



## PDRH Furnas

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



## Relatório Parcial 1:

## Diagnóstico da Bacia Hidrográfica



Alfenas, Abril de 2013

---

**MINAS GERAIS**

***Governo do Estado de Minas Gerais***

Antônio Augusto Anastasia

*Governador*

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

**Sisema**

**Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD**

Adriano Magalhães Chaves

*Secretário*

**Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM**

Marília Carvalho de Melo - *Diretora Geral*

Hélcio D'Alessandro – *Vice Diretor Geral*

**Diretoria de Gestão de Recursos Hídricos e Apoio aos Comitês**

Renata Maria de Araújo- *Diretora*

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

Robson Rodrigues dos Santos – *Gerente*

**Gestão do Convênio SEMAD/IGAM N.º 1371010401408**

Rodrigo Antônio Di Lorenzo Mundim – *Analista Ambiental*

## **EQUIPE TÉCNICA – IGAM**

### **Coordenação e Acompanhamento**

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim

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

### **Colaboradores Técnicos**

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

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

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

Paola Polita Farias – GPARH/IGAM - Ecóloga

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

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

Thiago Figueiredo Santana – GEARA/IGAM - Agrônomo

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

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

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

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

---

## GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO – GAT

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

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

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

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

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

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

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

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim – Analista Ambiental (IGAM)

**Proponente:**

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

**Empresa Contratada:**

**Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria de Itajubá - Fupai**

**Responsável Técnico**

Afonso Henriques Moreira Santos – Coordenador Geral.

**Coordenação Técnica**

Alexandre Augusto Moreira Santos – Coordenador Executivo.

Benedito Cláudio da Silva – Coordenador Técnico.

**Equipe Técnica**

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

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

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

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

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

Reinis Ósis. Geógrafo.

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

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

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

Tereza Fernanda da Silva. Engenheira Ambiental.

Vanessa Cristina dos Santos. Geógrafa.

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Estagiários:**

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

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

Bruna Marigheto. *Engenharia Ambiental (UNIFEI)*.

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

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

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

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

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

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

Aluízio de França Pereira Neto. Engenharia Hídrica.

Camila Porto Mendes. Engenharia Ambiental.

Celso Luiz Ribeiro Júnior. Engenharia Hídrica.

Cristiano Neves Simão. Engenharia Hídrica.

Danilo F. Trovó Garófalo. Geografia.

Gabriel Gomes Muller. Engenharia Ambiental.

Gustavo de Lorenzo Framil. Engenharia Ambiental.

Leilane Abreu. Engenharia Hídrica.

Luciano Augusto Vianna. Sociologia.

Maria Isabel Figueiredo Pereira de Oliveira Martins. Geografia.

Rafaella Paz. Engenharia Hídrica.

Renan Bittencourt de Araújo Passos. Engenharia Hídrica.

Rodrigo Augusto de Siqueira Souza. Engenharia Ambiental.

Suellen Carneiro. Engenharia Ambiental.

Thiago Scarpa. Geografia.

Vitor Rossi Viana. Engenharia Hídrica.

**Colaboradores Externos:**

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

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

Rafael Silva Capaz. Engenheiro Ambiental.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....</b>	<b>12</b>
2.1	ABRANGÊNCIA ESPACIAL .....	12
2.2	HIDROGRAFIA .....	16
2.3	ACESSOS .....	24
2.4	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	27
2.5	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA .....	42
2.6	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	63
<b>3</b>	<b>FAUNA E ICTIOFAUNA .....</b>	<b>65</b>
3.1	FAUNA TERRESTRE .....	65
3.2	ICTIOFAUNA.....	68
3.3	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	72
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA .....</b>	<b>74</b>
4.1	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....	74
4.2	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	107
4.3	ASPECTOS SOCIOCULTURAIS.....	118
4.4	ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS .....	119
4.5	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	122
<b>5</b>	<b>USOS DO SOLO E COBERTURA VEGETAL .....</b>	<b>124</b>
5.1	COBERTURA VEGETAL.....	124
5.2	QUANTIFICAÇÃO DOS USOS DO SOLO .....	129
5.3	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE .....	136
5.4	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	148
5.5	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	152
<b>6</b>	<b>SANEAMENTO AMBIENTAL .....</b>	<b>154</b>
6.1	ATENDIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO .....	154
6.2	RESÍDUO SÓLIDO .....	162
6.3	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	170
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL.....</b>	<b>172</b>
7.1	QUALIDADE AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS .....	172
7.2	METODOLOGIA .....	173
7.3	FRAGILIDADE AMBIENTAL DA UNIDADE DE GESTÃO GD3.....	175
7.4	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	183
<b>8</b>	<b>OUTORGAS DE ÁGUA .....</b>	<b>184</b>
8.1	BANCO DE DADOS DO IGAM .....	184
8.2	BANCOS DE DADOS DO CNARH.....	198
8.3	USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	205
8.4	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	210
<b>9</b>	<b>DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL .....</b>	<b>212</b>
9.1	DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	212
9.2	BALANÇO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL .....	226
9.3	INDICADORES REGIONAIS .....	232

---

9.4	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	237
<b>10</b>	<b>DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA.....</b>	<b>239</b>
10.1	PRODUÇÃO DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO .....	239
10.2	VOLUMES DISPONÍVEIS.....	245
10.3	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	248
<b>11</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA .....</b>	<b>249</b>
11.1	PROJETO ÁGUAS DE MINAS .....	249
11.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES NA UNIDADE DE GESTÃO GD3 .....	256
11.3	ESTUDO DAS ÁGUAS NOS BALNEÁRIOS NO RESERVATÓRIO DE FURNAS .....	275
11.4	ANÁLISE DO CAPÍTULO.....	290
<b>12</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>292</b>
<b>13</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>294</b>

# 1 Introdução

A partir da Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, o Plano Diretor de Bacias tornou-se num importante instrumento de gestão, que tem como objetivo definir a agenda dos recursos hídricos para as bacias hidrográficas, identificando ações de gestão, programas, projetos, obras e investimentos prioritários. Neste sentido, a Lei Estadual 13.199/99 instituiu a Política Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, aplicável às Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) delimitadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

De maneira geral, as UPGRH são definidas como unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do estado, que apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, sócio-culturais, econômicos e políticos. A delimitação destas unidades pretende orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos de maneira descentralizada, a partir da atuação dos Comitês e aplicação dos instrumentos de gestão, preconizados pela Política Estadual de Recursos Hídricos, e que visam à manutenção e recuperação da qualidade e quantidade da água.

Consonante ao convênio firmado entre a Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o presente relatório é parte integrante do Plano Diretor de Recursos Hídricos Unidade de Gestão ENTORNO DO LAGO DE FURNAS (GD3), que será elaborado em em três fases, a saber:

- Fase I: Diagnóstico da unidade de gestão, abrangendo suas características físicas, bióticas e antrópicas.
- Fase II: Prognóstico quanto à situação dos recursos hídricos da unidade de gestão, apresentando cenários tendenciais, e a prospecção em função de cenários alternativos.
- Fase III: Plano Diretor, propriamente dito, com um conjunto de diretrizes e metas para que os cenários de interesse sejam gradualmente implementados nos horizontes previstos, e acompanhados por um grupo de indicadores.

Este documento consiste no relatório de Diagnóstico da Unidade de Gestão GD3, apresentando os resultados correspondentes à FASE I do Projeto de Execução do plano diretor da unidade. A base de dados que possibilitou as análises apresentadas neste documento é composta de dados primários, levantados em campo, dados secundários, registrados em planilhas de fontes referenciadas, e dados obtidos de estudos específicos na área. Em síntese, este relatório é dividido em 12 capítulos que procuram descrever a unidade de gestão sob os mais variados critérios conforme o Termo de Referência acordado com o IGAM.

Além destas notas introdutórias (capítulo 1), os capítulos 2, 3 e 4 descrevem, respectivamente, a unidade de gestão a partir de parâmetros físicos, como clima, geologia e hidrografia; de parâmetros bióticos, ressaltando os principais componentes de fauna e flora verificados na área; e de parâmetros sócio-econômicos característicos dos municípios inseridos na unidade e que desenvolvem atividades na região. O capítulo 5 apresenta o mapa atual de uso do solo e cobertura vegetal, seguido do capítulo 6 que descreve as condições de saneamento observadas nos municípios, como abastecimento de água, esgoto e o destino de resíduos sólidos. O capítulo 7 estima a qualidade ambiental da área a partir da inter-relação de vários indicadores computados em matrizes de avaliação de impactos. O capítulo 8 analisa as outorgas de uso da água emitidas ao longo do tempo, em termos de volume de água outorgada, escalonando-as de acordo com o setor solicitante. Por sua vez, os capítulos seguintes tratam de aspectos referentes à quantidade de água na unidade: o capítulo 9 faz o diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial na região, confrontando-a com as outorgas até então registradas; e no capítulo 10, estima-se a disponibilidade hídrica subterrânea, também confrontando-a com as outorgas emitidas. Por fim, o capítulo 11 analisa a qualidade da água disponível na área, a partir do levantamento de indicadores apresentados em estudos específicos já realizados nos recursos hídricos que compõe as bacias da unidade de gestão. Em síntese, o capítulo 12 apresenta as considerações finais do estudo.

## 2 Caracterização Física

### 2.1 Abrangência Espacial

O estado de Minas Gerais é dividido em 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH), como ilustra a Figura 2.1. A Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos/ Grande-3 (UPGRH/GD3) está localizada entre as coordenadas geográficas 20°25'/22°5' S 45°5'/46°40' W, fazendo limite a sudoeste com a bacia hidrográfica dos afluentes mineiros dos Rios Mogi-Guaçú/Pardo (GD6), ao sul com a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (GD5), a sudeste com a bacia hidrográfica do Rio Verde (GD4), a leste com a bacia dos Rios das Mortes e Jacaré (GD2), a nordeste com a bacia do Rio Pará (SF2), a norte com o alto curso da bacia hidrográfica do Rio São Francisco até a confluência com o Rio Pará (SF1), a noroeste com as bacias dos afluentes mineiros do Médio Rio Grande (GD7), e a oeste com uma pequena porção da unidade GD6.

Esta unidade compreende uma área de aproximadamente 16.507 km<sup>2</sup>, composta por 48 municípios (Figura 2.2) com uma população estimada, segundo IBGE (2009), de 842.260 habitantes. Como é observado na Tabela 2.1, 76% da área total dos municípios compõe a Unidade de Gestão GD3, ou seja, 21 deles encontram-se integralmente inseridos nos limites territoriais da unidade e o restante, apenas parcelas de suas áreas municipais estão dentro destes limites.

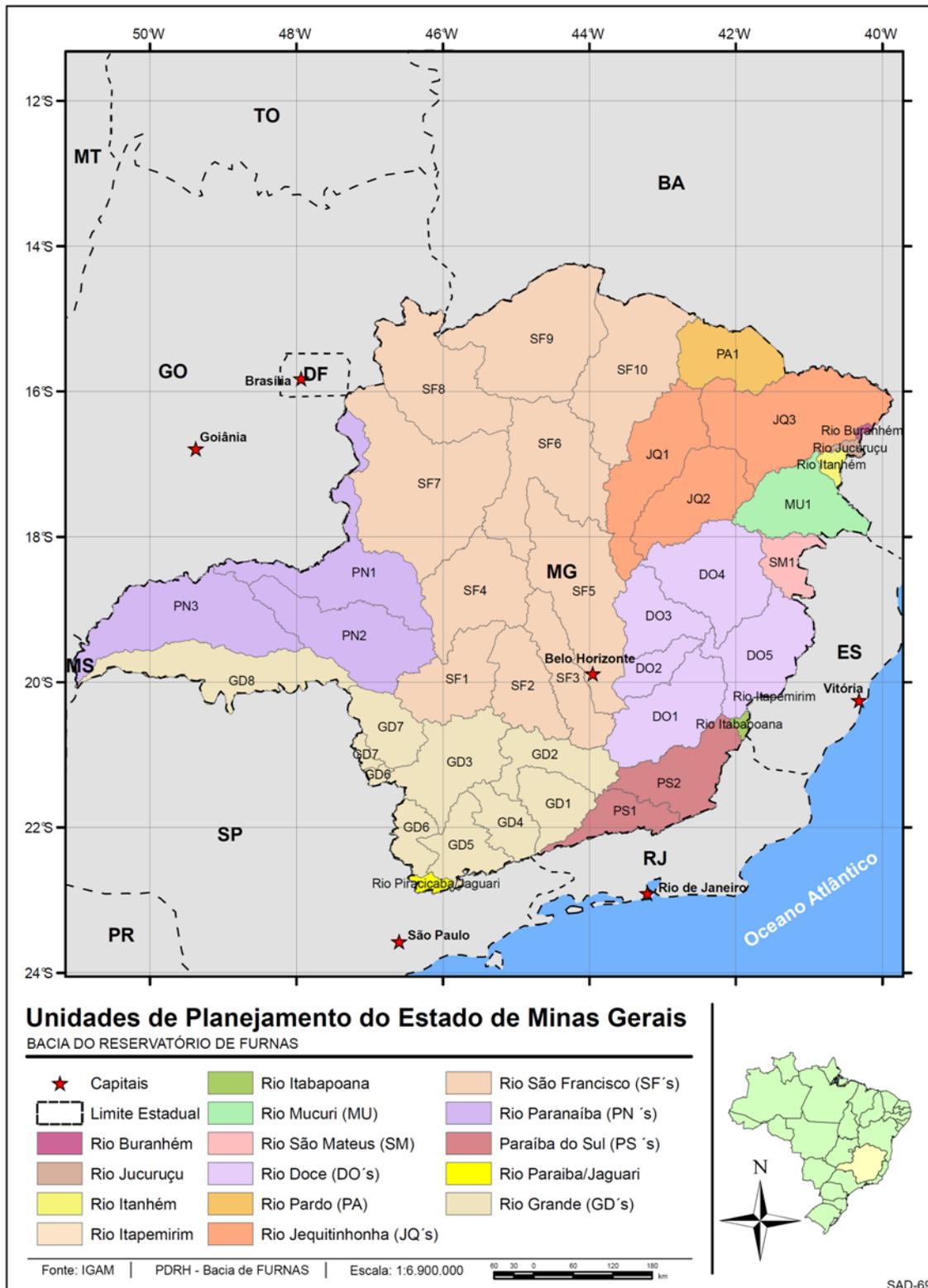


Figura 2.1. Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's) de Minas Gerais

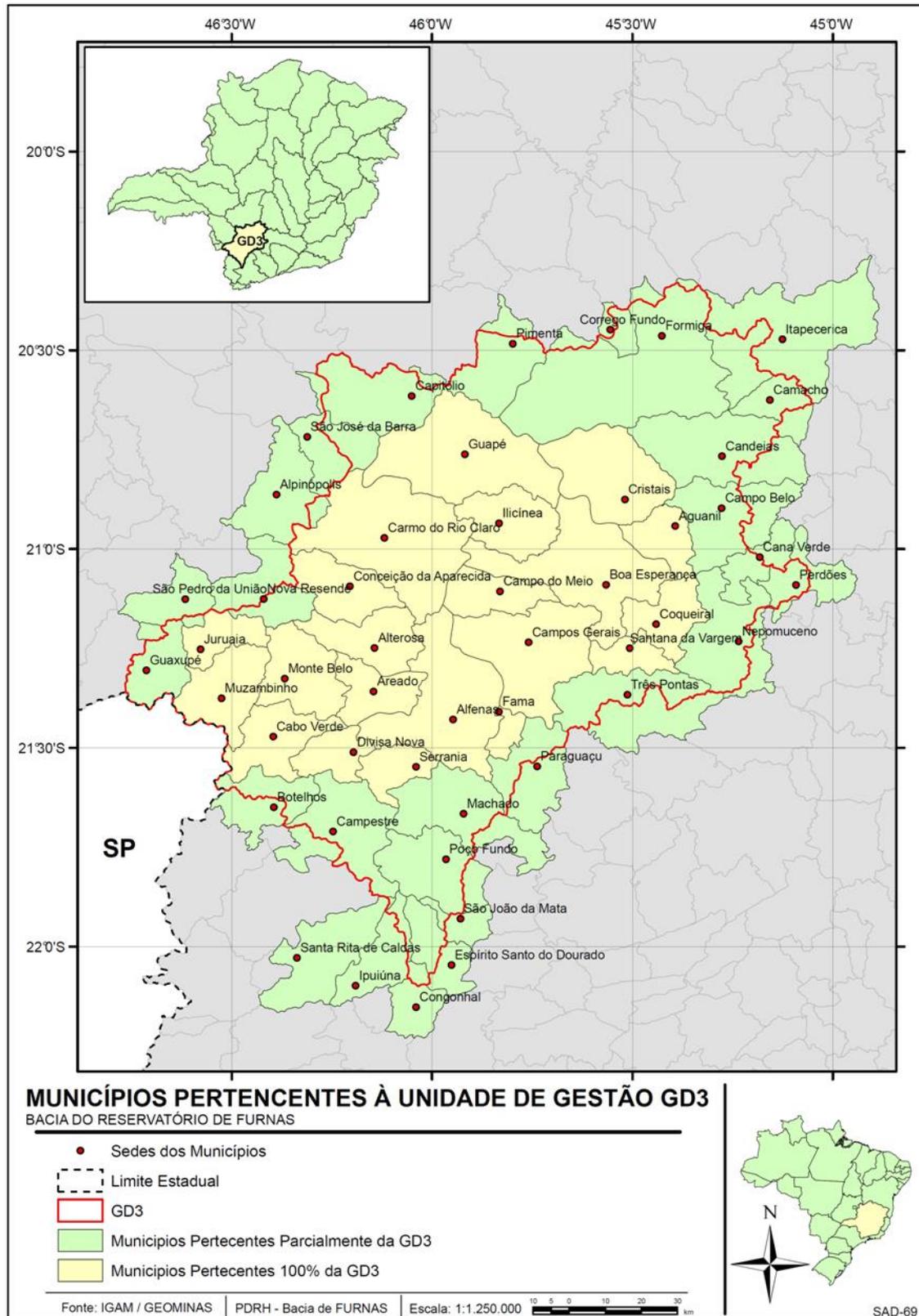


Figura 2.2: Localização dos municípios pertencentes à Unidade de Gestão GD3

Tabela 2.1. Áreas dos municípios localizados na Unidade de Gestão GD3

ORDEM	MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO (km <sup>2</sup> )	ÁREA MUNICIPAL INSERIDA NA GD3 (km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM DA ÁREA MUNICIPAL INSERIDA NA GD3
1	Aguanil	232,35	232,35	100%
2	Alfenas	851,14	851,14	100%
3	Alpinópolis	456,3	32,21	7%
4	Alterosa	362,11	362,11	100%
5	Areado	281,64	281,64	100%
6	Boa Esperança	860,43	860,43	100%
7	Botelhos	341,8	175,82	51%
8	Cabo Verde	368,87	368,87	100%
9	Camacho	222,03	155,29	70%
10	Campestre	576,61	465,86	81%
11	Campo Belo	527,47	354,43	67%
12	Campo do Meio	273,74	273,74	100%
13	Campos Gerais	769,66	769,66	100%
14	Cana Verde	212,7	117,23	55%
15	Candeias	720,17	552,68	77%
16	Capitólio	520,61	461,65	89%
17	Carmo do Rio Claro	1.063,55	1.063,55	100%
18	Conceição da Aparecida	352,42	352,42	100%
19	Congonhal	205,68	29,55	14%
20	Coqueiral	296,15	296,15	100%
21	Córrego Fundo	105,41	77,02	73%
22	Cristais	627,4	627,4	100%
23	Divisa Nova	216,78	216,78	100%
24	Espírito Santo do Dourado	264,49	142,81	54%
25	Fama	86,71	86,71	100%
26	Formiga	1.499,68	1.412,16	94%
27	Guapé	934,86	934,86	100%
28	Guaxupé	285,33	256,71	90%
29	Ilicínea	375,28	375,28	100%
30	Ipuiúna	298,4	44,92	15%
31	Itapecerica	1.041,13	218,02	21%
32	Juruáia	220,7	220,7	100%
33	Machado	586,54	438,4	75%
34	Monte Belo	421,47	421,47	100%
35	Muzambinho	409,73	409,73	100%
36	Nepomuceno	581,81	466,1	80%
37	Nova Resende	389,94	146,51	38%
38	Paraguaçu	425,35	192,24	45%
39	Perdões	269,51	104,01	39%
40	Pimenta	415,57	343,85	83%
41	Poço Fundo	474,1	396,97	84%
42	Santa Rita de Caldas	502,32	4,34	1%
43	Santana da Vargem	172,8	172,8	100%
44	São João da Mata	120,72	22,63	19%
45	São José da Barra	312,67	132,56	42%
46	São Pedro da União	260,09	16,85	6%
47	Serrania	208,01	208,01	100%
48	Três Pontas	688,99	360,42	52%
<b>Total</b>		<b>21.691,25</b>	<b>16.507,05</b>	<b>76%</b>

## 2.2 Hidrografia

A Unidade de Gestão GD3 consiste em uma sub-bacia do Rio Grande, abrangendo praticamente todo o reservatório da Usina Hidroelétrica de Furnas (UHE FURNAS). Desta forma, a hidrografia desta unidade de gestão é composta pelo reservatório, abastecido por rios de maior porte, como o Rio Grande, Rio Sapucaí, Rio do Jacaré e Rio Verde, que não fazem parte da unidade de gestão e diversos rios de pequeno e médio porte integralmente localizados nos limites da unidade, configurando a rede de drenagem (Figura 2.3). Na Tabela 2.2 são apresentadas as características principais dos rios afluentes ao reservatório da UHE FURNAS.

