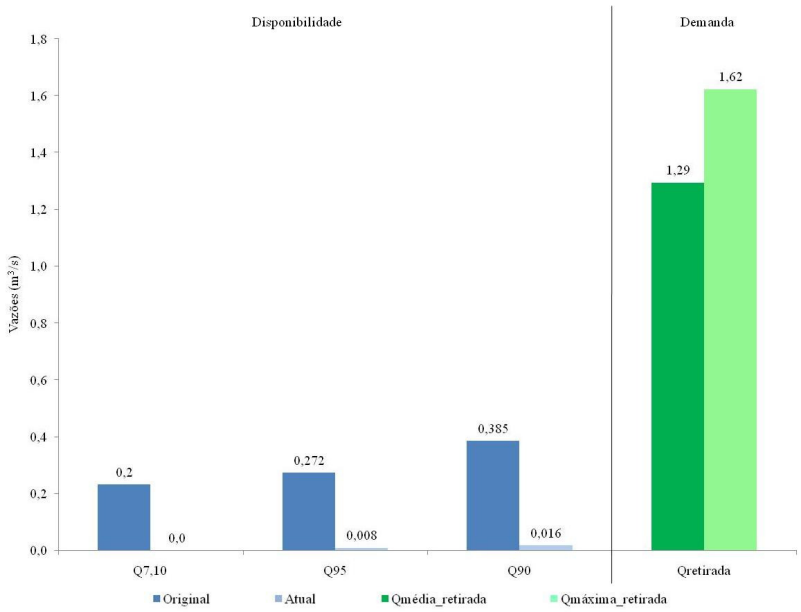


Figura 6.31 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Alto Verde Grande.

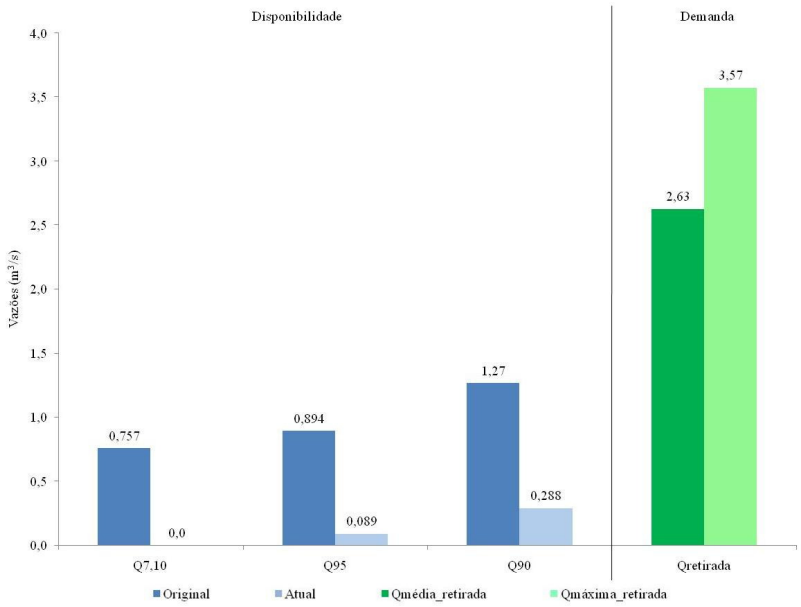


Figura 6.32 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Médio Verde Grande – Trecho Alto.

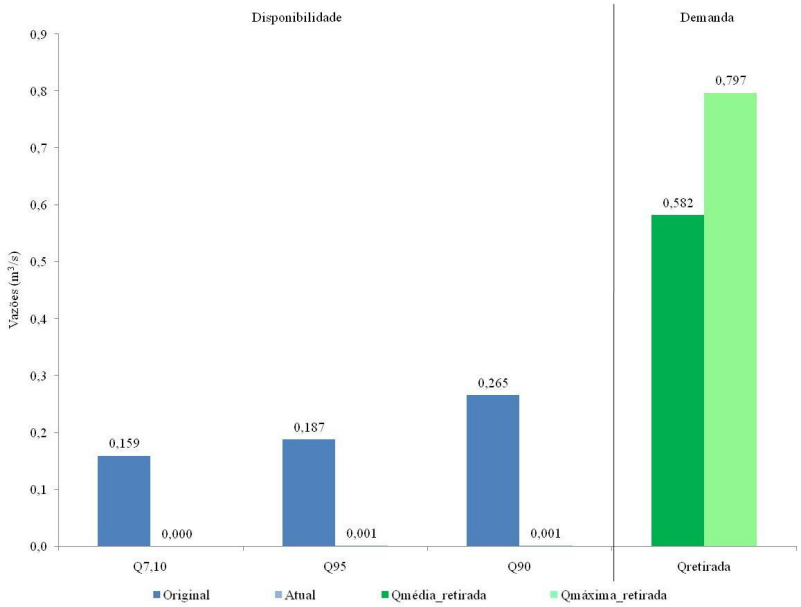


Figura 6.33 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Alto Gorutuba.