Tabela 2.2. Principais rios inseridos integralmente na Unidade de Gestão GD3

NOME	MUNICÍPIO DA NASCENTE	COMPRIMENTO (km)	ONDE DESÁGUA EM FURNAS	ANTIGO RECEPTOR	ÁREA (km <sup>2</sup> )
<b>Rio do Machado</b>	Congonhal, próximo à divisa com Espírito Santo do Dourado	120	Entre Alfenas e Paraguaçu	Rio Sapucaí	861
<b>Córrego da Bruaca</b>	Machado, próximo à Poço Fundo	37	Alfenas	Rio do Peixe	257
<b>Rio do Peixe</b>	Campestre	73	Entre Cabo Verde e Divisa Nova	Rio Muzambo	453
<b>Rio Muzambo</b>	Divisa Muzambinho e Tapiratiba	112	Entre Alterosa e Areado	Rio Sapucaí	1330
<b>Ribeirão Itaci</b>	Illicínea, próximo. Boa Esperança	52	Carmo do Rio Claro	Rio Sapucaí	228
<b>Ribeirão Santana</b>	Três Pontas	62	Boa Esperança	Rio Grande	606
<b>Rio Santana</b>	Camacho, próximo. Itapeçerica	73	Cristais, prox. Formiga	Rio Grande	753
<b>Rio Formiga</b>	Formiga	41	Formiga	Rio Santana	460



Figura 2.3: Hidrografia principal da Unidade de Gestão GD3

Antes da existência do reservatório esses rios eram afluentes principalmente dos Rios Sapucaí e Grande, tendo sido alterada completamente a configuração hidrográfica do local. A Figura 2.4 apresenta a configuração espacial destes rios.

O Rio Grande nasce no sul de Minas Gerais, dentro do município de Bocaína de Minas a uma altitude de cerca de 1.850 m, próximo à divisa com município de Alagoa (MG). Possui cerca de 1.430 km até encontrar o Rio Paranaíba. Percorre 486 km de sua nascente até desaguar no Lago de Furnas a 770 m de altitude aproximadamente. Nesse percurso possui como principais afluentes os rios Turvo Grande, Ingaí e Cervo pela margem esquerda e o Rio das Mortes pela margem direita.

O Rio Sapucaí é um rio federal e possui talvegue de aproximadamente 343 km de comprimento, sendo 34 km dentro do estado de São Paulo e o restante atravessando o estado de Minas Gerais até o Lago de Furnas. A nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão (SP), a uma altitude de 1.650 m e deságua no Lago de Furnas a 780 m de altitude. Sua bacia hidrográfica ocupa cerca de 9500 km<sup>2</sup> abrangendo um total de 40 sedes municipais. Seus principais afluentes são os rios Sapucaí - Mirim, Cervo e Dourado, na margem esquerda e os rios Lourenço Velho e Turvo, na margem direita.

O Rio Verde que, antes da criação do reservatório de Furnas, desaguava no Rio Sapucaí, nasce nas vertentes da Serra da Mantiqueira, no limite dos municípios de Passa Quatro e Itanhandú, próximo a divisa dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, a aproximadamente 2.600 m de altitude. Após seu percurso de 277 km, inteiramente no estado de Minas Gerais, deságua no reservatório de FURNAS à aproximadamente 800 metros de altitude, nos limite entre os municípios de Três Pontas e Elói Mendes. Possui como principais afluentes os rios Passa Quatro, Lambari, São Bento, Palmela, pela margem esquerda e os rios Capivari, Baependi, Peixe e o ribeirão da Espera, pela margem direita. Sua bacia hidrográfica abrange 23 municípios, com área de drenagem totalizando 6.924 km<sup>2</sup>.

O Rio Jacaré faz parte da Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré (GD2). Antes um afluente do Rio Grande, este rio nasce na Serra do Galba no município de São Tiago a uma altitude de cerca 1.160 m e deságua no Lago de Furnas próximo a divisa entre os municípios de Campo Belo e Cana Verde a 770 m de altitude aproximadamente. Possui aproximadamente 140 km de extensão.

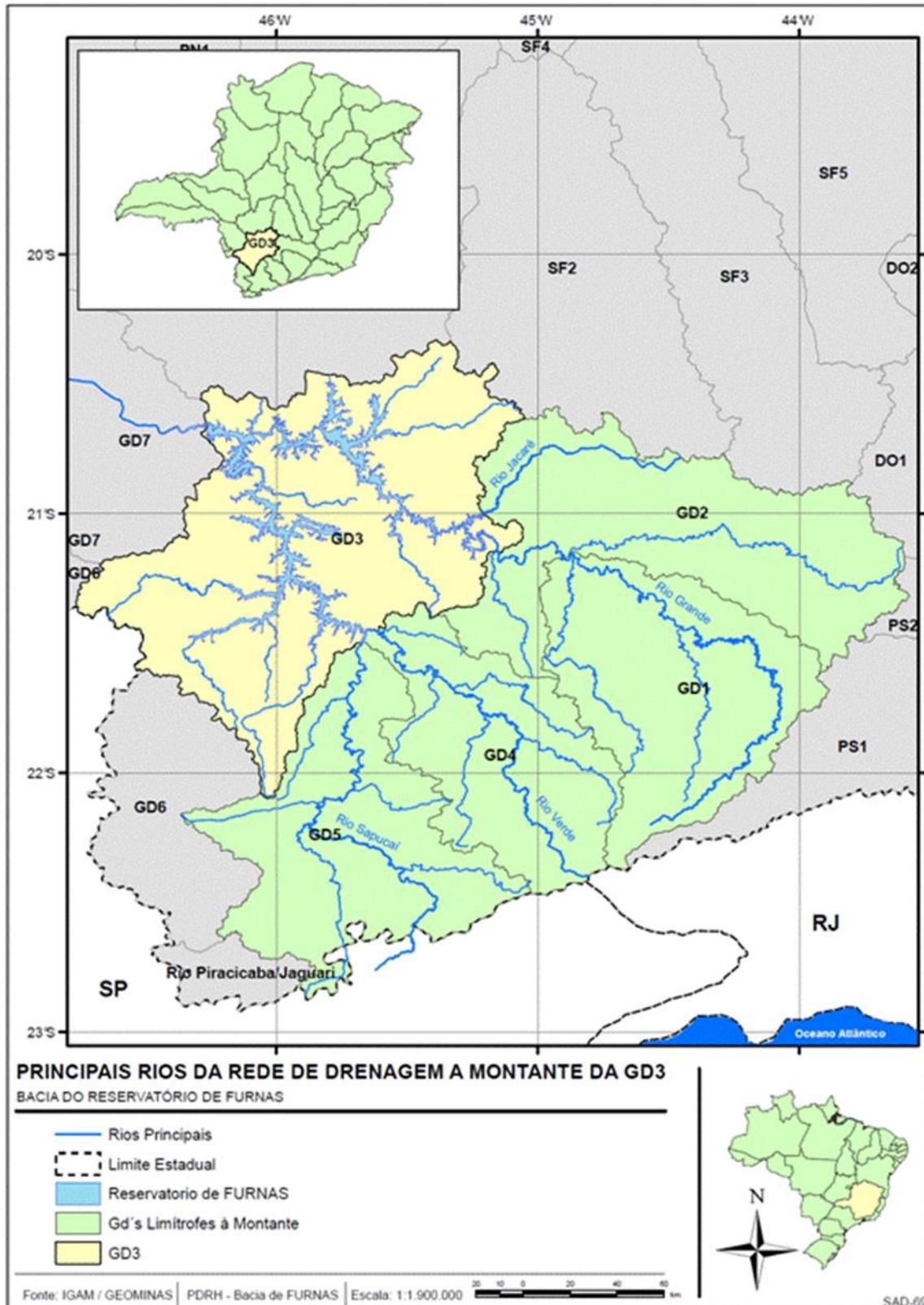


Figura 2.4. Principais rios contribuintes a Unidade de Gestão GD3

Como comentado, soma-se a esta rede hidrográfica o reservatório de Furnas, criado em função da instituição da Central Hidrelétrica de Furnas pelo Decreto Federal nº 41.066 em 1957, por conta da grave crise energética que ameaçava os três principais centros socioeconômicos: Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo, na década de cinquenta. As obras iniciaram-se em 1958 e em 1963 inaugurou-se a primeira unidade. Até o ano de 1970 a usina já contava com 8 turbinas, totalizando uma potência nominal de 1.216 MW. Hoje, a empresa conta com dez usinas hidrelétricas e duas termelétricas, sendo 42 subestações e 18.000 km de linhas de transmissão. É administrada indiretamente pelo Governo Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia e controlada pela ELETROBRÁS.

O reservatório de Furnas é um dos maiores do Brasil com 1.442 km<sup>2</sup> e 3.500 km de perímetro na sua cota máxima, banhando cerca de 34 municípios e uma população total de aproximadamente 800.000 habitantes. Sendo basicamente formado por dois “braços” que correspondem ao Rio Grande e o Rio Sapucaí, além de vários outros rios contribuintes.

A barragem encontra-se no curso médio do Rio Grande, no trecho denominado “Corredeiras de Furnas” entre os municípios de São João da Barra e São João Batista do Glória. De forma mais precisa, o barramento está localizado a 20°40’S e 46°19’W, à jusante da junção dos “braços” formadores. A cota máxima do projeto é 768 m e a mínima 750 m do nível d’água, tendo o reservatório, em cota máxima, 22,95 bilhões de m<sup>3</sup> e volume útil de 17,20 bilhões de m<sup>3</sup> (Tabela 2.3). As Figura 2.5. e Figura 2.6. apresentam duas imagens da barragem.

Tabela 2.3. Dados referentes ao reservatório de FURNAS

RESERVATÓRIO DE FURNAS	COTA (m)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	VOL. (hm <sup>3</sup> )
Mínimo Operacional	750	530	5.733
Máximo Operacional	768	1.442	22.950
Área de Drenagem	-	52.138	-
Volume Útil	-	-	17.217

(Fonte: ANA, 2005)



Figura 2.5. Barragem de UHE Furnas vista do topo  
(Fonte: Google Earth, 2009)



Figura 2.6. Barragem da UHE Furnas  
(Fonte: Google Earth, 2009)

Na Figura 2.7 são apresentadas as vazões médias dos principais rios localizados a montante da Unidade de Gestão GD3, quem contribuem diretamente para o reservatório da UHE Furnas. Nota-se que as contribuições são diretamente proporcionais as áreas desses rios e que ambos possuem comportamento bastante semelhante no comportamento dos valores médios ao longo do ano. A sazonalidade é bem definida, com as maiores vazões ocorrendo entre dezembro e março e as menores entre julho e setembro. Tal comportamento é resultado da sazonalidade observada nas precipitações que possuem a mesma variabilidade.

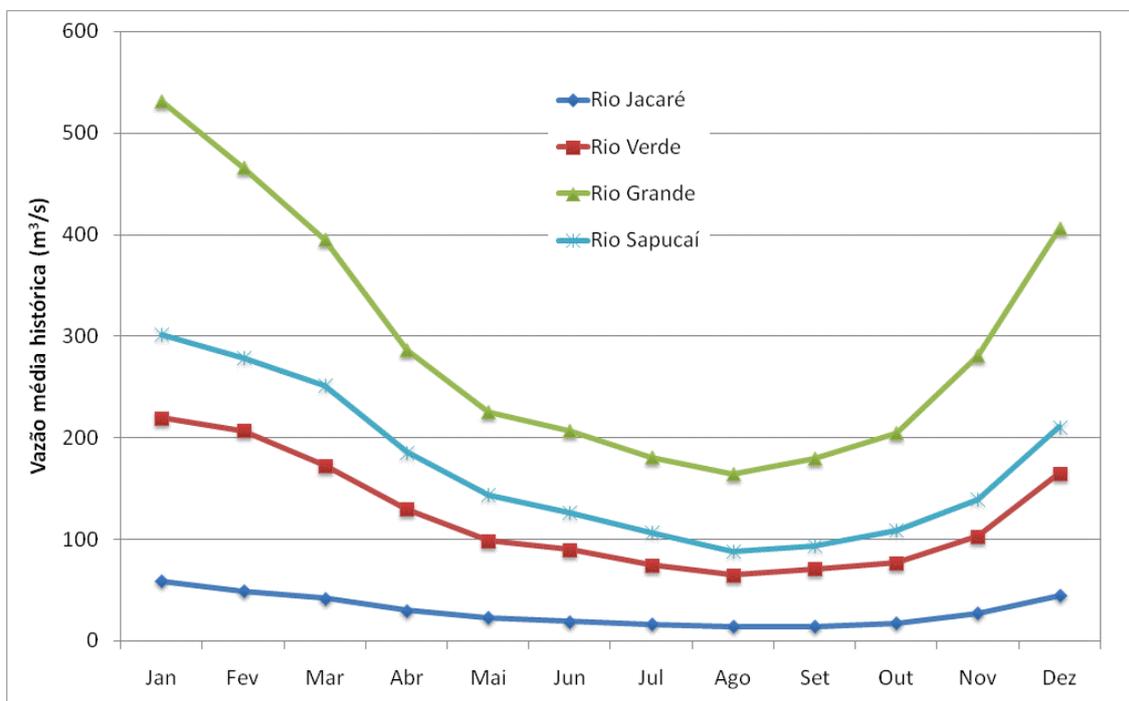


Figura 2.7: Vazões médias dos rios a montante da Unidade de Gestão GD3

Na Figura 2.8 são apresentadas as vazões somadas dos rios localizados a montante da Unidade de Gestão GD3, ou seja, corresponde a soma dos valores apresentados na Figura 2.7. Nesse mesmo gráfico são colocadas as vazões médias estimadas para a seção da barragem da UHE Furnas, a partir das séries de vazões naturais utilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS para o planejamento da operação dos reservatórios do Sistema Interligado Nacional – SIN. A séries das vazões na barragem da UHE Furnas corresponde ao total das vazões afluentes ao reservatório. A terceira série apresentada na Figura 2.8 corresponde a diferenças entre as duas primeiras, e representa a contribuição dos afluentes que pertencentes a área da Unidade de Gestão GD3.

Por esse gráfico se observa que a maior parcela das vazões que contribui para o reservatório é gerada nas bacias hidrográficas dos rios localizados a montante da Unidade de Gestão GD3. Em valores médios, os rios de montante contribuem com cerca de 67% do volume de água afluente ao reservatório. Por esse motivo esses rios são de fundamental importância para a o reservatório da UHE Furnas e, conseqüentemente, para a Unidade de Gestão GD3, tanto sob o aspecto de quantidade como de qualidade. O volume de água desses rios garante a manutenção do nível d'água do reservatório, permitindo seu uso por diferentes atividades, além de contribuir, positivamente ou negativamente, para a diluição de efluentes no reservatório.

A conseqüência dessa dependência é que o planejamento e gestão dos rios das Unidades de Gestão a montante do GD3 (GD1, GD2, GD4 e GD5) deverá ser realizado de forma articulada, buscando-se definir metas e ações que sejam compatíveis com ambas as bacias e representem soma de esforços. Ações de melhoria da quantidade e qualidade da água ao reservatório irão depender fortemente das bacias de montante que, se não tiverem tal percepção, poderão inviabilizar os programas a serem adotados na área do GD3.

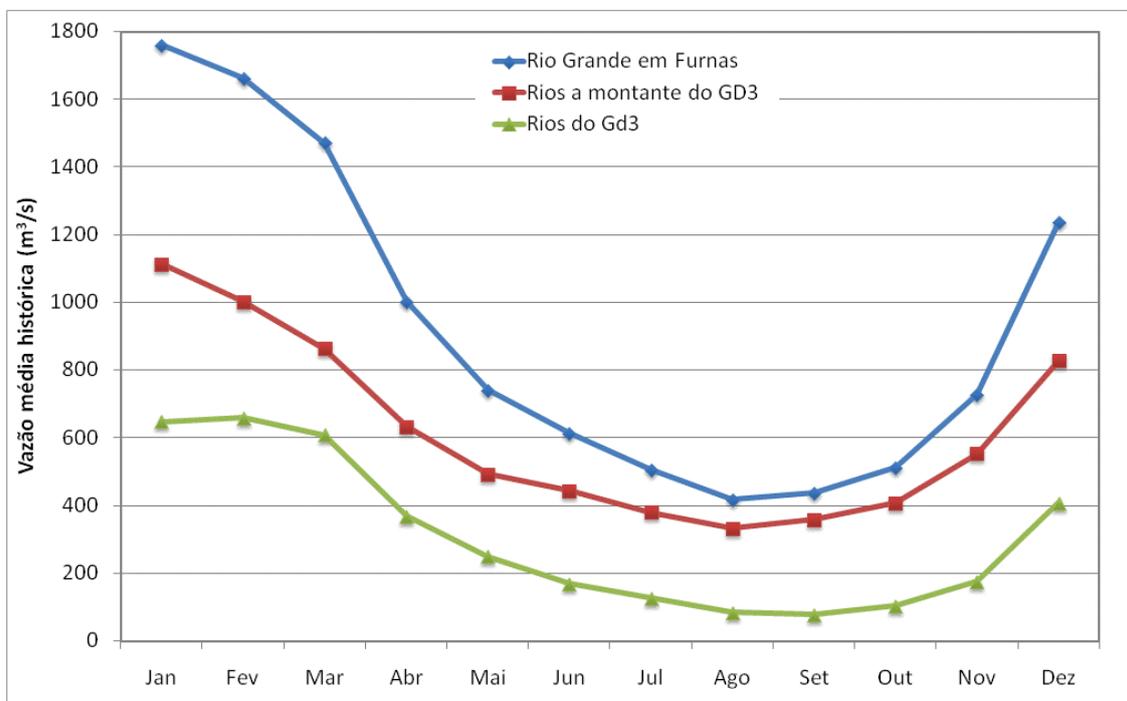


Figura 2.8: Vazões na barragem da UHE Furnas e suas principais contribuições.

## 2.3 Acessos

Segundo o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT, 2009), a Unidade de Gestão GD3 é cortada por diversas rodovias estaduais e federais, abrigando ainda alguns aeroportos municipais de pequeno porte (Figura 2.9). Entre as rodovias destacam-se MG-050, BR-354, BR-369 e BR-381, que atendem tanto ao turismo na região do Reservatório de FURNAS quanto ao escoamento da produção industrial e agrícola, principalmente para a exportação, além de ligar a unidade de gestão às principais capitais do país, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo.

Os produtos agrícolas da região do entorno do lago de Furnas são escoados por aproximadamente 2.000 km de rodovias de interligação entre os municípios lindeiros, onde um terço das mesmas são estradas de terra. Além disso, o mal estado de conservação e sinalização inadequada de boa parte das vias prejudica o transporte dos produtos e aumentam o risco de acidentes nas estradas.

As características geográficas do lago, em termos de acesso, podem ser vistas como outra barreira aos produtores lindeiros, já que o reservatório possui uma área alagada de cerca de 1.473 km<sup>2</sup> e aproximadamente 3.500 km de perímetro, características estas que os produtores devem transpor dia-a-dia, por vias terrestres, para escoar a produção que tende a se expandir com a introdução da cana-de-açúcar.

Atualmente, na matriz de transportes mundial, predomina em muitos países o modal rodoviário para transporte de cargas a longas distâncias. No Brasil, apesar do elevado potencial existente, de requerer menores investimentos e de gerar menor impacto ambiental, não se tem priorizado a navegação como meio de transporte e a sua utilização, atualmente, é bastante reduzida, representando apenas 13,86% da carga transportada no País.

Na região da UHE de Furnas, que é semelhante ao cenário brasileiro no que se refere ao transporte hidroviário, a navegação no reservatório, atualmente, restringe-se a: esportiva, turística (grande parte particular), pesca amadora e de transporte de passageiros em 8 balsas que interligam alguns municípios lindeiros.



Figura 2.9. Principais rodovias e ferrovias da região. Fonte: DNIT, 2009.

O transporte de cargas por hidrovias ainda não faz parte da realidade da região, apesar de ser grande produtora de café, grãos e outros produtos agrícolas, além de ter potencial

crescente na produção de cana-de-açúcar. Tais produtos, ao serem transportados em hidrovias, podem reduzir os custos atribuídos ao frete, acidentes e outras externalidades que acentuam os preços dos produtos da região, podendo desta forma afetar negativamente a atratividade dos mesmos no mercado.

Mesmo os atuais tipos de navegação existentes no lago, ainda necessitam de maiores incentivos para sua expansão, de forma a beneficiar a região onde a navegação é implantada, viabilizando a conquista de novos mercados, redução do custo do frete, etc.

Além dos benefícios econômicos, a navegação pode ainda produzir enormes benefícios ambientais como economia de combustível, redução de emissões de poluentes, redução do tráfego e demanda sobre as rodovias, redução de acidentes, e assim sua expansão representa um grande crédito ambiental para a região do entorno do lago de Furnas.

Deve-se considerar ainda que os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de hidrovias podem ser consideravelmente minimizados, pois os conceitos atuais de traçado de hidrovias buscam a minimização da necessidade de intervenções (retificações, derrocamentos, dragagens, etc.) a partir da utilização de embarcações adaptadas às características das vias fluviais.

O reservatório de Furnas tem condições de explorar seu potencial de navegação de maneira mais eficiente e racional. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que determinadas condições de navegabilidade, definidas pelos níveis máximos e mínimos da água no reservatório, bem como restrições à passagem de embarcações como pontes, variações na topografia de fundo do reservatório, bancos de areia, dentre outros, sejam estudadas.

Os aeroportos presentes na Unidade de Gestão GD3 são de pequeno porte, utilizados para o transporte de passageiros e pequenas cargas, realizados por algumas empresas de taxi aéreo, mas não possuindo horários fixos de vôos. Os aeroportos estão localizados nos municípios de Alfenas, Boa Esperança, Campos Gerais, Campo Belo, Campo do Meio, Formiga, Guaxupé, Lavras, Machado, Paraguaçu e Três Pontas. A Tabela 2.4 apresenta as características principais dos aeroportos.

Tabela 2.4. Dados gerais dos aeroportos municipais localizados na Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIO	COMPRIMENTO DA PISTA (m)	TIPO DA PISTA	SINALIZAÇÃO
Alfenas	1.600	Pavimentada	sim, noturna
Boa Esperança	1.600	Pavimentada	sim, noturna
Campos Gerais	800	Terra	sim
Campo Belo	1.420	Pavimentada	sim, noturna
Campo do Meio	1.000	Terra	sim
Formiga	1.030	Pavimentada	sim, noturna
Guaxupé	1.500	Terra	sim
Lavras	840	Pavimentada	sim
Machado	1.200	Cascalhada	sim
Paraguaçu	1.175	Terra	sim
Três Pontas	850	Pavimentada	não

## 2.4 Características Climáticas

### 2.4.1. Descrição Geral

Segundo Vianello e Alves (1991) a região sudeste do Brasil é a que possui maiores contrastes climáticos, em razão da diversidade de fatores como: maritimidade, contrastando com continentalidade, áreas elevadas e depressões intermontanhas. Esses mesmos fatores, entretanto, não conferem alterações demasiadamente grandes nos sistemas atmosféricos que atuam na região, especialmente as frentes frias e quentes.

No estado de Minas Gerais, os sistemas frontais predominam no inverno, porém com baixa incidência de chuvas. No verão, as temperaturas elevadas e as chuvas abundantes associam-se, principalmente, ao aquecimento superficial (convecção) e, possivelmente, às linhas de instabilidade (NIMER, 1989). A região ainda acha-se sob a ação dos sistemas atmosféricos de grande escala: Anticiclone do Atlântico Sul, Baixa do Chaco, Alta da Bolívia, Alta polar, Corrente de jato e outros de menor relevância.

De uma forma geral, o clima predominante na área de estudo é o tropical de altitude, que se caracteriza por ser mesotérmico, úmido, com chuvas torrenciais e chuvas orográficas. Esse clima também apresenta como característica importante temperaturas amenas com poucas variações, além de chuvas no verão e seca no inverno, o que corresponde, segundo a classificação de Köppen (1962), ao clima do tipo Tropical (Aw) e Tropical de Altitude (Cwb). A Figura 2.10 apresenta o mapa do clima característico da Unidade de Gestão GD3, explicitando detalhadamente os dois tipos climáticos e suas subdivisões de acordo com o regime de chuvas que atua na região, que são:

**Mesotérmico Brando ou Tropical de Altitude (Cwb)** - Compreende as superfícies mais elevadas do sul de Minas Gerais, trata-se de um clima cujo predomínio de temperaturas amenas durante todo ano (a média anual varia em torno de 18 a 19°C) é devido principalmente à orografia. Em quase todas estas áreas o verão é brando e o mês mais quente acusa média inferior a 22°C, predominando entre 18 e 20°C. Entretanto, o inverno é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média mensal inferior a 15°C, porém nunca abaixo a 10°C. Nos meses de junho e julho (meses mais frios do ano) se verificaram mínimas diárias de 0 a -4°C, motivo pelo qual a média das temperaturas mínimas registradas no inverno varia em torno de 6 a 8°C. Este tipo climático pode ainda ser separado em: **Úmido:** com uma temperatura média de 10 a 15°C e com um período de 1 a 2 meses de seca; **Semi-Úmido:** com uma temperatura média de 10 a 15°C e com um período de 4 a 5 meses de seca.

**Subquente ou Tropical (Aw)** - Caracteriza-se em geral por temperatura elevada (de 18° a 25°C), com amplitude térmica de 5° a 7°C, e estações bem definidas, isto é, uma chuvosa e outra seca. Apresenta alto índice pluviométrico, em torno de 1.500 mm/ano. A estação chuvosa é o verão, quando a massa equatorial continental está sobre a região. No inverno, com o deslocamento dessa massa de umidade, verifica-se a estação seca com diminuição da umidade. Pode ser dividido em: **Úmido:** com uma temperatura média de 15 a 18°C em pelo menos 1 mês e com um período de 3 meses secos; **Semi-Úmido:** com uma temperatura média de 15 a 18°C (em pelo menos um mês) e com um período de 4 a 5 meses secos.

#### 2.4.2. Temperatura

A temperatura média anual da região sul mineira oscila entre 21 e 23°C. O verão e a primavera são os períodos mais quentes, quando as máximas diárias variam em torno de 28 e 30°C. A fim de analisar as temperaturas, foram coletados dados de duas estações climatológicas (Tabela 2.5): uma estação na cidade de Lavras, próxima à Unidade de Gestão GD3 e uma estação dentro da unidade, na cidade de Machado. Os dados obtidos das estações climatológicas são apresentados em forma de gráficos, na Figura 2.11, onde se encontram dados mensais da temperatura. A localização das estações é ilustrada na Figura 2.12.

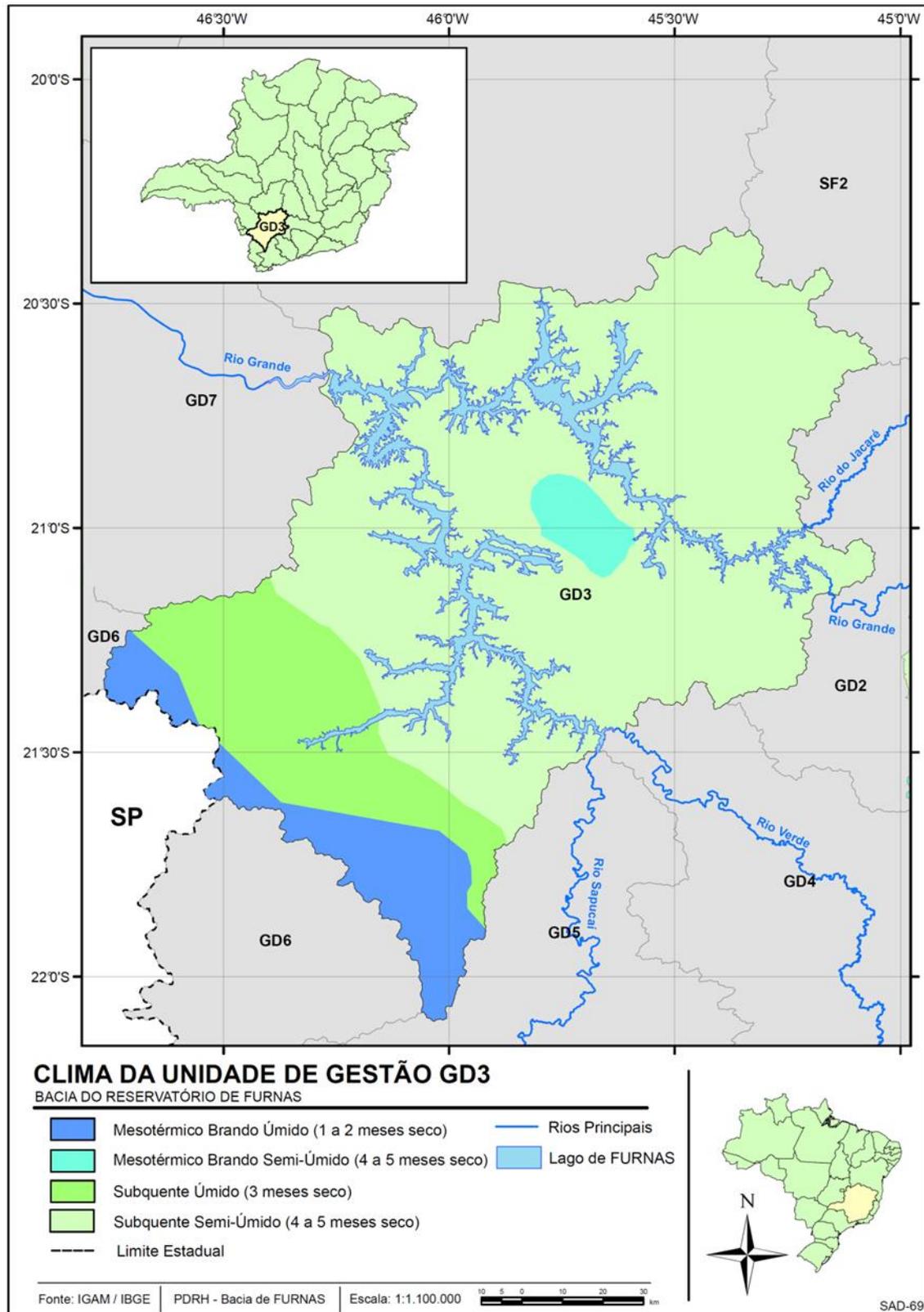


Figura 2.10. Distribuição do clima da Unidade de Gestão GD3

Tabela 2.5. Estações climatológicas na Unidade de Gestão GD3

NOME	CÓDIGO	TIPO	PERÍODO DISPONÍVEL	LONGITUDE (°)	LATITUDE (°)
Lavras	32511	Agrometeorológica	28/04/1998 a 24/03/2009	-44.97	-21.22
Machado	32526	Agrometeorológica	15/10/1996 a 13/02/2009	-45.89	-21.70

(Fonte: CPTEC/INPE, 2009)

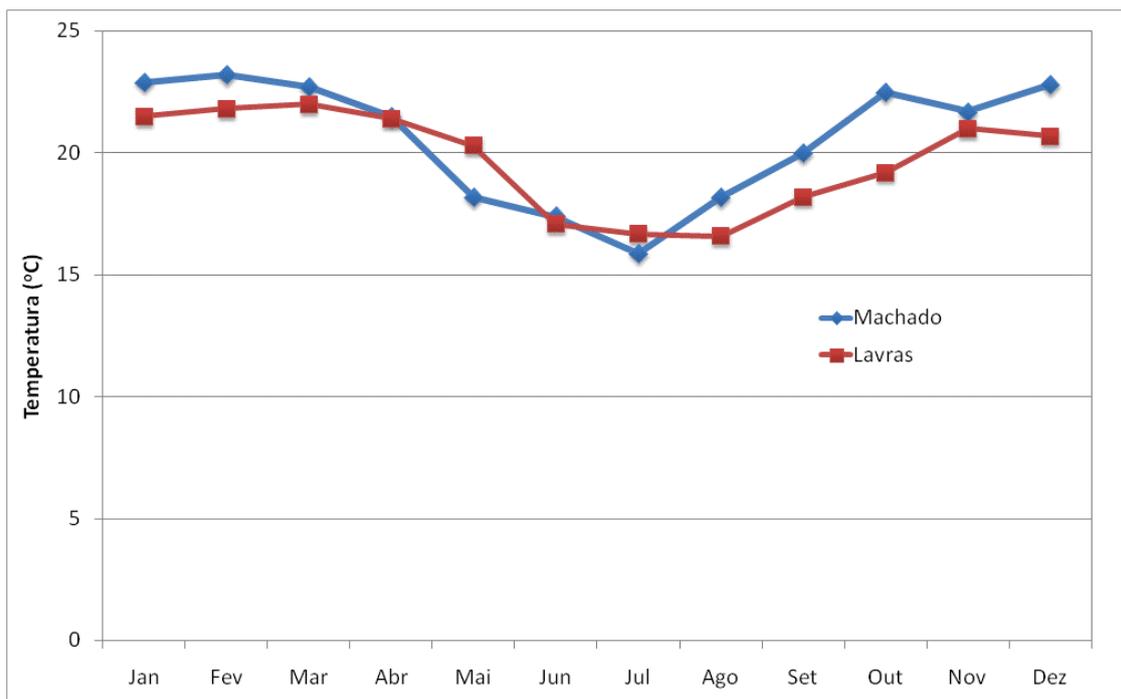


Figura 2.11. Temperatura média mensal para as estações climatológicas de Machado e Lavras. (Fonte: CPTEC/INPE, 2009)

Nota-se que os valores registrados nas estações de Machado e de Lavras estão próximos aos descritos na caracterização do clima da região, destaca-se também que os maiores valores de temperatura mensal foram registrados no final do verão (entre Fevereiro e Março), quase no fim da estação chuvosa e as menores no final do inverno (entre Julho e Agosto). Historicamente existe uma pequena amplitude térmica nessa região variando de 10° a 14°C ao longo das estações do ano.

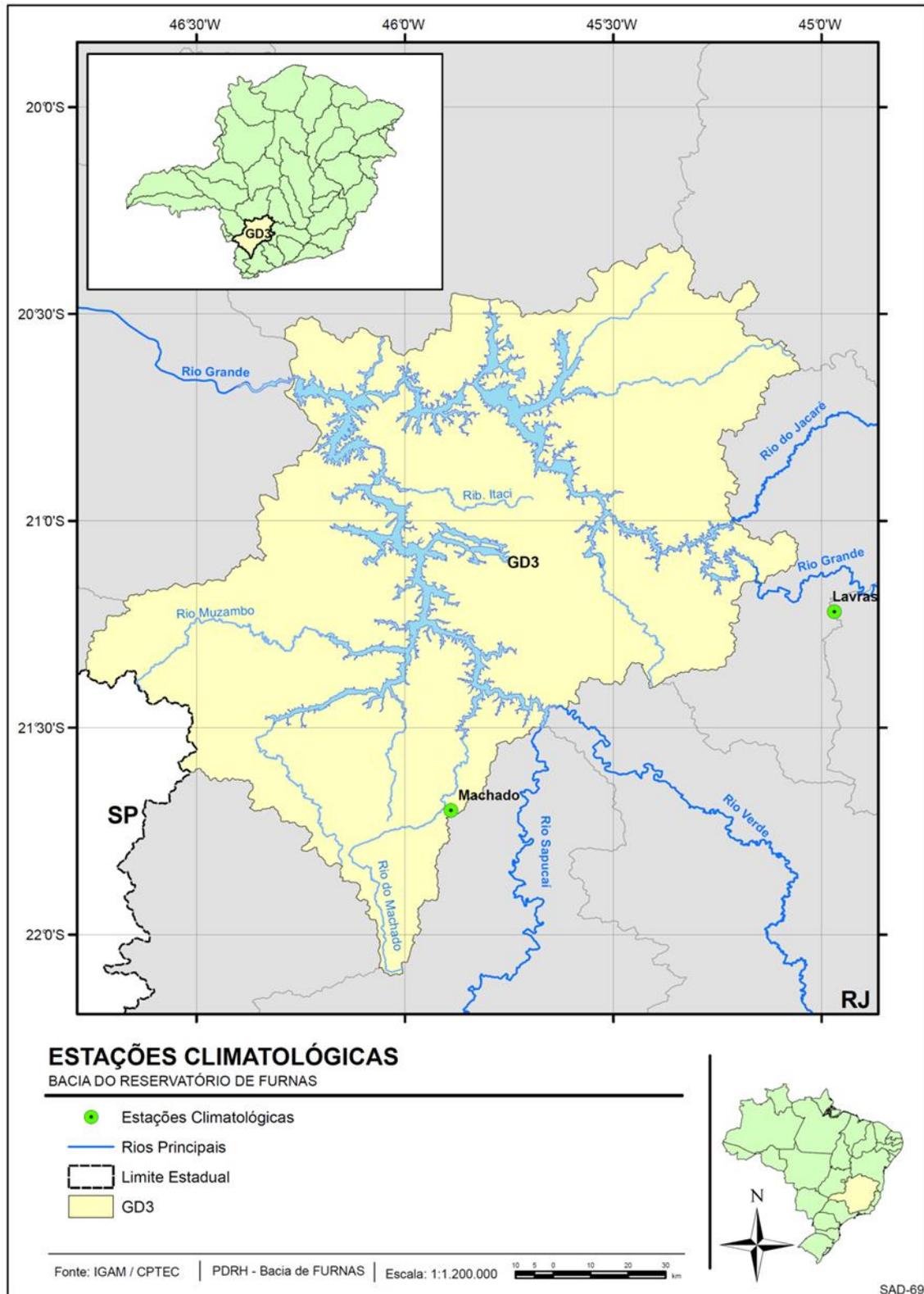


Figura 2.12. Localização das estações climatológicas da Unidade de Gestão GD3  
(Fonte: CPTEC/INPE, 2009)

### 2.4.3. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a soma da evaporação das plantas com a evaporação das superfícies, como o solo, correspondendo a uma importante parcela no balanço hídrico de uma bacia, especialmente no balanço hídrico agrícola, de onde se afere a necessidade de irrigação, uma vez que, na medida em que diminui a umidade do solo, ocorrem restrições à transferência de água para a atmosfera, que passa a depender não somente das condições meteorológicas, mas também do sistema radicular das plantas, bem como de outras características, como o estado fitossanitário das mesmas. Existem dois tipos básicos de medição da evapotranspiração, que é a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real.

**Evapotranspiração Potencial (ETP)** - quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (Penman, 1956).

**Evapotranspiração Real (ETR)** - quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo. A evapotranspiração real é igual ou menor que a evapotranspiração potencial ( $ETR \leq ETP$ ) (Penman, 1956). Informações confiáveis sobre evapotranspiração real são escassas e de difícil obtenção, pois demandam um longo tempo de observação e alto investimento econômico.

Para análise da evapotranspiração na Unidade de Gestão GD3 foram utilizadas informações do Banco de Dados Climáticos do Brasil, disponível em EMBRAPA (2009), composto por dados normais de temperatura média mensal e de chuva total mensal registrados pela rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE/SP) e da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Para as localidades com dados do DAEE/SP, a temperatura média mensal foi estimada a partir do método das coordenadas geográficas, com os coeficientes determinados por Pedro Jr. et al. (1991) referentes ao estado de São Paulo.