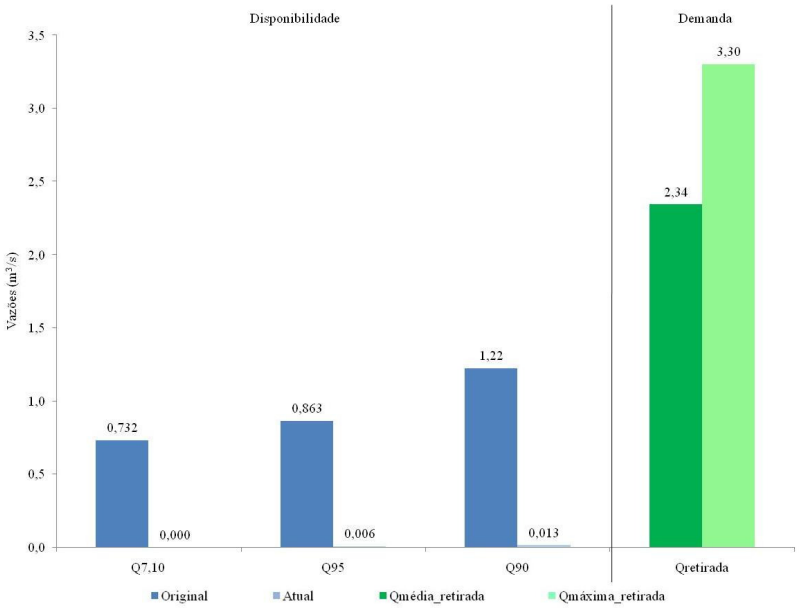


Figura 6.34 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Médio e Baixo Gorutuba.

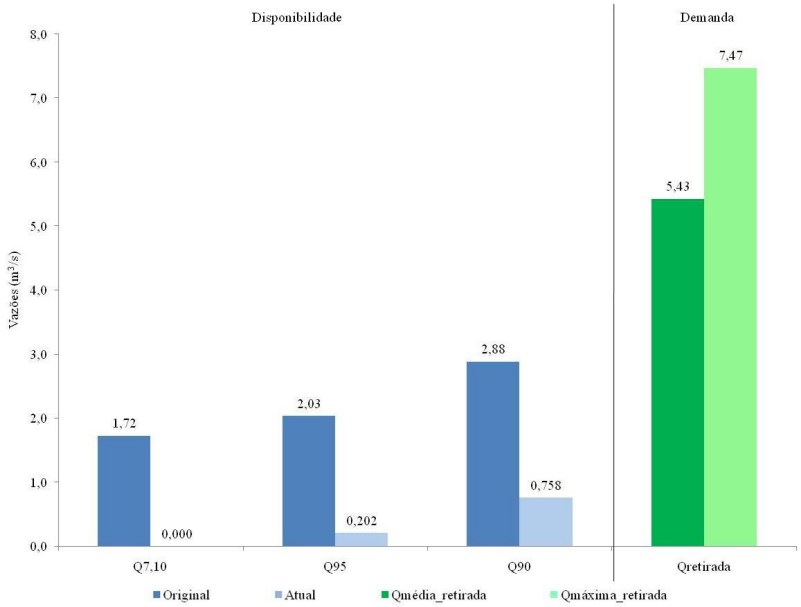


Figura 6.35 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Médio Verde Grande – Trecho Baixo.