Esses dados foram utilizados pela EMBRAPA (2009) na elaboração do balanço hídrico climatológico, empregando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955), através do programa "BHNORM" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Como Capacidade

de Água Disponível (CAD) adotou-se o valor de 100 mm e a evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). A inicialização do balanço hídrico seguiu o critério de Mendonça (1958) devido à facilidade de sua informatização em relação ao método original. Os dados mensais de precipitação média (P), evapotranspiração real (ETR), armazenamento de água no solo (ARM) em valores máximos de 100 mm, deficiência hídrica (DEF) – calculado a partir da diferença de ETR e ETP – e excedente hídrico (EXC) – calculado pela diferença entre P e ETP – são apresentados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6. Dados climatológicos das estações de Machado e Lavras

MACHADO							LAVRAS						
MÊS	P	ETP	ARM.	ETR	DEF.	EXC.	MÊS	P	ETP	ARM.	ETR	DEF.	EXC.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	274	103	100	103	0	171	Jan	272	99	100	99	0	173
Fev	196	96	100	96	0	100	Fev	192	94	100	94	0	98
Mar	183	97	100	97	0	86	Mar	174	89	100	89	0	85
Abr	79	75	100	75	0	4	Abr	67	73	94	73	0	0
Mai	57	54	100	54	0	3	Mai	41	56	81	54	2	0
Jun	35	43	93	42	1	0	Jun	28	45	69	41	4	0
Jul	32	41	84	40	1	0	Jul	23	43	56	35	8	0
Ago	31	54	67	49	6	0	Ago	25	56	41	40	16	0
Set	74	68	73	68	0	0	Set	72	66	47	66	0	0
Out	145	85	100	85	0	33	Out	126	83	90	83	0	0
Nov	188	88	100	88	0	100	Nov	213	89	100	89	0	115
Dez	298	101	100	101	0	197	Dez	296	96	100	96	0	200
<b>Totais</b>	<b>1.592</b>	<b>904</b>	<b>1.117</b>	<b>897</b>	<b>8</b>	<b>695</b>	<b>Totais</b>	<b>1.529</b>	<b>889</b>	<b>979</b>	<b>859</b>	<b>30</b>	<b>670</b>
<b>Média</b>	<b>133</b>	<b>75</b>	<b>93</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>Média</b>	<b>127</b>	<b>74</b>	<b>82</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>56</b>

(Fonte: INMET, 2003)

Para melhor visualização dos dados da Tabela 2.6 são apresentados gráficos de balanço hídrico para cada estação, conforme as Figura 2.13, Figura 2.14 e Figura 2.15. Nota-se que nas estações observadas os gráficos apresentam a mesma tendência: meses mais secos no final do inverno. A evapotranspiração acompanha essa tendência e diminui de forma proporcional. Isso se deve ao fechamento dos estômatos nos vegetais a fim de economizar água. O mês mais crítico em todas as estações é o de Agosto, que deve ser levado em consideração para qualquer planejamento que envolva esse recurso.

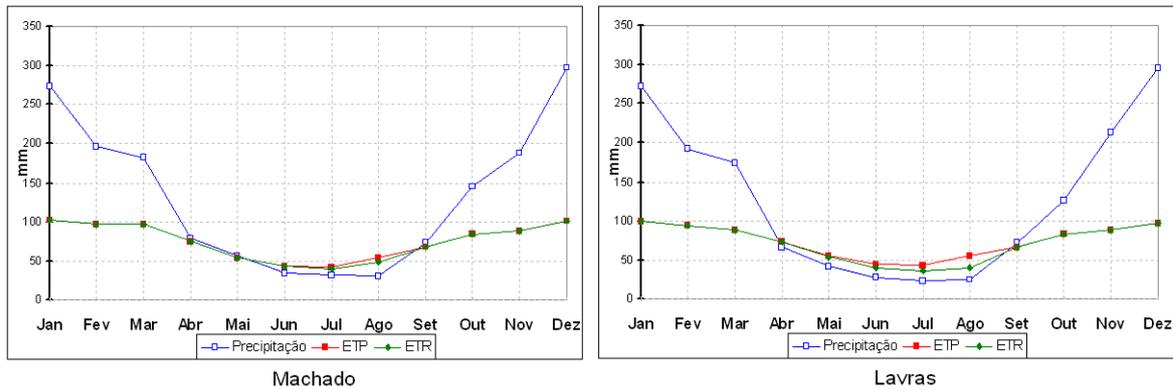


Figura 2.13. Balanço Hídrico mensal nas estações climatológicas de Machado e Lavras.  
(Fonte: INMET, 2003)

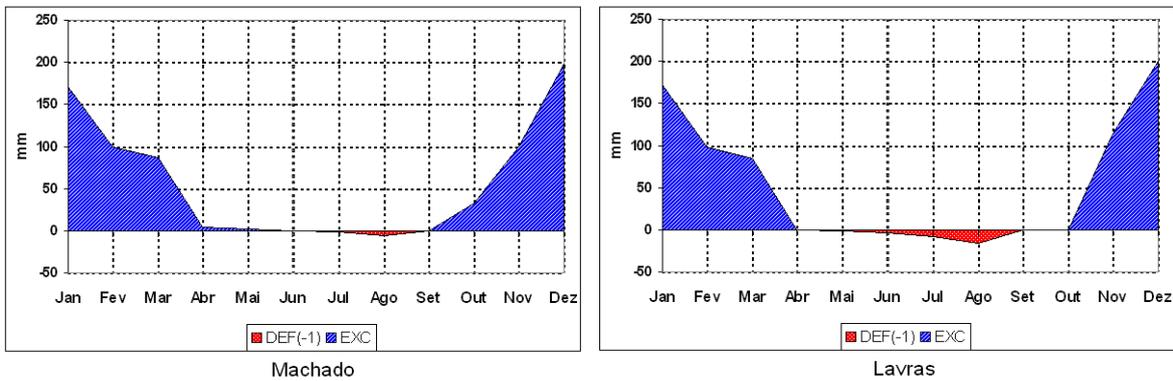


Figura 2.14. Diferença entre excedente e déficit hídrico nas estações climatológicas de Machado e Lavras.  
(Fonte: INMET, 2003)

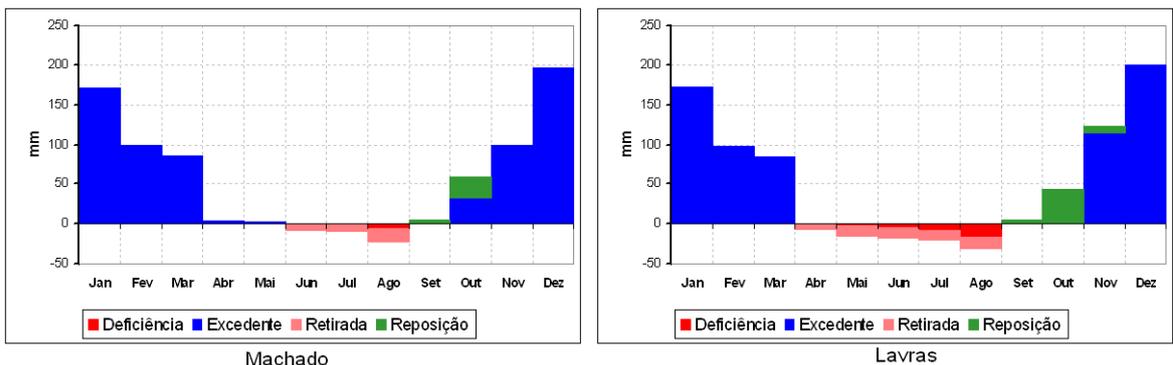


Figura 2.15. Balanço hídrico das estações de Machado e Lavras.  
(Fonte: INMET, 2003)

#### 2.4.4. Evaporação nos Reservatórios

Nos reservatórios de pequena profundidade, assim como nos de regularização plurianual, as perdas por evaporação podem ser significativas e devem ser levadas em

consideração nos estudos de dimensionamento de reservatórios e na operação dos sistemas existentes.

As avaliações das perdas por evaporação devem considerar a evaporação líquida, isto é, a diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real do entorno da bacia hidrográfica mesmo antes de sua implantação, e acompanhar se há uma mudança dos valores ao longo do tempo, lembrando que essas perdas por evaporação e evapotranspiração devem ser estimadas e calculadas no período crítico de depleção do reservatório. As variações sazonais da evaporação podem ter importância significativa, em particular nos projetos de abastecimento público e irrigação, uma vez que, normalmente nos períodos em que a evaporação é máxima, as demandas de água também o são.

Segundo o ONS (2004) a evaporação líquida mensal do reservatório da UHE FURNAS é apresentada na Figura 2.16.; com os valores mensais medidos em milímetros no ano de 2003. A evaporação líquida é necessária para reconstituição das séries de vazões naturais dos aproveitamentos hidrelétricos e para uso nas simulações energéticas, sendo obtida pela diferença entre a evaporação real do reservatório (Elago) e a evapotranspiração real da bacia hidrográfica no local do reservatório antes da sua implantação (ETR).

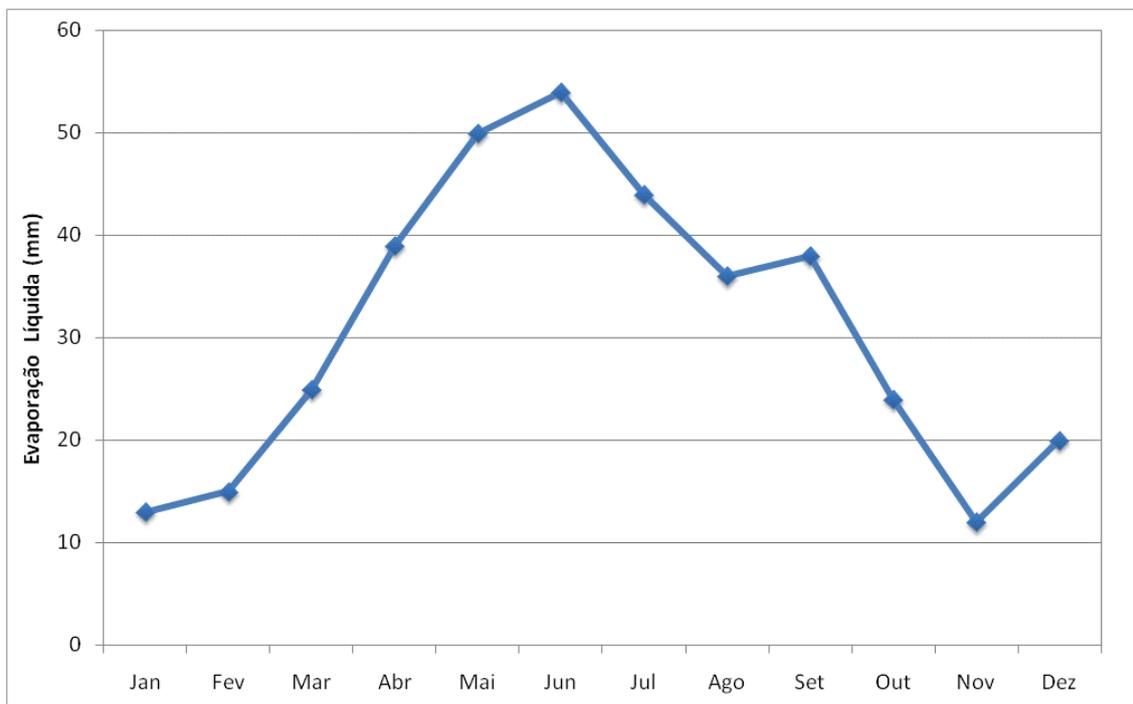


Figura 2.16: Evaporação Líquida do reservatório de Furnas do ano de 2003. (Fonte: ONS, 2004).

#### 2.4.5. Pluviometria

Para a Unidade de Gestão GD3 foram analisados dados históricos de chuva de 31 postos pluviométricos dentro dos limites da unidade e próximos a ele. Os postos são listados na Tabela 2.7, com sua localização e valor de precipitação média anual, a partir dos dados obtidos na Hidroweb / ANA, 2009. A Figura 2.17 ilustra a localização dos postos no mapa da região.

A partir dos dados pluviométricos da região foi possível construir um mapa de isoietas das precipitações média anual, do trimestre mais seco do ano e do trimestre mais úmido do ano, apresentados nas Figura 2.18, Figura 2.19 e Figura 2.20 respectivamente.

Destes mapas pode-se notar que grande parte das precipitações ocorre no trimestre úmido, ou seja, os valores de precipitação no período úmido são maiores que 50% do volume médio anual precipitado na região, chegando a valores maiores que 60% do volume precipitado em média. As regiões das nascentes dos rios Muzambo e do Machado são as áreas onde ocorrem os maiores valores de precipitação na Unidade de Gestão GD3, pois as chuvas ocorrem com maior frequência. Por serem áreas de elevada altitude, as chuvas são orográficas. O mapa de isoietas de trimestre mais seco indica que a região do município de Boa Esperança e próxima à barragem em Capitólio são as mais críticas da unidade, sabendo que o regime de chuvas é influenciado pelo o clima da região.

Tabela 2.7. Postos pluviométricos da região do GD3, com os valores de precipitação média anual.

CÓDIGO	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	MUNICÍPIO	NOME DO POSTO	ALTURA (mm)
2145042	-21,45	-45,94	Alfenas	Alfenas	1.366
2145030	-21,08	-45,57	Boa Esperança	Boa Esperança	1.339
2145048	-21,09	-45,57	Boa Esperança	Boa Esperança	1.234
2146078	-21,02	-46,52	Bom Jesus da Penha	Bom Jesus da Penha	1.471
2246127	-22,28	-46,16	Borda da Mata	Borda da Mata	1.582
2146028	-21,72	-46,44	Botelhos	Cachoeira do Carmo	1.608
2145041	-21,24	-45,76	Campos Gerais	Campos Gerais	1.347
2045020	-20,76	-45,27	Candeias	Candeias	1.316
2046030	-20,65	-46,22	Capitólio	Ponte do Turvo	1.303
2046028	-20,97	-46,15	Carmo do Rio Claro	Carmo do Rio Claro	1.313
2145032	-21,19	-45,45	Coqueiral	Coqueiral	1.435
2145023	-21,61	-45,49	Elói Mendes	Porto dos Buenos	1.389
2145047	-21,40	-45,83	Fama	Fama	1.252
2045021	-20,46	-45,42	Formiga	Formiga	1.434
2045028	-20,77	-45,93	Guapé	Guapé	1.248
2146026	-21,29	-46,70	Guaxupé	Guaxupé	1.648
2045026	-20,95	-45,82	Ilicínea	Ilicínea	1.358
2045005	-20,47	-45,04	Itapecerica	Lamounier	1.501
2145007	-21,34	-45,17	Lavras	Usina Couro do Servo	1.425
2146027	-21,28	-46,36	Monte Belo	Juréia	1.515
2146030	-21,38	-46,52	Muzambinho	Muzambinho	1.510
2145021	-21,26	-45,17	Nepomuceno	Usina Nepomuceno	1.437
2145022	-21,59	-45,67	Paraguaçu	Paraguaçu	1.439
2045012	-20,46	-45,95	Piunhí	PIUM-I	1.488
2146029	-21,79	-46,12	Poço Fundo	Cachoeira Poço Fundo	1.615
2245077	-22,24	-45,96	Pouso Alegre	Pouso Alegre	1.412
2246047	-22,02	-46,30	Santa Rita de Caldas	Beira de Santa Rita	1.596
2045004	-20,91	-45,13	Santana do Jacaré	Santana do Jacaré	1.454
2245085	-22,13	-45,92	Silvianópolis	Vargem do Cervo	1.499
2145043	-21,36	-45,50	Três Pontas	Três Pontas	1.278
2046013	-20,33	-46,37	Vargem Bonita	Vargem Bonita	1.650

(Fonte: Hidroweb / ANA, 2009)

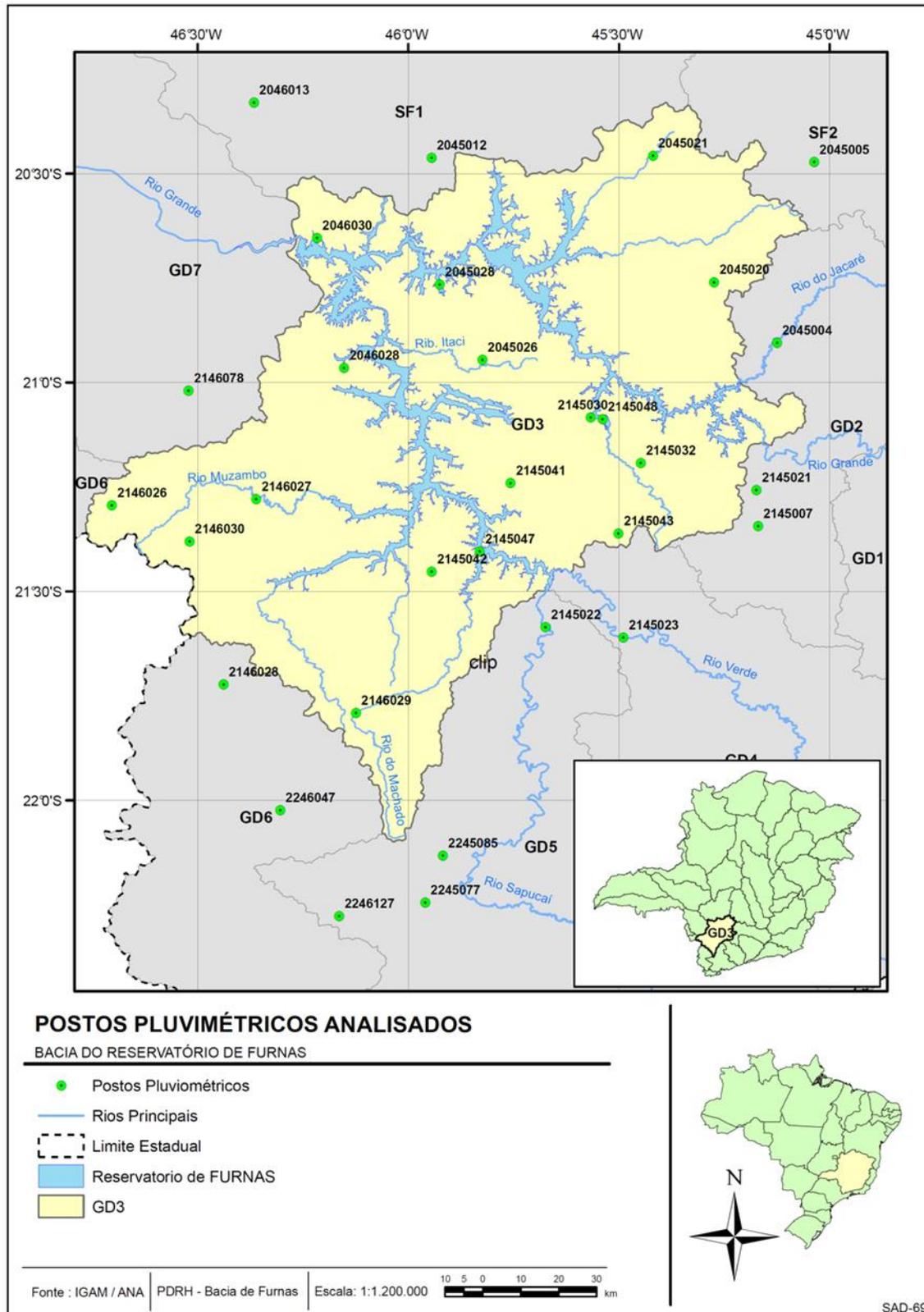


Figura 2.17. Localização dos postos pluviométricos

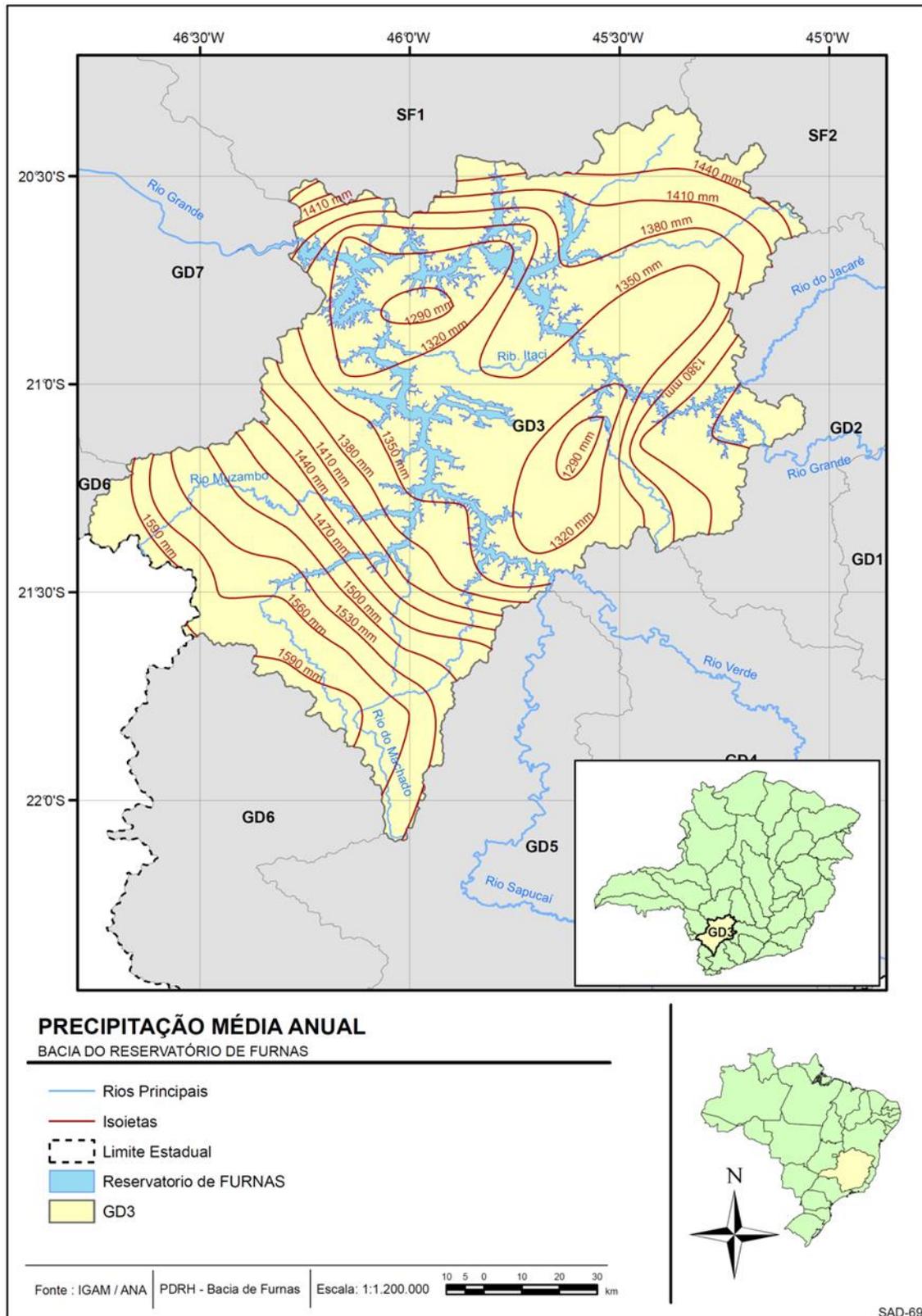


Figura 2.18: Mapa de isoietas na Unidade de Gestão GD3

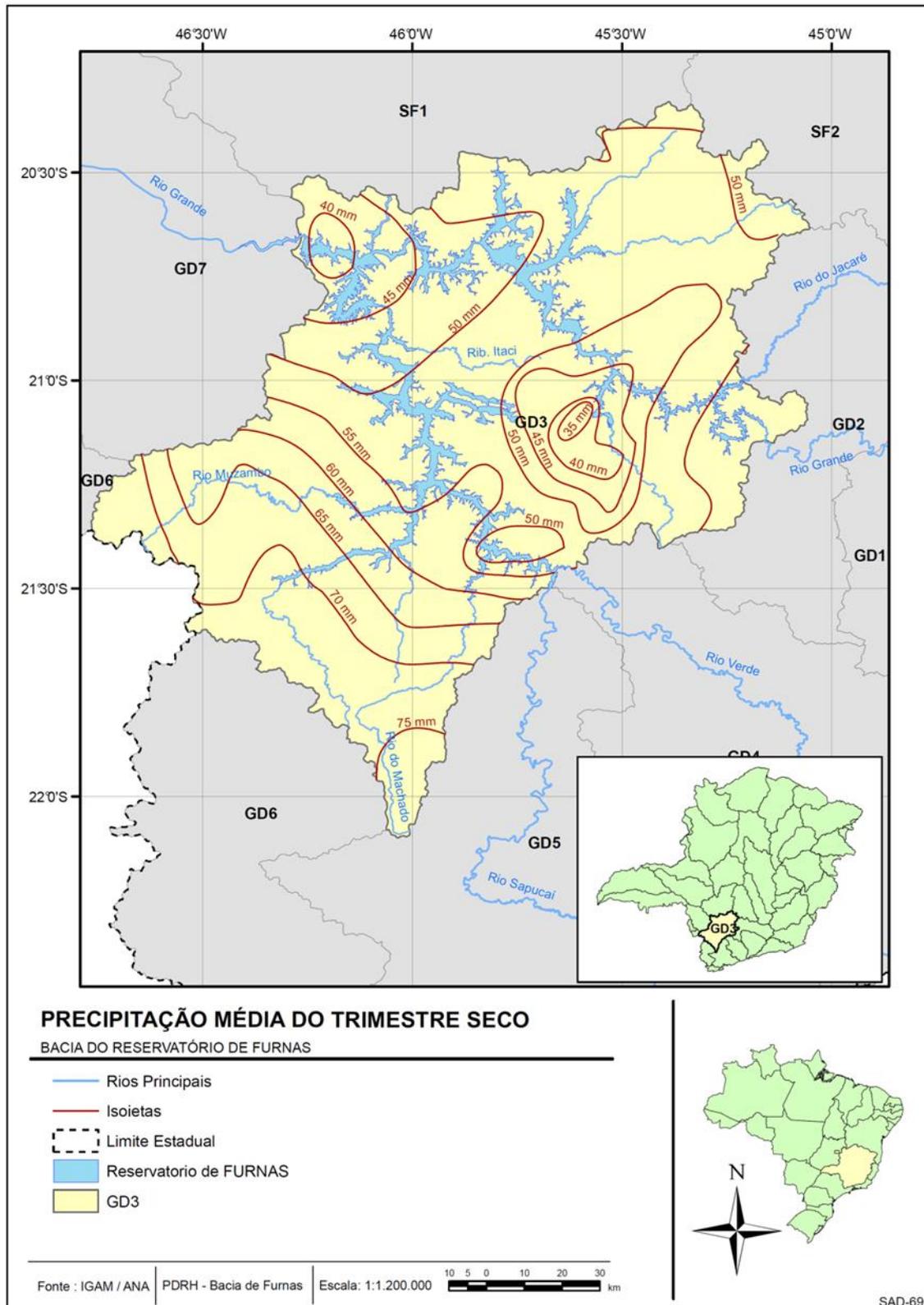


Figura 2.19. Mapa de isoietas do trimestre seco na Unidade de Gestão GD3

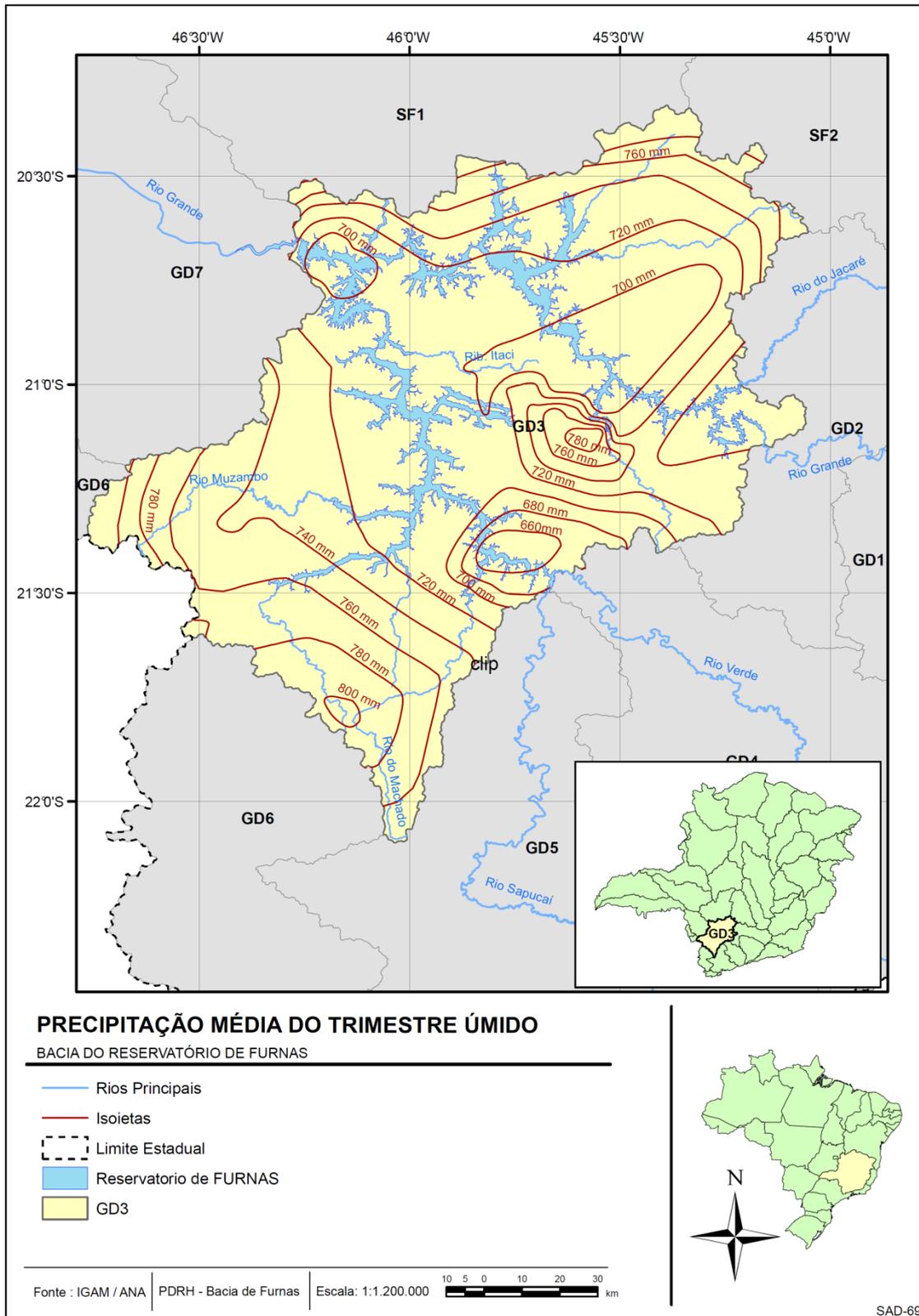


Figura 2.20: Mapa de isoietas do trimestre úmido na Unidade de Gestão GD3

## 2.5 Caracterização Geológica

O embasamento litológico da Unidade de Gestão GD3 compreende uma complexa associação de rochas cristalinas com idades de formação distintas e intensamente deformadas por eventos tectônicos, sendo sobrepostas por coberturas detríticas e depósitos colúvio-aluvionares.

Os principais intervalos de tempo geológico relacionados à formação das unidades presentes na região incluem o Mesoarqueano (3.200 - 2.800 milhões de anos), Paleoproterozóico (2.500 - 1600 milhões de anos), Mesoproterozóico (1.600 - 1000 milhões de anos) e Neoproterozóico (543 - 1.000 milhões de anos), estes relativos aos corpos cristalinos e Cenozóico, representados os depósitos aluvionares recentes encaixados (areias e seixos) em bacias estruturais e coberturas detrítico-lateríticas. A Figura 2.21 ilustra as formações geológicas da região e estão descritas as unidades presentes na área, iniciando-se pelas mais antigas seguindo para as mais recentes.

### TERRENOS ARQUEANOS

Os terrenos arqueanos constituem as litologias mais antigas da área, e são representadas inicialmente pelo **Complexo Lavras** (Mesoarqueano), que pertence ao Domínio Gnáissico-Migmatítico Arqueano da região Sudeste do Brasil, apresentando-se como corpos de grande expressão espacial e intensamente deformados por eventos tectônicos posteriores. Esses terrenos comportam litologias muito antigas, tais como ortognaisses tonalíticos trondjemítico-granodioríticos, graníticos, granulíticos, migmatíticos e anfibólitos. Na área de estudo esta unidade aflora na porção nordeste da mesma, sendo interferida por unidades de formação posterior.

Também são pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico Arqueano os Complexos **Divinópolis** e **Campos Gerais** (Mesoarqueano), que possuem idade de formação e composição litológica semelhantes.

Também do Arqueano, o *Greenstone Belt Pium-bi* (Mesoarqueano), datado de 3116 Ma U-Pb, relacionado ao Greenstone Belt Fortaleza de Minas, é composto por grauvascas diversas, tais como xistos grauvaquianos, metapsamitos e seqüências conglomeráticas. Tais litologias formam uma zona de distribuição complexa na porção noroeste da área da GD3, estando em contato com o lago de FURNAS na sua porção meridional.

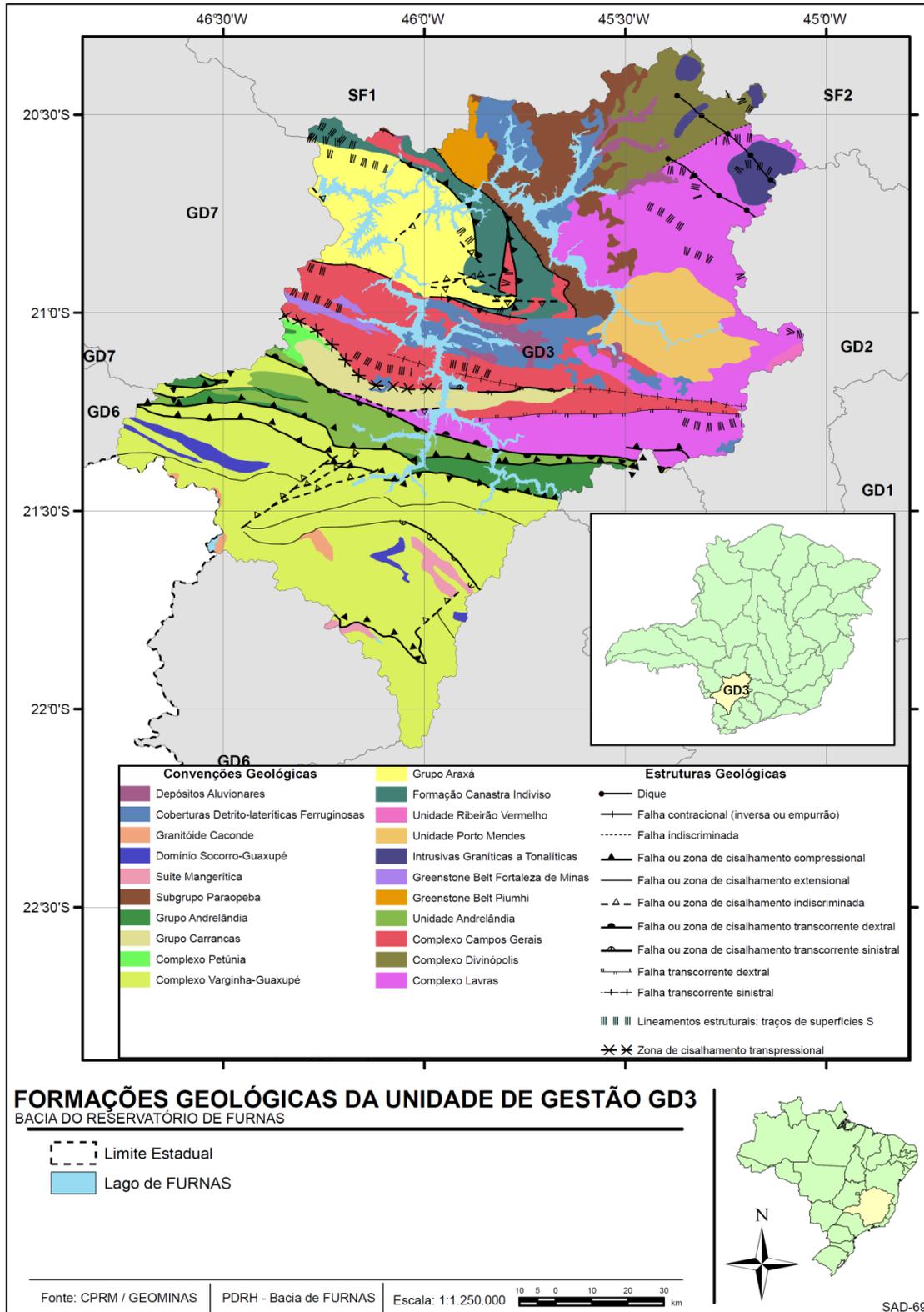


Figura 2.21. Mapa geológico regional da Unidade de Gestão GD3 (Fonte: CPRM, 2004)

O *Greenstone Belt* **Fortaleza de Minas** (Mesoarqueano) é composto por rochas metamáficas e metamáficas tholeíticas, relacionadas ao episódio de colisão de placas mesoarqueanas. Na área da GD3 estas litologias são presentes na porção oeste na forma de corpos alongados, seguindo o padrão regional de alinhamento NW-SE.

A unidade de rochas **Intrusivas Graníticas a Tonalíticas** (Neoarqueano) contempla granitóides sin a tarditectônicos tais como tonalitos, monzodioritos, granodioritos e granitos formados durante o Neo-arqueano. São representados por corpos mais ou menos circulares na porção nordeste da área em questão, fazendo contato com o Complexo Lavras.

### TERRENOS PROTEROZÓICOS

Os terrenos proterozóicos estão representados pelas **Unidades Porto Mendes e Ribeirão Vermelho** (datadas do Paleoproterozóico), e pertencem ao Orógeno Mineiro. São compostos por dois corpos plutônicos vizinhos e constituídos por tonalitos e granitos calcialcalinos metaluminosos, Tipo 1, originados no período Riáciano. Na Unidade de Gestão GD3 se localizam na porção leste, associados ao Complexo Lavras, englobando um dos braços do reservatório de Furnas.

O **Grupo Canastra** corresponde a um conjunto metamórfico diverso, com presença de quartzitos, filitos e xistos, que ocorrem desde o sul de Minas Gerais até o noroeste do Distrito Federal (Lacerda Filho, 2000). Os diversos trabalhos regionais posicionam-no acima do Grupo Araxá, ressaltando o contraste metamórfico entre essas duas unidades. Este grupo possui um grau metamórfico mais baixo, de fácies xisto-verde, zona da clorita e condições metamórficas marcadas por temperaturas entre 250 e 300°C e pressões de 1,5 a 2,0 kbar (Lacerda Filho, 2000).

A **Formação Canastra Indiviso** (Mesoproterozóico), presente na área em questão, é constituída por metarenitos, xistos grafitosos, sericita xistos, quartzo-muscovita xistos, filitos, filitos grafitosos, clorita filitos, metassiltitos, metargilitos, calcários e ardósias, localizando-se no noroeste da Unidade de Gestão GD3, em contato com o Grupo Araxá, Subgrupo Paraopeba e Unidade Piumhi.

O **Grupo Araxá** (Neoproterozóico) se insere na porção noroeste da região, constituindo um amplo corpo de litologias xistosas do Período Toniano (Neoproterozóico), representadas por restos de crosta oceânica constituída por magmatismo, que forma o embasamento da porção inicial do reservatório e das estruturas civis do UHE FURNAS. São presentes calcita-

clorita xisto feldspático, por vezes granadífero, hornblenda-granada xisto feldspático, grafita xisto, quartzito com lentes de mármore, anfibólito, talco xisto e hematita xisto.

O **Complexo Varginha-Guaxupé** (Neoproterozóico) ocupa a região sudoeste da Unidade de Gestão GD3, constituindo uma assembléia litológica cuja paragênese indica metamorfismo de fácies granulito com fases de deformação ainda em regimes de alto grau, cujo processo de exumação seguiu uma trajetória horária de decompressão isothermal. As unidades deste complexo que afloram na região são: Unidade Granulítica Basal Intermediária e Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior. A primeira é constituída por enderbita, granulito e granulito máfico de composição básica, enquanto que a Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária é constituída por anatexito, gnaiss granítico, migmatito estromático e gnaiss tonalítico. A Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior, por sua vez, é constituída por paragnaisses, mica xistos e biotita gnaisses.

O **Complexo Petúnia** (Neoproterozóico), de idade próxima à do Complexo Varginha-Guaxupé, ocorre em corpos alongados na porção oeste da unidade de gestão, sendo composta por cianita-granada-micaxisto, estauroлита-cianita-granada-muscovita-biotita-gnaiss, quartzito, granada anfibólito e clorita-(antofilita)-(actinolita) xisto.

O **Grupo Carrancas** (Neoproterozóico) é uma seqüência alóctone dominada por rochas metapsamíticas que gradam, para o topo, para micagrafitaxisto. Este grupo é admitido como oriundo da margem passiva Neoproterozóica da borda meridional da Placa Sanfranciscana (Ribeiro et al. 1995). Encontra-se na base das *nappes* do grupo Andrelândia, sob condição metamórfica de média pressão-temperatura. Ocorrem na porção central da unidade de gestão, em contato com o Complexo Lavras e Complexo Campos Gerais.

O **Grupo Andrelândia** (Neoproterozóico), ocupa a região central da unidade de gestão, compreendendo uma seqüência de metassedimentos diversificados, tendo na base quartzitos, seguidos por granada-mica xistos com ou sem estauroлита, cianita, e gnaisses associados aos xistos feldspáticos, leptinitos e mármore. É composta, da base para o topo, por seis associações de litofácies, segundo Peternel et. al. (2005):

**-AL1:** biotita gnaisses finos bandados com intercalações de anfibólitos;

**-AL2:** biotita gnaisses finos bandados com intercalações de quartzitos, xistos e anfibólitos;

**-AL3:** quartzitos com xistos e escassos conglomerados intercalados;

**-AL4:** filitos/xistos cinzentos com intercalações quartzíticas subordinadas;

-AL5: biotita xistos/gnaisses finos, maciços ou laminados, localmente com grânulos e seixos pingados;

-AL6: biotita xistos/gnaisses grossos, com intercalações de rochas calcissilicáticas, gonditos, quartzitos e anfibolitos.