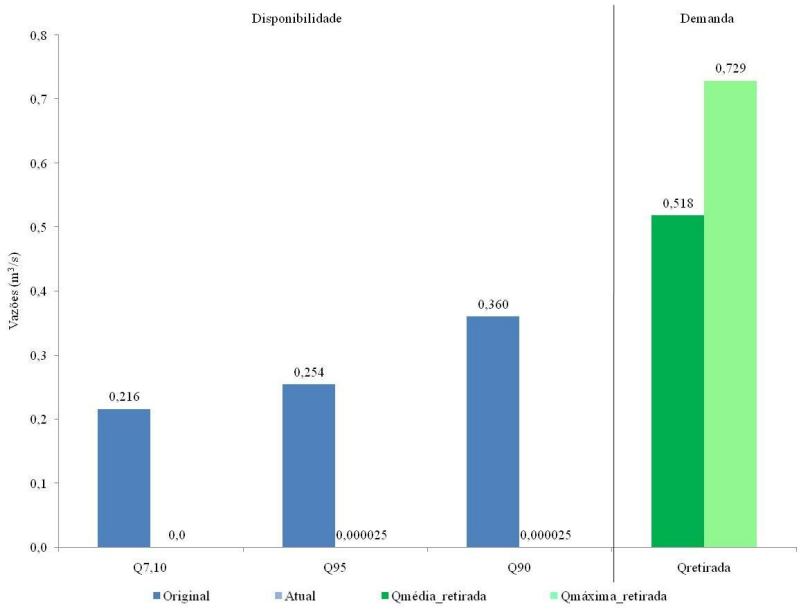


Figura 6.36 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Alto Verde Pequeno.

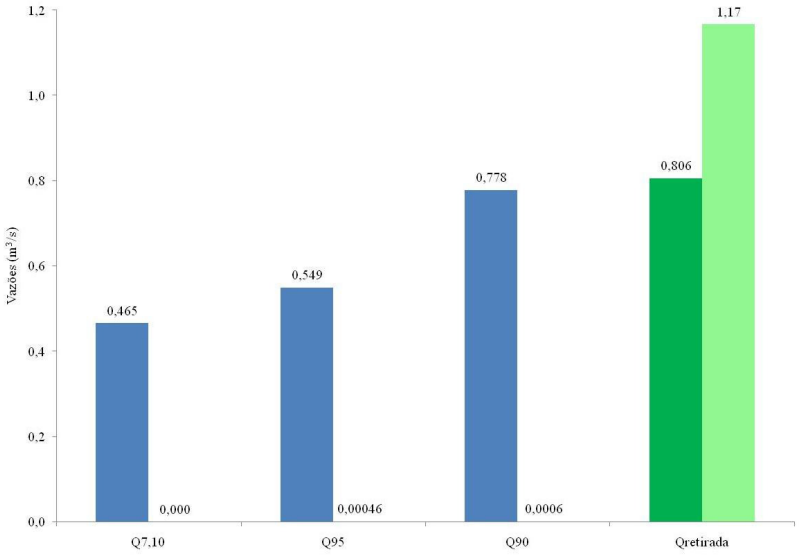


Figura 6.37 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Baixo Verde Pequeno.

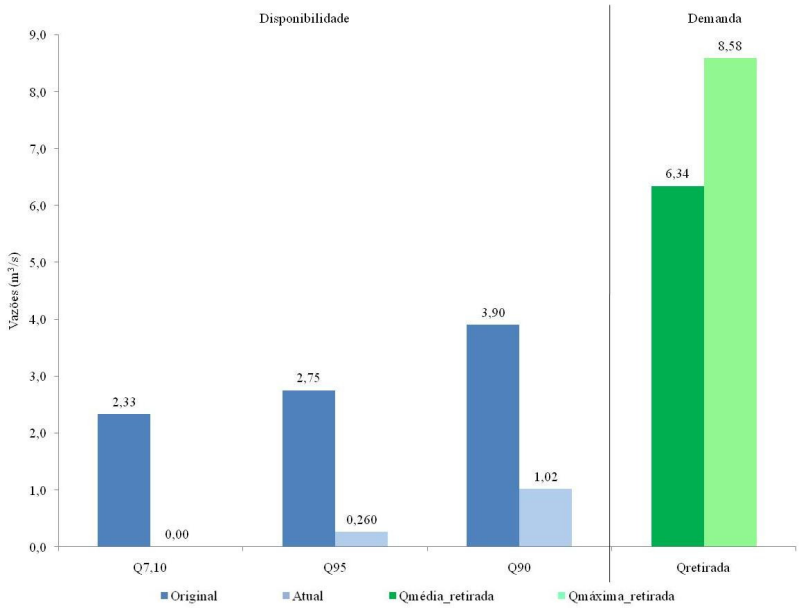


Figura 6.38 – Disponibilidades hídricas ("original" e "atual") e demandas hídricas (média e no mês de maior demanda) para a unidade de análise do Baixo Verde Grande.

A utilização de águas subterrâneas tem constituído uma importante forma de exploração do potencial de regularização de vazões na bacia, à medida que se utiliza um volume de água que sofre um processo de regularização em decorrência do seu armazenamento em aqüíferos e da sua liberação progressiva com o tempo, conforme as exigências advindas do bombeamento. O grande uso das vazões subterrâneas está representado, inclusive, pelo acentuado decaimento das vazões mínimas do período anterior a 1979 para o período posterior, conforme evidenciado nas Figuras de 1 a 8, e fazendo com que as $Q_{7,10}$ no período posterior a 1979 fossem iguais a zero nas duas estações fluviométricas localizadas na bacia do Verde Grande.

Na Figura a seguir está representada a disponibilidade hídrica potencial, expressa pela vazão média de longa duração, e as vazões consumidas, média e do mês de máximo consumo, para cada uma das oito unidades de análise consideradas na bacia do Verde Grande. Neste caso, ao contrário do constatado quando da comparação com as vazões naturais, se evidenciaram valores de vazões consumidas que variaram de 7,9 a 14,1% da vazão média de longa duração para a vazão consumida média e de 11,7 a 19,9% quando da consideração da vazão consumida no mês de maior consumo, mostrando a potencialidade ainda existente para o atendimento das demandas existentes.

Este aumento da disponibilidade da água nos períodos de estiagem pode advir tanto do uso de práticas que favoreçam o aumento da infiltração da água no solo como da construção de reservatórios de regularização de vazões.

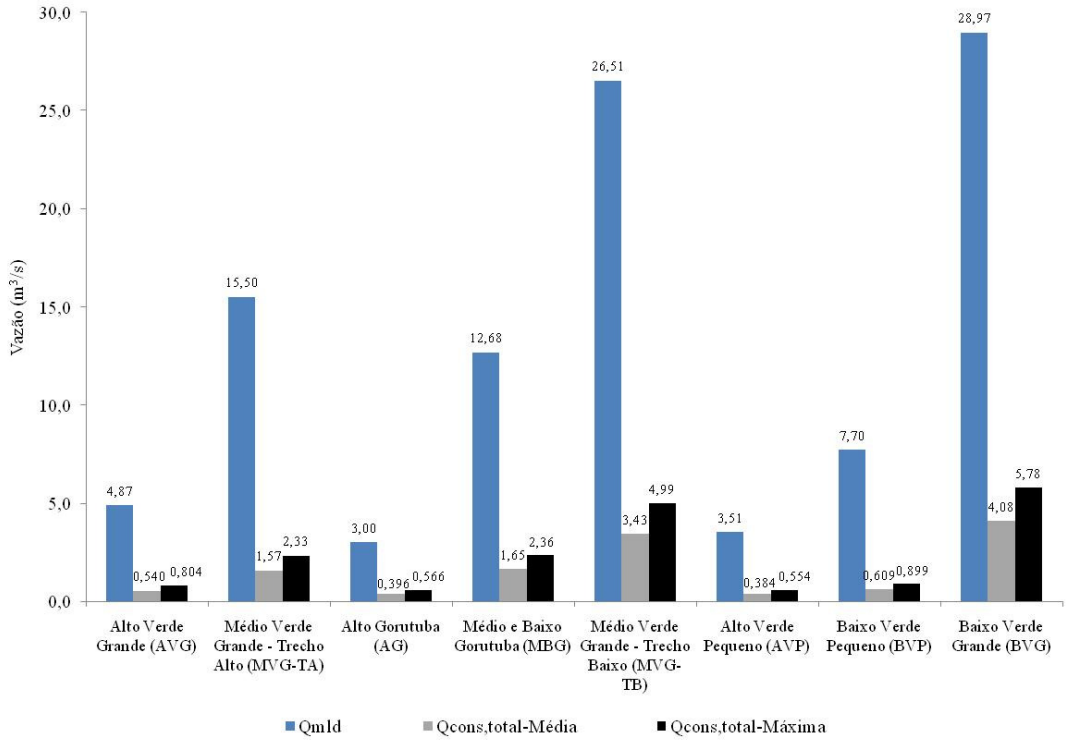


Figura 6.39 – Disponibilidades hídricas potenciais e vazões consumidas nas unidades de análise.