Nos limites da unidade de gestão afloram as litofácies AL1, AL2 e AL3. As litofácies AL1 e AL2 que são associações de litofácies basal, posicionada discordantemente sobre ortognaisses do embasamento ou tectonicamente, através de falhas de empurrão, sobre rochas de outras associações da megassequência Andrelândia. Estas são constituídas principalmente por biotita gnaisses de granulometria fina com laminação delgada, lateralmente contínua, definida pela alternância de camadas quartzo-feldspáticas mais ou menos ricas em biotita. Algumas camadas quartzo-feldspáticas são um pouco mais espessas e apresentam granulometria média a grossa, localmente com grânulos e seixos finos arredondados (Peternel et al., 2005). A litofácia AL3 assenta-se concordantemente sobre os biotitas gnaisses, sendo composta por sucessões quartzíticas e intercalações subordinadas de quartzo-muscovita xistos. Esta unidade faz contato com as rochas do Complexo Varginha-Guaxupé através da falhas transcorrentes dextrais (Peternel et al., 2005).

O **Subgrupo Paraopeba** (Neoproterozóico) é pertencente ao Supergrupo São Francisco – Grupo Bambuí, que comportam rochas sedimentares com idade de formação estimada ao Criogeniano, (Neoproterozóico). Estão presentes fácies de siltitos e argilitos, correlacionáveis com os calcários, dolomitos e metapelitos da Fm. Sete Lagoas e o Paraconglomerado Samburá.

A **Suíte Mangerítica** (Neoproterozóico) compreende uma unidade formada por granitos e mangeritos localizados junto ao complexo Varginha-Guaxupé e o Complexo Poços de Caldas, na porção Sudeste da unidade de gestão, formados durante o Neoproterozóico III (650 milhões de anos).

O **Domínio Socorro-Guaxupé** ou **Nappe Socorro-Guaxupé** (Neoproterozóico), ocupa uma pequena faixa na região sudoeste do GD3, constituindo uma espessa lasca (ca. 15 km) neoproterozóica, organizada em uma pilha alóctone de três distintas unidades de crosta continental profunda: a Unidade Granulítica Basal, a Unidade Diatexítica Intermediária e a Unidade Migmatítica Superior.

Na Unidade de Gestão GD3 afloram a Unidade basal constituída de granulito-gnaisses bandados, enderbítico a charnoenderbíticos, com intercalações locais de gnaisses gabronoríticos. Os granulitos possuem uma assinatura química cálcio-alcalina e composição

intermediária, enquanto que os granulitos máficos exibem uma assinatura toleítica (Campos Neto et al., 2004). Segundo Leite et al. (2004), na região em questão, o Domínio Socorro-Guaxupé é representado por granitóides pré-sinorogênicos a sinorogênicos, foliados e ortognaisses.

O **Corpo Granitóide Caconde** (Neoproterozóico) ocupa uma pequena faixa na porção sudoeste da Unidade de Gestão GD3, e é representado por granito, monzodiorito e tonalito foliados, são cálcio-alcálicos e alcálicos-básicos-ultrabásicos ígneos. Na Unidade GD3 o Corpo Granitóide Caconde faz contato com Complexo Varginha-Guaxupé.

### TERRENOS CENOZÓICOS

Os terrenos cenozóicos correspondem às formações mais jovens da região, e são representadas por materiais de retrabalhamento das litologias mais antigas, tais como perfis espessos de alteração lateríticos e depósitos aluvionares.

As **Coberturas Detrito-lateríticas Ferruginosas** representam níveis de materiais oriundos dos processos de intemperismo das rochas cristalinas subjacentes, formando acumulações de óxidos de ferro e alumínio na forma de crostas endurecidas em meio ao perfil de alteração latossólico. É uma formação encontrada em diversas partes da área em questão, principalmente sobre as superfícies com manto de alteração mais expressivos, destacando-se na porção central e no norte da Unidade de Gestão GD3. Por situar nas porções mais rebaixadas do relevo, estas coberturas recebem influência do lago de Furnas. As idades de formação variam do Neógeno ao Pleistoceno. Ao longo de seu desenvolvimento, processos de coluvionamento formam depósitos de Latossolos com níveis de cascalho.

Os **Depósitos Aluvionares** se distribuem em corpos sedimentares encaixados em estruturas de falhas e bacias restritas, localizadas de modo geral ao longo das principais drenagens, onde podem se desenvolver planícies de inundação. Podem aparecer tanto próximo às cabeceiras quanto nos baixos cursos dos rios. São compostos basicamente por areia, argila ou cascalho, conforme a disponibilidade de material e morfologia da área de deposição e possuem idade Quaternária.

#### 2.5.1. Geologia Estrutural

A Unidade de Gestão GD3 contextualiza-se nos terrenos pertencentes à Província Mantiqueira Central, cujas complexas associações litológicas são explicadas por eventos

policíclicos com início no Arqueano e fechamento com a Orogênese Brasileira (Hackspacher et al., 2003).

A Província Mantiqueira Central é subdividida em quatro principais domínios estruturais: Domínio Socorro, Domínio Guaxupé, Faixa Alto Rio Grande e Borda Cratônica Retrabalhada, rodeados pela Bacia do Paraná a Oeste, Cráton do São Francisco ao Norte e a Faixa Ribeira a Sudeste. A unidade de gestão assenta-se sobre o Domínio Guaxupé a Oeste, Faixa Alto Rio Grande a Sudeste/Leste e Borda Cratônica Retrabalhada a Norte.

Segundo dados da CPRM (2004), em nível regional, as principais feições estruturais obedecem à direção NE-SW e E-W, relacionados a esforços transcorrentes, compressionais e extensionais ativos em diferentes períodos, condicionados também a uma tectônica ressurgente. Na escala da área em estudo, podemos identificar duas principais famílias de falhas: E-W na porção sul e N-S/NW-SE na porção norte.

A porção sul é caracterizada por falhas ou zonas de cisalhamento extensionais e compressionais afetando as litologias do Complexo Varginha-Guaxupé e principalmente no contato a norte com o Grupo Andrelândia. Estas falhas afetam a área dos braços situados mais a sul do reservatório de Furnas, funcionando como limitantes a sua extensão, devido o desnível topográfico, ou desviando paralelamente às estruturas mencionadas. Mais a norte estas estruturas delimitam uma grande diversidade de unidades litológicas, das quais podemos destacar os Complexos Campos Gerais e Lavras e o Subgrupo Paraopeba, sempre condicionando o relevo, com as serras alinhadas de modo geral na direção E-W.

A porção norte da unidade de gestão é caracterizada por estruturas mais espaçadas de falhas ou zonas de cisalhamento compressionais, situadas no meio-norte da área considerada, afetando os braços situados na porção central do reservatório. A nordeste ocorrem diques básicos alinhados na direção NW-SE e demais estruturas indiscriminadas.

Por toda a área da unidade de gestão ocorrem estruturas de menor expressão espacial, das quais podemos destacar as falhas ou zonas de cisalhamento indiscriminadas ou recobertas; traços de superfícies S, que ocorrem principalmente na porção norte e com direção preferencial NW-SE e uma falha transpressional situada na porção sudeste da área.

### **2.5.2. Recursos Minerais**

A Unidade de Gestão GD3 constitui uma importante área polimetálica e de minerais industriais, possuindo também importantes mananciais de água, conforme apresenta a Figura

2.22. Segundo os dados de DNPM (2009) e CPRM (2009) estão cadastradas 739 ocorrências minerais, totalizando 37 bens minerais que podem ser classificados em: metais ferrosos; rochas e minerais industriais; agrominerais; gemas; metais nobres; metais-base; e recursos hídricos.

Metais Ferrosos apresentam o ferro (Fe) como principal componente são de uso industrial e da metalurgia. Na unidade de gestão, encontra-se manganês e minério de ferro. Rochas e Minerais Industriais incluem todas as rochas e minerais, inclusive os sintéticos, predominantemente não-metálicos, que por suas propriedades físicas ou químicas, e não pela energia gerada ou pelos metais extraídos, podem ser utilizados em processos industriais, de modo geral, com múltiplas funções como: matéria-prima, componente especial da formulação ou aditivo, material da construção civil, revestimentos entre outros (Ciminelli, 1997). Encontram-se na região: amianto, argila, areia, charnoquito, cianita, cascalho, cromo, diabásio, diorito, gabro, gnaiss, granodiorito, granulito, granito, mármore, migmatito, quartzo, quartzito, pegmatito e riólito.

Os agrominerais abrangem substâncias minerais de importância para a agricultura, tendo em vista a sua capacidade de agir como corretivos de solos e nutrientes de plantas (Lacerda Filho, 2000). Na região encontram-se calcário, caulim, caulinita, feldspato e turfa.

Na unidade de gestão são poucas as referências sobre a ocorrência de gemas para exploração comercial, com exceção do diamante que podem ocorrer restritamente em depósitos aluvionares.

São chamados metais nobres aqueles que não são atacados por ácidos ou sais, não se oxidam, são raros na natureza e permanecem sempre puros. Na região há registros de ouro. Os metais de base são metais que não são compostos por ferro, sendo usados largamente na indústria e metalurgia. Na Unidade de Gestão GD3 os metais-bases encontrados são: minério de alumínio, minério de cobalto e minério de níquel.

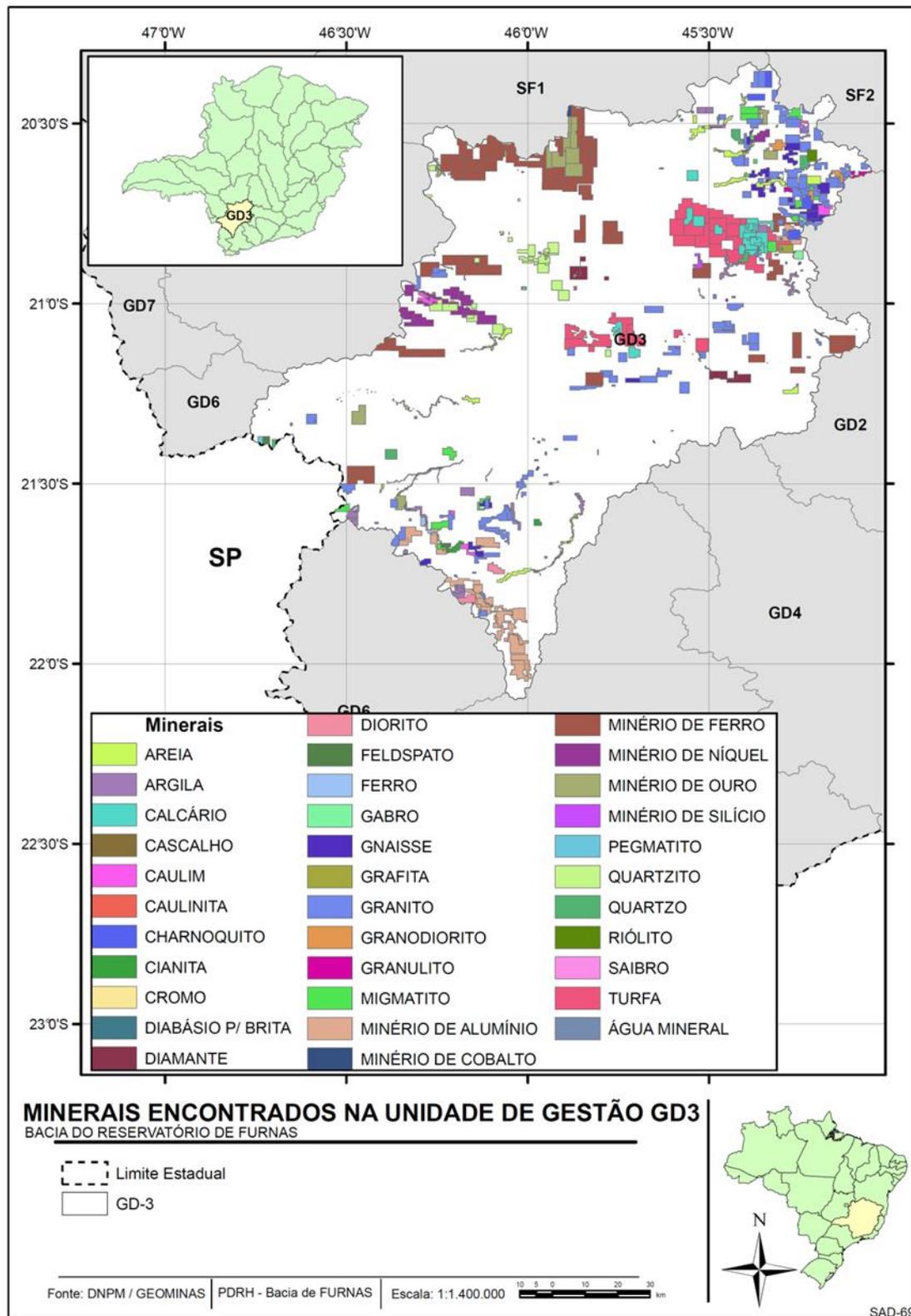


Figura 2.22: Recursos minerais encontrados na Unidade de Gestão GD3.  
(Fonte DNPM, 2008).

Conforme apresentado pela Figura 2.22, a unidade de gestão apresenta algumas áreas onde se concentram as reservas de exploração de recursos minerários. Especificamente, nota-

se que a região norte da bacia possui áreas mais extensas de reservas, nos municípios de Candeias, Camacho, Pimenta e Capitólio. As conseqüências dessas atividades para os recursos hídricos estão ligada a quantidade, mas o aspecto qualidade normalmente é o mais afetado. Algumas das explorações minerárias existentes produzem efluentes com teor elevado de metais, não sendo removidos pelos sistemas tradicionais de tratamento de água. Por esse motivo, as áreas de exploração minerária devem receber atenção específica no Plano, principalmente no que se refere ao monitoramento de metais pesados presentes nas águas usadas para consumo humano.

### 2.5.3. Hidrogeologia

A Unidade de Gestão GD3 está inserida na Província Hidrogeológica Escudo Oriental (Rebouças et al., 1999), onde predominam rochas cristalinas, com aquíferos representados pelas fissuras e diáclases interconectadas resultantes dos esforços tectônicos.

Na região são encontradas rochas de complexos granitóides e granito-gnaiss-migmatíticos, granulitos; complexos granitóides deformados e muito deformados, granitóides sin a tardi tectônicos. Também se registra a ocorrência de seqüências sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau; seqüências vulcanosedimentares tipo Greenstone Belt e seqüências vulcanosedimentares dobradas metamorfizadas em baixo a médio grau. Todas estas unidades possuem variados graus de capacidade de armazenamento na forma de aquíferos, sendo predominante os fissurais. Adiante serão detalhados os aspectos hidrogeológicos das rochas ocorrentes na unidade de gestão.

Os Complexos Granito-Gnaiss-Migmatíticos, Granulíticos e Complexos Granitóides apresentam litologias onde as águas subterrâneas armazenam-se e circulam através de fendas, fraturas e outras discontinuidades, considerados aquíferos fissurados. O potencial hidrogeológico local é bastante irregular e depende da existência, da distribuição, do tamanho, da densidade, da interconectividade das falhas e fraturas, bem como das condições climáticas e superficiais. As rochas que compõe estas formações se alteram em solos com alto teor de argila, com permeabilidade variando de moderada (solos evoluídos) a baixa (pouco evoluídos). O manto de alteração é desfavorável à recarga das águas subterrâneas.

A ambiência geológica destas formações é favorável a existência de importantes armadilhas hidrogeológicas relacionadas a falhas e fraturas e outras discontinuidades hidrogeológicas, especialmente nas bordas dos maciços. Os solos residuais espessos

apresentam pedogênese avançada sendo bons aquíferos superficiais. Desta forma, as faturas e falhas encontradas nestas litologias podem ser canais lineares de poluição das águas subterrâneas, pois onde as rochas afloram e os solos residuais são pouco evoluídos o risco de contaminação das águas é alto.

As seqüências sedimentares proterozóicas e vulcanosedimentares possuem litologias com grande variedade lateral e vertical, com características hidrodinâmicas, como a permeabilidade e a porosidade primária reduzidas pelo processo metamórfico. Nestes terrenos, os aquíferos são fissurados e de potencial hidrogeológico bastante irregular. As litologias alteram-se para solos argilosos de boa qualidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Por sua vez, estas mesmas seqüências onde predominam arenitos bastante fraturados têm bom potencial armazenador e transmissor de água. Em alguns casos a permeabilidade e porosidade dos arenitos podem estar reduzidas pelo elevado grau de diagênese e pela silificação.

Os sedimentos quartzosos possuem alta densidade e fendas pelas quais os poluentes podem infiltrar e chegar às águas subterrâneas. Os solos provindos destas seqüências sedimentares consolidadas são bastante permeáveis com baixa capacidade de reter e fixar poluentes.

Regionalmente, o potencial hidrogeológico da Província Escudo Oriental é baixo a médio, com vazões médias em torno de  $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (Rebouças, 1997) e capacidades específicas de poços tubulares variando de 0,36 a  $3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  (Rebouças et al., 1999). Na unidade de gestão, as condições climáticas propiciam um manto de alteração que pode atingir várias dezenas de metros de espessura, favorecendo melhores condições hídricas subterrâneas, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo.

Segundo Bonfim (2002), os terrenos dos complexos granitóides e granito-gnaiss-migmatíticos e granulitos e complexos granitóides deformados estão inseridos numa região de baixa a muito baixa favorabilidade hidrogeológica. Como não existe porosidade primária nas rochas do Cristalino, a ocorrência de água subterrânea é condicionada por porosidade secundária representada por fendas e fraturas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral as vazões produzidas são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo da rocha pode ser salinizada. Como a maioria destes litótipos ocorre sob forma de grandes e extensos corpos maciços,

existe uma tendência que este domínio seja o que apresenta menor possibilidade de acúmulo de água subterrânea dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais.

As seqüências sedimentares proterozóicas e vulcanosedimentares são consideradas de baixa favorabilidade hidrogeológica, porém esses litótipos formam aquíferos fissurais. Apesar deste domínio ter comportamento similar a dos terrenos complexos granitóides e granito-gnaiss-migmatíticos e granulitos e complexos granitóides deformados, uma separação entre eles é necessária, uma vez que suas rochas apresentam comportamento reológico distinto, isto é, como elas possuem estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água. Portanto as seqüências sedimentares proterozóicas e vulcanosedimentares têm uma maior favorabilidade hidrogeológica do que esperado para cristalino (Bonfim, 2002). Na Unidade de gestão GD3 registra-se 92 poços tubulares cadastrados no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), com uma profundidade média de 85,4 m e com uma vazão média de 16,6 m<sup>3</sup>/h.

#### **2.5.4. Caracterização Geomorfológica**

Na Unidade de Gestão GD3 observam-se quatro unidades geomorfológicas regionais: Planalto Centro Sul Mineiro a Nordeste, Planalto Alto Rio Grande a Sudeste, Planalto de Poços de Caldas a Sul e Serra da Canastra a Noroeste (IBGE, 2006). A configuração tectônica regional, sustentada por rochas metamórficas de diversas gêneses, implica em forte controle estrutural do relevo.

De acordo com a tipologia de domínios morfoclimáticos proposta por Ab' Sáber (1965), a área em questão se insere na faixa de transição entre os Chapadões Tropicais Interiores com Cerrados e Florestas-Galeria e o Domínio de Mares de Morros Florestados, compreendendo formas de relevo esculpidas sobre os terrenos dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos.

Considerando as altitudes relativas ao nível do mar da área em questão, constatam-se três principais maciços elevados relacionados aos compartimentos de relevo montanhoso. Tais compartimentos espacializam-se na bacia nas porções sul, noroeste e nordeste, e possuem valores de altitude máxima de 1.479 m em relação ao nível do mar.

As áreas deprimidas se distribuem de forma dendrítica pela área, com destaque à região central, onde se encaixa o reservatório da UHE FURNAS. Os valores hipsométricos

mínimos chegam a 695 m, o que resulta numa amplitude topográfica de 784 m. Destaca-se ainda que, devido à evolução tectônica do relevo, regiões de elevados valores de altitude são vizinhas às regiões deprimidas, principalmente na serra da Canastra, o que demonstra que as altitudes variam abruptamente em diversos locais da área em questão. A Figura 2.23 ilustra com maior detalhe o mapa hipsométrico da região. Segundo Gonçalves et al. (2008), numa escala de maior detalhe, a GD3 pode ser compartimentada em sete unidades geomorfológicas (Figura 2.24), descritas a seguir:

**Domínio Montanhoso:** Constitui uma transição entre o Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e o Domínio de Morros e de Serras Baixas. Ocupa trechos no centro-sul e na borda oeste da unidade de gestão, desenvolvendo-se sobre seqüências vulcanosedimentares dobradas e metamorizadas em baixo a médio grau, complexos granitóides deformados e complexos de granito-gnaiss-migmatitos e de granulitos. Formam topos angulosos e com vertentes retilíneas/convexas. As cristas elevadas podem atingir cotas altimétricas superiores a 1.100 m. A rede de drenagem é predominantemente dendrítica e controlada pela estrutura tectônica regional, com declividade variando entre 25° a 45°. Este domínio possui características geomorfológicas tendendo para o domínio dos Chapadões Tropicais Interiores, recobertos por vegetação de cerrado e matas de galeria nos fundos de vale.

**Domínio de Colinas Amplas e Suaves:** Representa uma faixa inserida na porção nordeste e pequenos trechos espalhados ao centro da unidade de gestão, perfazendo uma transição entre os Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e os Tabuleiros. Desenvolvem-se em terrenos de seqüências vulcanosedimentares, seqüências vulcanosedimentares dobradas em baixo a médio grau e complexos granito-gnaiss-migmatitos. A morfologia desta área compreende colinas com vertentes policonvexas e com mantos de alteração profundos. As características gerais são semelhantes às da unidade Morros e Serras Baixas, entretanto, com menor amplitude topográfica e menor dissecação do relevo. Nesta unidade, assim como as demais, são importantes os lineamentos da estrutura geológica, que condiciona principalmente os padrões de drenagem e as serras.

**Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos:** Esta unidade morfoescultural está presente por toda a unidade de gestão, e desenvolveu-se sobre seqüências vulcanosedimentares dobradas em baixo a médio grau, seqüências vulcanosedimentares tipo *Greenstone Belts*, complexos granitóides muito deformados e complexos granito-gnaiss-migmatitos e granulitos. O Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos é caracterizado por vertentes do tipo convexas e convexo-côncavas, tendo suas posições condicionadas pela estrutura

tectônica. Os vales são encaixados, estreitos e profundos (dissecação pronunciada), com cursos d'água de pequena extensão e em grande número, vertentes pouco extensas e altitude de topos no entorno de 800 m. O padrão de drenagem varia de dendrítico nos cursos de menor ordem a meandrante encaixado e fortemente controlado pela estrutura nos de maior ordem e no canal principal.

**Domínio de Morros e de Serras Baixas:** Consiste na unidade morfoescultural de maior expressão espacial na unidade de gestão, sendo caracterizada pelo padrão de morros baixos com vertentes convexas. Esta unidade assenta-se sobre seqüências vulcanosedimentares dobradas metamorfizadas em baixo a médio grau, seqüências vulcanosedimentares tipo *Greenstone Belt*, complexos granito-gnaiss-migmatitos da crosta inferior e complexos granitóides muito deformados. Os morros são entremeados por anfiteatros onde ao fundo são concentrados os fluxos d'água e sedimentos, sendo que estes fazem ligação com as planícies de inundação dos eixos principais de drenagem. O padrão de drenagem nesta unidade é predominantemente dendrítico nos canais de menor ordem e canais meandantes nas planícies de inundação. Possui características geomorfológicas típicas do Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros Florestados.

**Planícies Fluviais:** Essa unidade deposicional ocorre de forma restrita junto ao Lago de FURNAS e desenvolve-se sobre terrenos de depósitos inconsolidados como areia, cascalho, silte, argila e turfa de idade Cenozóica. Compreende um conjunto de formas de relevo de agradação geradas durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno por uma interação de processos fluviais. Tais pacotes sedimentares possuem em geral textura fina, sendo que formam um setor de relevo plano e permeado de feições oriundas da dinâmica de planície de inundação com canais meândricas.

**Superfícies Aplainadas Conservadas:** Localiza-se em trechos pequenos próximo ao lago de Furnas, caracterizando-se por um relevo plano a levemente ondulado, em colinas rampeadas amplas e suaves, com baixas amplitudes de relevo e sedimentação aluvial expressiva.

**Tabuleiros:** A unidade geomórfica de Tabuleiros compreende superfícies sub-horizontais formadas por depósitos inconsolidados de areia, silte, argila e cascalho. Compreende um conjunto de formas de relevo de degradação esculpidas sobre sedimentos continentais de idade neógena. Apresenta média densidade de drenagem e uma dissecação intensa, podendo comportar vales com aprofundamentos diferenciados.

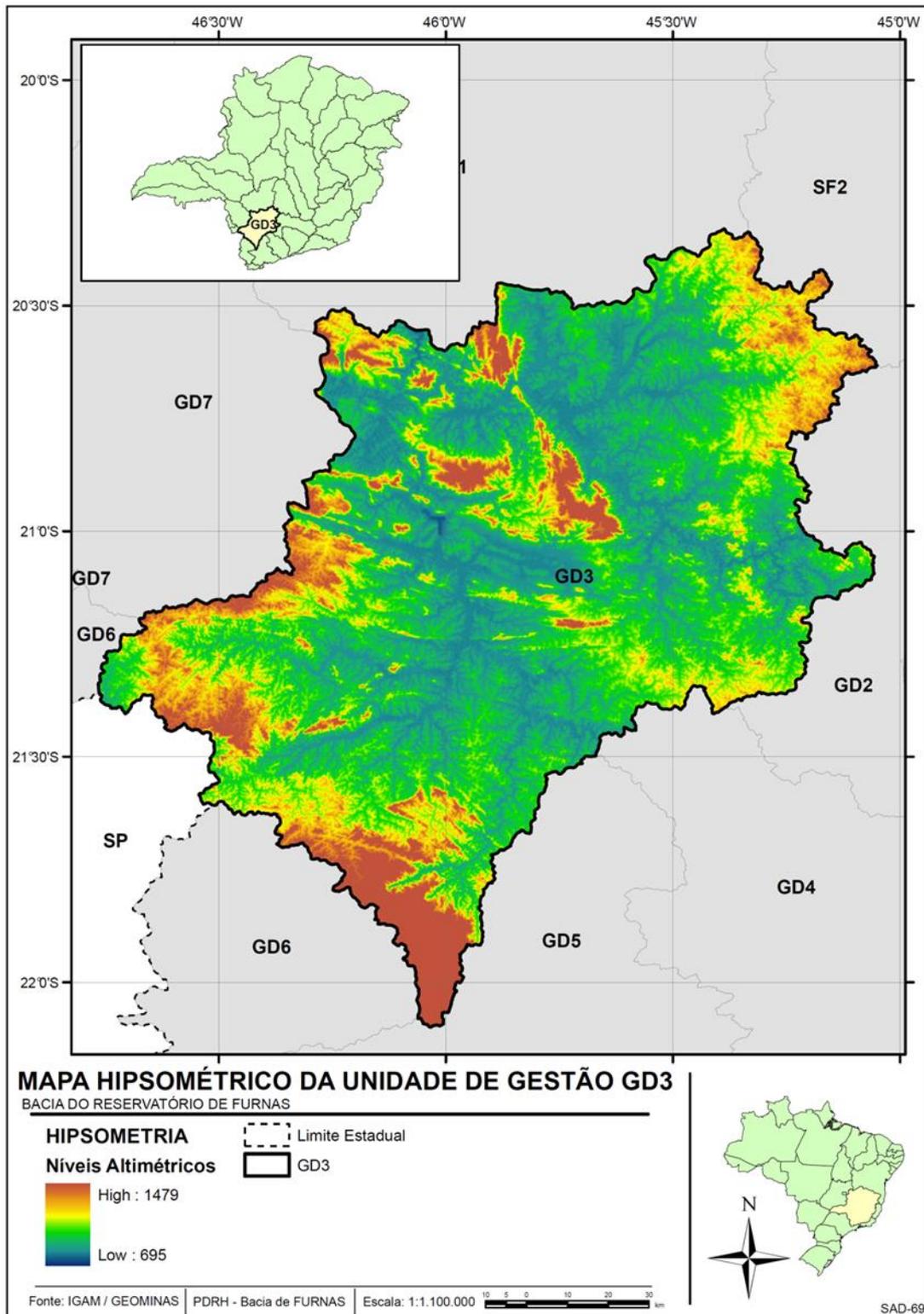


Figura 2.23. Mapa regional hipsométrico da Unidade de Gestão GD3

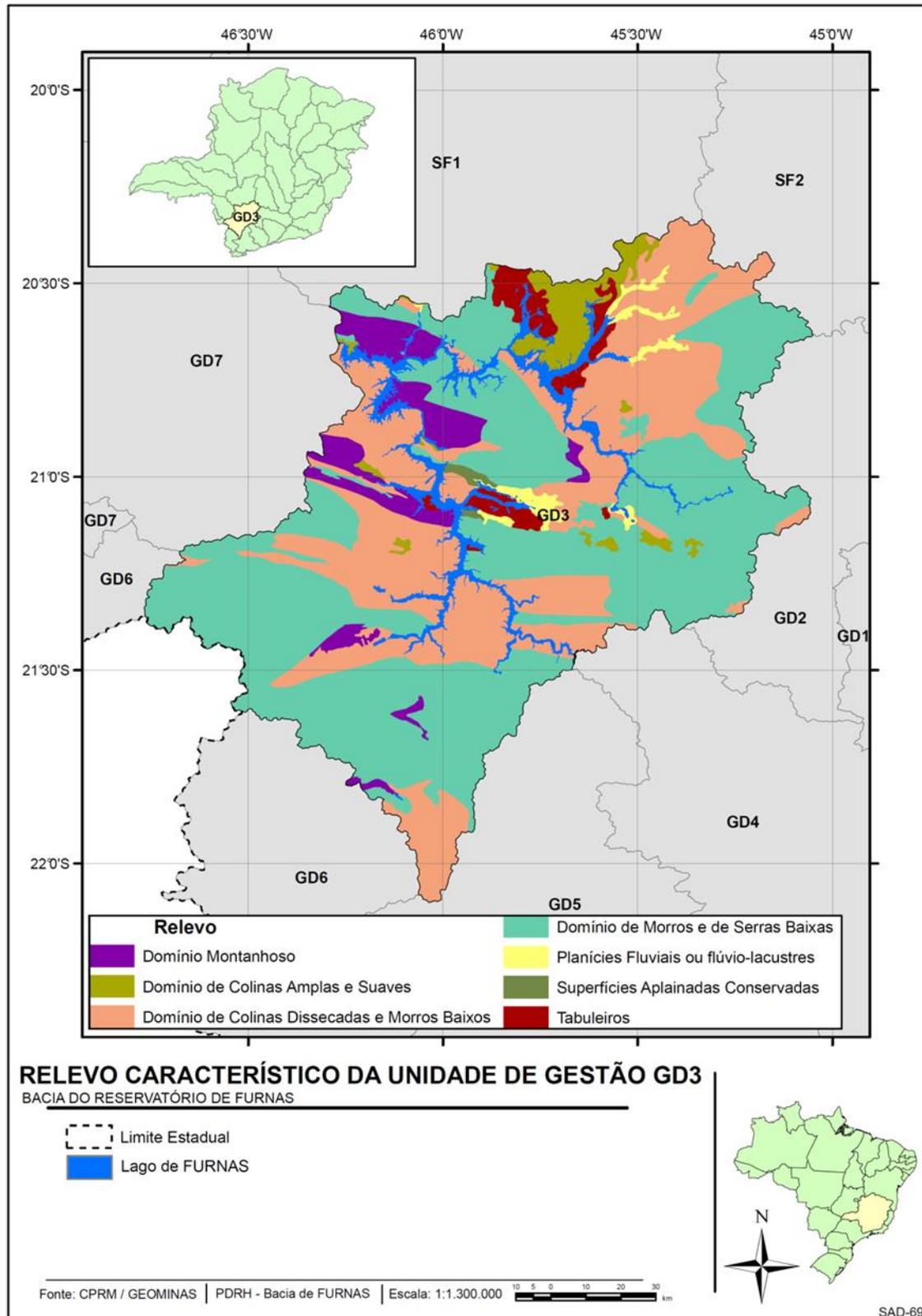


Figura 2.24. Distribuição das unidades geomorfológicas Unidade de Gestão GD3  
(Fonte: CPRM, 2004)

### 2.5.5. Pedologia

As características climáticas, geológicas e geomorfológicas da região propiciaram a formação de perfis de alteração bem diferenciados, espacialmente distribuídos segundo as formas de relevo. Há dois principais argumentos de solos, definidos por mapeamento da EMATER/MG (1993). O primeiro caracteriza-se pelo pouco desenvolvimento, ou mesmo a ausência de solo residual, onde se agrupam Cambissolos, Gleissolos e Neossolos. O segundo caracteriza-se por solos com horizonte residual, Argissolos, Latossolos. A Figura 2.25 ilustra os diferentes tipos de solo da região. A seguir é realizada uma breve descrição desses solos:

**Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos:** Os Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos têm ampla distribuição na Unidade de Gestão GD3, ocupando terrenos aplainados nas regiões sul, sudoeste e nordeste da unidade. Esta classe caracteriza-se pela presença de horizonte B textural (Bt) imediatamente a abaixo do horizonte A ou E, e perfil com seqüências de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C. O horizonte Bt apresenta argila de atividade baixa ou com atividade igual ou superior a 20 cmolc/kg de argila conjugada e ainda saturação por alumínio igual ou superior 50% e/ou saturação por bases inferior a 50% na maior parte do horizonte Bt (Oliveira, 2008). Esta classe de solos ainda registram avançada evolução com atuação incompleta de processo de ferratização, em conexão com paragênese caulínica-oxidíca ou virtualmente caulínica, na vigência de mobilização de argila da parte mais superficial, com concentração ou acumulação em horizonte subsuperficial (EMBRAPA, 1999).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos com matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Por sua vez, os Argissolos Vermelhos são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho ou com matiz 5YR e valores e cromas iguais ou menores que 4, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 1999). Estes solos são formados na unidade de gestão GD3 a partir de paragnaisse, biotita gnaisse, xisto, granito, migmatito e granitóide.

O manejo inadequado dos Argilossolos podem levar a formação de erosão em sulcos, com conseqüente formação de voçorocas. Possui baixa fertilidade, forte acidez e alta saturação por alumínio. Exige trabalho de manejo para que se consiga boa produtividade.

**Cambissolos:** Os Cambissolos compreendem os terrenos do Domínio de Morros e de Serras Baixas, nas regiões noroeste e nordeste da unidade de gestão, referindo-se a solos

constituídos por material mineral, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-Bi-C ou O-A Bi-C com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial.

A pedogênese dos Cambissolos é pouco avançada evidenciada pelo pouco desenvolvimento da estrutura do solo, ausência ou quase ausência da estrutura da rocha, cromas mais fortes, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevada que os horizontes subjacentes (EMBRAPA, 1999). Por isso, que esta classe é em geral pouco profunda, apresentando teores relativamente elevados de minerais primários facilmente intemperizáveis, atividade de fração argila de média a alta e solum com discreta variação de textura. Não é registrado acréscimo importante de argila no horizonte B, fato que os torna, em iguais condições de relevo e uso, menos suscetíveis a erosão. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Cambissolos são solos em processo de transformação, razão pela qual tem características insuficientes para serem enquadrados em outras classes de solos mais desenvolvidos (Oliveira, 2008). Na unidade de gestão estes solos são formados a partir de xistos, filito, sericita xisto, grafita xisto, metarenito, tonalito, trondhjemito, migmatito, granito e granodiorito.

A forte acidez e a baixa disponibilidade de nutrientes exige o uso intensivo de práticas conservacionistas, além de elevados níveis de corretivos e fertilizantes, que podem gerar contaminação dos recursos hídricos.

**Gleissolos Melânicos:** Os Gleissolos Melânicos localizam-se em áreas próximas ao Lago de Furnas. São solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento. Os Gleissolos em geral compreendem solos hidromórficos constituídos por material mineral e que apresentam horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou de horizonte hístico, não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural.

Esta classe apresenta cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície (Oliveira, 2008), por conta do processamento de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico. Apresentam ainda no perfil uma seqüência de horizontes A-Cg, ou A-Bg ou H-Cg, onde os horizontes Bg e Cg são horizontes glei.

Os Gleissolos com horizonte superficial (A ou H) com maior espessura e teor de material orgânico são classificados com Gleissolos Melânicos, caracterizados por horizonte H, A húmico, chernozêmico ou proeminente Hidromórfico Cinzento sem mudança textural abrupta (EMBRAPA, 1999). Estes solos são formados na unidade de gestão a partir de aglomerados, lateritas, depósitos de areia e depósitos de argila.

**Latossolos Vermelho-Amarelos:** Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocupam terrenos aplainados do Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e Domínio de Morros e de Serras Baixas, e estão próximos às bordas sul, norte e sudoeste da unidade de gestão. Já os Latossolos Vermelhos têm grande expressividade na região, estando assentados sobre todos os domínios geomorfológicos.

Os Latossolos de maneira geral compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico (Bw) imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-Bw-C. Os Latossolos têm pouco ou nenhum incremento de argila com a profundidade e apresentam uma transição difusa e gradual entre os horizontes; por isso mostram um perfil muito homogêneo (Oliveira, 2008). Estes solos apresentam ainda avançados estágio de intemperismo com expressiva atuação do processo de latolização (ferralitização ou laterização), e conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions, baixos teores ou ausência de minerais primários facilmente alteráveis, concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização. Sua reserva em nutrientes é muito reduzida, fato que não impede que sejam solos bastante produtivos quando bem manejados (EMBRAPA, 1999).

Os Latossolos Vermelho-Amarelos são solos com matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. São profundos, com boa drenagem e normalmente de baixa fertilidade natural. Quando a textura é argilosa são muito explorados com lavouras de grãos mecanizadas e quando de textura média são usados basicamente como pastagens (EMBRAPA, 1999). Estes solos são formados na Unidade de Gestão GD3 a partir de filito, xisto, sericita xisto, grafita xisto, metarenito, granito, granodiorito e tonalito.

Por sua vez, os Latossolos Vermelhos são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Geralmente possuem grande profundidade, são homogêneos, de boa drenagem e quase sempre com baixa fertilidade natural (necessitam correções químicas para aproveitamento agrícola) (EMBRAPA, 1999). Estes solos são formados na Unidade de Gestão GD3 a partir de granitóides, xistos, rocha sedimentares e rochas metaultramáficas.

**Neossolos Litólicos:** Os Neossolos Litólicos ocorrem em área de Domínio Montanhoso e Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos e estão associados a afloramentos de rochas. De maneira geral os Neossolos são solos em via de formação, com reduzida atuação dos processos pedogenéticos, guardando características do material de origem (Olivera, 2008). Apresentam no perfil uma seqüência de horizontes A-R, A-C, A-C-R, A Cr-R, O-R ou H-C; e ainda horizonte B desde que tenha insuficiência de requisitos para qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

São solos de formação muito recente, desenvolvidos a partir dos mais diversos tipos de rochas e encontrados nas mais diversas condições de relevo. Os Neossolos litólicos apresentam um horizonte A ou O assentados diretamente sobre C ou Cr ou sobre um material com 90% de fragmentos de rocha, com contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999). Estes solos são formados na Unidade de Gestão GD3 a partir de xistos e rochas metassedimentares.