6.5. SÍNTESE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Este item apresenta, de forma sintética, as questões críticas atuais identificadas na bacia do Verde Grande.

Com relação aos aspectos quantitativos dos recursos hídricos, observou-se escassez hídrica, indicando que as disponibilidades são insuficientes para fazer frente às demandas que ocorrem na região.

As demandas, com relação ao consumo, são preponderantes para a irrigação em todas as unidades, variando de 54% (AVG) a 87% (MBG), representando 78% do total consumido na bacia. Considerando as vazões de retirada, estas variam de 28% (AVG) a 82% (MBG), representando 65% do total retirado na bacia. As demandas para abastecimento humano são da ordem de 23% (retirada) e 8% (consumo) na bacia, chegando a 28% (retirada) e 54% (consumida) no Alto Verde Grande, devido à presença de Montes Claros.

O balanço hídrico mostrou-se extremamente deficitário, mesmo no confronto das vazões de retirada com as vazões médias. Constatou-se que, considerando até as vazões médias de retirada, a demanda supera a Q90 indicando que, caso as

retiradas fossem todas superficiais, a disponibilidade natural seria insuficiente para atender as demandas por mais de 10% do tempo, mesmo que toda a vazão existente no rio fosse destinada ao consumo.

Sobre o tema saneamento cabe destacar que abastecimento de água nas sedes municipais está praticamente universalizado, porém o esgotamento sanitário apresenta baixos índices de atendimento (coleta e tratamento). Além disso, os resíduos sólidos apresentam destinação inadequada em toda a bacia.

Estes baixos índices de saneamento (esgoto e resíduo) acabam refletindo na qualidade das águas, onde foram encontrados problemas sobretudo no rio Verde Grande. Destaca-se a presença carga orgânica, relacionada a esgotos sanitários, no trechos alto e médio do Verde Grande, repercutindo, ainda, no trecho baixo. Junte-se a isto problemas relacionados a carga difusa de origem agrícola (turbidez e sólidos) no Verde Grande, além de poluentes decorrentes de agroquímicos (DDT e Metoxicloro) no Verde Grande, Mosquito, Gorutuba e São Francisco. Constatou-se também a presença de metais associados a sedimentos, decorrentes do manejo inadequado dos solos da bacia, e da suspensão de sedimentos de fundo

7. COMENTÁRIOS FINAIS

7. COMENTÁRIOS FINAIS

Este relatório se configura como uma versão preliminar do Diagnóstico da bacia do rio Verde Grande, pois apresenta detalhadamente os resultados dos trabalhos referentes aos temas abordados no estudo.

Os resultados obtidos são coerentes com o que era esperado e estava manifesto no Plano de Trabalho. Mesmo assim, diversos temas, como a questão da qualidade das águas, foram tratados com bastante aprofundamento, com informações que revelam diversas novidades sobre a situação da bacia.

Destaca-se que neste Diagnóstico foi produzido um Mapa de Uso dos Solos, a partir de recentes imagens de satélite e de campanhas para reconhecimento de campo, incluindo um sobrevôo na área da bacia.

A caracterização da bacia do rio Verde Grande parte da estruturação de um Sistema de Informações Geográficas, que deve ser alimentado com as informações e dados coletados, permitindo a realização de análises espaciais e integradas. Ao consolidar o diagnóstico dos recursos hídricos na Bacia, o SIG será um instrumento determinante, possibilitando a avaliação da situação de cada tema nas diversas unidades de estudo definidas (análise espacializada), bem como as suas interfaces e interrelações (análise integrada).

As oito (8) unidades de estudo, que consistem na divisão interna da bacia do rio Verde Grande, se destinam a permitir uma melhor compreensão da situação atual da bacia quanto aos seus recursos hídricos. A partir dessa segmentação, o estudo aborda três blocos temáticos: físico-biótico, socioeconômico e cultural e, a situação dos recursos hídricos, tratando sobre águas superficiais e subterrâneas, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos.

Os temas e produtos aqui apresentados serão agora debatidos com a Equipe Técnica da ANA (contratante dos serviços), com os demais órgãos gestores envolvidos (INGÁ-BA e IGAM-MG) e com a Câmara Técnica Consultiva do CBH Verde Grande.

A união das contribuições advindas deste grupo e mais as complementações e correções que já estão em curso pela equipe da Ecoplan, possibilitarão a finalização deste documento de maneira consistente e conclusiva.