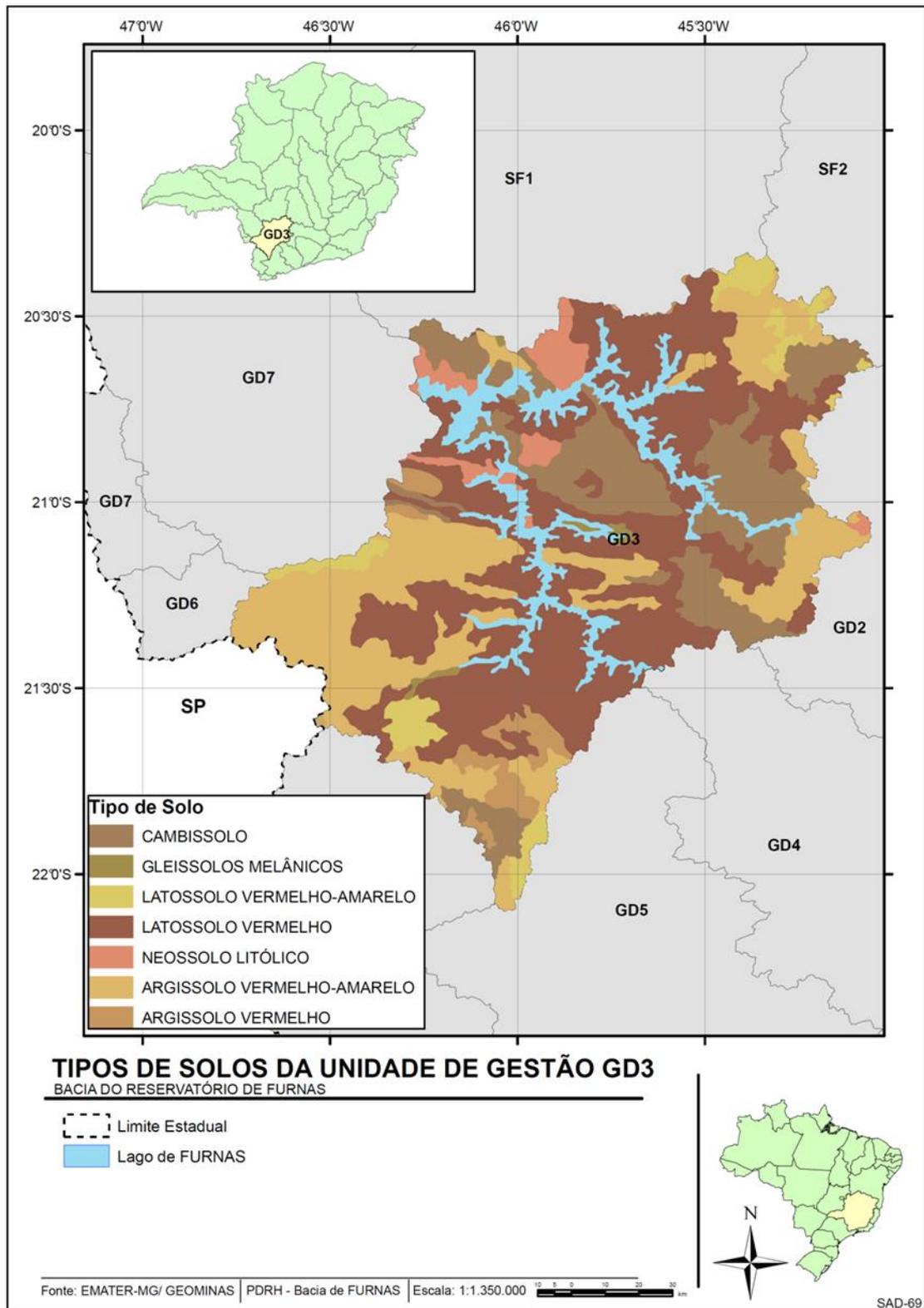


Figura 2.25. Mapa da pedologia regional da Unidade de Gestão GD3

## 2.6 Análise do Capítulo

O presente capítulo descreve a Unidade de Gestão GD3, apresentando suas principais características físicas, dentre as quais a localização, clima, acessos, hidrografia, municípios e aspectos geológicos e geomorfológicos. A análise dessas características físicas mostra que a Unidade de Gestão GD3 apresenta alguns aspectos que terão influência significativa sobre a gestão de seus recursos hídricos.

Um aspecto importante da Unidade de Gestão GD3 está relacionado à sua hidrografia, marcada por duas características notáveis: i) a existência do reservatório da UHE Furnas, que ocupa uma porção significativa de sua área; ii) contribuição importante de rios localizados a montante, em outras Unidades de Gestão, que são responsáveis pela maior parcela do volume afluente ao reservatório de Furnas. Devido a essas características, os instrumentos de gestão a serem implantados pelo Plano Diretor da Bacia deverão ter enfoque prioritário na gestão do reservatório e seu entorno, seja por suas dimensões, mas também por sua importância para a economia regional. Em relação às bacias das Unidades de Gestão localizadas a montante do GD3, deve-se prever mecanismo de integração da gestão, de forma que tais bacias contribuam para a melhoria da quantidade e qualidade das águas no reservatório da UHE Furnas.

Nos itens descritos, verificou-se que a Unidade de Gestão GD3 possui características de clima e solo que favorecem fortemente o crescimento de culturas temporárias (cana de açúcar, por exemplo) ou permanentes, como o café. A sazonalidade anual do regime de chuvas é bem definida e possui um período chuvoso de dezembro a março abundante, que garante a perenidade de seus rios ao longo do período de estiagem. Dessa forma, o emprego de irrigação durante o período de estiagem é favorecido, principalmente na área mais próxima do reservatório, com a captação de água sendo feita diretamente do mesmo. Entretanto, deve-se salientar que os rios internos ao GD3, que afluem para o reservatório são de pequeno porte e poderão entrar em conflito devido ao uso intensivo da irrigação e com o crescimento das áreas urbanas.

O favorecimento ao crescimento da agricultura anual, como a cana de açúcar, deverá ser analisado com especial atenção nas ações a serem propostas pelo Plano, uma vez que o manejo inadequado, associado à propensão a erosão de alguns tipos de solo na região, podem trazer conseqüências negativas para a bacia. A característica de chuvas intensas de verão é outro fator que combinado com o manejo inadequado pode acarretar ampliação dos

processos erosivos dos solos, além de provocar inundações em áreas urbanas com pouco, ou mesmo nenhum, planejamento de expansão. Em relação aos solos da região, também chama atenção a baixa fertilidade, que tem como consequência o uso intensivo de corretivos químicos e posterior contaminação dos corpos d'água por resíduos de difícil remoção.

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, destaca-se que a bacia não apresenta uso expressivo desses recursos. A geologia regional é composta por sistemas de fraturas, com concentração em algumas regiões da bacia. Por essas características, o potencial de exploração das águas subterrâneas é baixo na Unidade de Gestão. Apesar disso, destaca-se que a grande ocorrência de solos profundos, como Latossolo, contribui para a manutenção de reservas de água após os períodos chuvosos e exploração de poços de pequena profundidade.

De maneira geral os dados disponíveis são suficientes para uma descrição e análise global da Unidade de Gestão GD3, para atendimento dos objetivos do Plano de Recursos Hídricos, embora se deva ressaltar que existem áreas para serem melhoradas. A rede de monitoramento de variáveis climáticas, que influenciam na quantificação dos recursos hídricos, necessita de uma ampliação, e deverá contar da proposta de ações do Plano. A efetivação de metas, programas e ações do plano irão depender de estudos que produzam mapas em escala mais detalhada da bacia ou, ao menos, de parte de sua área. A localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas, entre três grandes regiões metropolitanas, favorece seu desenvolvimento econômico, e a disponibilidade de bancos de dados atualizados e com escala adequada irão contribuir fortemente para que as ações do Plano sejam efetivadas.

## 3 Fauna e Ictiofauna

### 3.1 Fauna Terrestre

A composição, a diversidade, o comportamento da fauna nativa e o modo como as espécies utilizam a paisagem são influenciados pela cobertura vegetal da área. Alguns mamíferos se beneficiam com as ações antrópicas, como, por exemplo, a expansão da agricultura ou silvicultura, outros se mostram vulneráveis a estas ações (Lyra-Jorge, 2008).

Este estudo foi elaborado a partir de levantamentos bibliográficos, sobre as espécies de mamíferos encontradas no estado de Minas Gerais, mas especificamente nos municípios de Alto Caparaó, Conceição do Mato Dentro, Lagoa Santa e Nordeste de Minas. Apesar das espécies de mamíferos terem sido encontrados em regiões distantes da Unidade de Gestão GD3, há a possibilidade de sua existência dentro dos limites da unidade, pois se tratam de regiões com o mesmo Domínio, ou seja, no Alto do Caparaó tem-se o Domínio Atlântico, em Lagoa Santa há a presença do Domínio Cerrado, e em Conceição do Mato Dentro tem-se tanto o Domínio Atlântico quanto o Cerrado.

Para a identificação de espécies de anfíbios, aves e répteis foram feitas consultas à coleção dos museus de zoologia da UNICAMP (ZUEC-AMP, ZUEC-AVE e ZUEC-REP) e também a partir de levantamentos bibliográficos, assim as espécies encontradas foram registradas nos municípios de Alfenas, Alpinópolis, Areado, Cabo Verde, Campos Gerais, Capitólio, Congonhal, Guaxupé, Monte Belo, Muzambinho e São Pedro da União, no estado de Minas Gerais, como mostra a Figura 3.1.

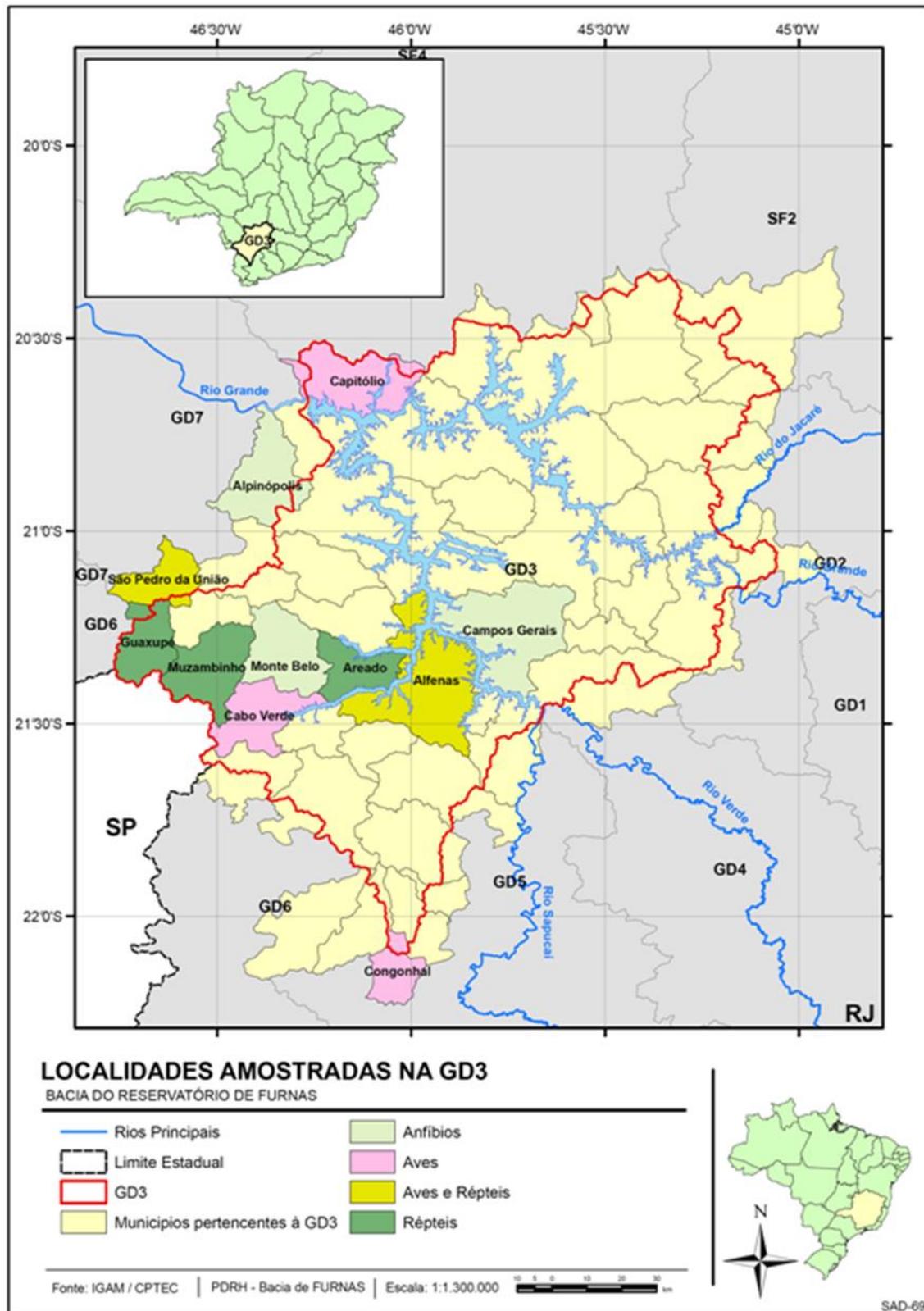


Figura 3.1: Localização dos municípios onde as espécies de anfíbios, aves e répteis foram registradas na Unidade de Gestão GD3

Dentro dos limites da Unidade de Gestão GD3, foram registradas 141 espécies de vertebrados terrestres. Dentre elas encontram-se:

- 14 espécies de anfíbios distribuídos em quatro famílias, a saber: Bufonidae, Dendrobatidae, Hylidae e Leptodactylidae (sapos, rãs e pererecas);
- 84 espécies de aves, sendo 32 espécies da família Accipitridae (águias e gaviões), cinco espécies da família Bucconidae (João-bobo, João-de-barro), Formicariidae (tovacas, João-de-paus) e Ramphastidae (tucanos e araçaris), três espécies das famílias Emberizidae (tico-tico, canário, cardeal) e Tyrannidae (siriris, bem-te-vis, ferreirinhos), quatro espécies da família Falconidae (falcões e gaviões), sete espécies da família Hirundinidae (andorinhas), 15 espécies da família Thamnophilidae (chocas, papas, choroziños) e uma espécie de cada uma das seguintes famílias Anatidae (pé-vermelho), Conopophagidae (chupa-dente), Icteridae (garibaldi), Thraupidae (fim-fim) e Trochilidae (Beija-flores);
- 34 espécies de mamíferos, sendo três espécies das famílias Canidae (cachorros, lobos, raposas), Caviidae (capivaras, mocós), Cricetidae (ratos, camundongos), Echimydae (ratos), 11 espécies da família Muridae (ratos), seis espécies da família Didelphidae (gambás), uma espécie de cada uma das seguintes famílias Erethizontidae (porcos-espinho, ouriços), Natalidae (morcegos), Phyllostomidae (morcegos), Pitheciidae (macacos, uacaris) e Sigmodontinae (ratos).

Houve registro de nove espécies de répteis, uma espécie de cada uma das seguintes famílias Amphisbaenidae (cobra-cega), Gekkonidae (lagartos), quatro espécies da família Colubridae (serpentes) e três espécies da família Viperidae (serpentes).

Os critérios de ameaça de extinção também foram baseados em Fundação Biodiversitas (2007) onde as espécies ameaçadas são enquadradas em três níveis de ameaça:

**-Críticamente em Perigo:** Táxon que corre um risco extremamente alto de extinção na natureza como definido pelos critérios de A até E da IUCN apud Biodiversitas (2001).

**-Em Perigo:** Táxon que corre um risco muito alto de extinção na natureza como definido por qualquer dos critérios A até E da IUCN apud Biodiversitas (2001).

**-Vulnerável:** Táxon que corre um risco alto de extinção na natureza como definido por um dos critérios de A até E do quadro 2 para esta categoria.

Além da classificação acima, há espécies enquadradas como “Provavelmente extinta”, pois, restam dúvidas quanto à possível extinção da espécie. A extinção só ocorre quando, após

exaustivos inventários em seu hábitat conhecido e/ou esperado em tempos apropriados (diurno, sazonal, anual), ao longo da sua área de distribuição histórica, não se registra qualquer indivíduo. Os levantamentos devem ser feitos em uma escala de tempo apropriada ao ciclo de vida e à forma de vida do táxon.

Das espécies de anfíbios registradas na Unidade de Gestão GD3, nenhuma se encontra na Lista de espécies ameaçadas.

Com relação às aves, duas espécies encontram-se provavelmente “extintas”, são elas *Accipiter poliogaster* (Temminck, 1824) e *Harpia harpyja* (Linnaeus, 1758). *Falco deiroleucus* (Temminck, 1825) encontra-se “criticamente em perigo”. Cinco espécies encontram-se “em perigo”, a saber: *Harpyhaliaetus coronatus* (Vieillot, 1817), *Leucopternis polionota* (Kaup, 1847), *Spizaetus ornatus ornatus* (Daudin, 1800), *Spizaetus tyrannus tyrannus* (Wied, 1820) e *Spizastur melanoleucus* (Vieillot, 1816). A espécie *Sicalis flaveola* (Linnaeus, 1766) está classificada como “vulnerável” no estado de Minas Gerais.

Duas espécies de mamíferos foram classificadas como sendo provavelmente “extintas”, são elas *Kunsia fronto* (Winge, 1888), da família Muridae (rato) e *Speothos venaticus* (Lund, 1842) da família Canidae (cachorro-vinagre). *Chiroderma doriae* (Thomas, 1891), da família Phyllostomidae (morcego) está classificada como “em perigo” e as espécies *Callicebus personatus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812) da família Pitheciidae (sauá ou sagüi) e *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) da família Canidae (lobo guará) estão classificadas como “vulnerável”. Não houve registro de nenhum réptil deste estudo na lista de espécies ameaçadas.

### 3.2 Ictiofauna

Segundo Lima-e-Silva *et al.* (2002), *ictiofauna* é a denominação dada à totalidade de peixes de uma região. Geralmente as espécies de água doce se deslocam entre dois sítios principais, por motivos de reprodução e por alimentação, podendo também se deslocar para escapar de condições adversas ou desfavoráveis como o inverno. Esses sítios de reprodução e alimentação podem estar a centenas de quilômetros um do outro, sendo assim, exemplares de uma mesma espécie podem fazer parte da ictiofauna de mais de uma região (Junho, 2008).

Este estudo foi elaborado a partir de levantamentos bibliográficos referentes a consultas à coleção de espécies de peixes dos Museus de Zoologia da USP (MZUSP), do Departamento de Zoologia e Botânica de São José do Rio Preto/SP e da Coleção Ictiológica do Nupélia. Abrangeu o reservatório da UHE de Furnas e em seus afluentes, distribuídos pelos municípios de Alfenas, Boa Esperança, Capitólio, Perdões e São José da Barra em Minas Gerais, como mostra a Figura 3.2. Foram registradas 63 espécies de peixes pertencentes a cinco Ordens e 18 Famílias.

Na Ordem Characiformes, a família Anostomidae foi representada por 11 espécies; a família Characidae, por 17 espécies; a família Curimatidae, por três espécies; as famílias Erythrinidae e Parodontidae, por duas espécies; as famílias Crenuchidae e Prochilodontidae por uma espécie cada. A Figura 3.3 apresenta o número de espécies da ictiofauna registrado em cada família encontrada na Unidade de Gestão GD3.

Segundo a Lista da Fauna ameaçada de extinção de Minas Gerais, nenhuma espécie registrada na Unidade de Gestão GD3 está em extinção.

Oito espécies foram introduzidos na Bacia do Alto Paraná, são elas: *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), *Hoplias lacerdae* (Miranda-Ribeiro, 1908), *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988), *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828), *Cichla monoculus* (Spix & Agassiz, 1831), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) e *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). Três espécies, *Salminus brasiliensis* (Valenciennes, 1840), *Hoplias lacerdae* (Miranda-Ribeiro, 1908) e *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), foram repovoadas pela EHP - Furnas (Estação de Hidrobiologia e Piscicultura - Furnas). E seis espécies são do tipo grande migradora, *Brycon nattereri* (Gunther, 1864), *Salminus brasiliensis* (Valenciennes, 1840), *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847), *Leporinus elongatus* Valenciennes, 1849), *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), correspondendo àquelas que migram para buscar alimento ou encontrar um local de reprodução, mas que depois voltam para seu habitat de origem.



Figura 3.2: Localização do reservatório da UHE FURNAS e das localidades amostradas na Unidade de Gestão GD3

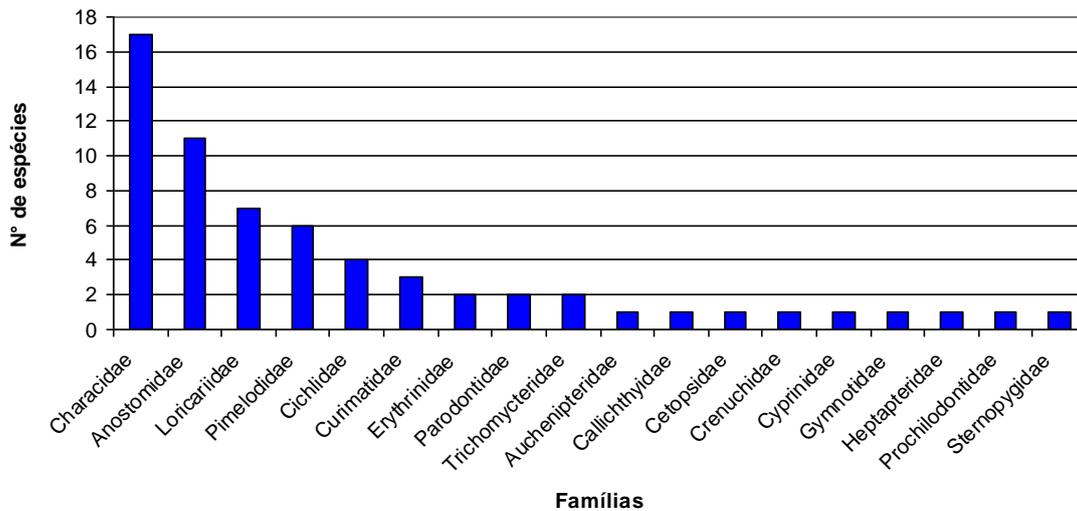


Figura 3.3: Número de espécies por família encontrada na Unidade de Gestão GD3

O rio Grande e seus afluentes que contribuem para o reservatório de Furnas são rios onde com cursos d'água ricos em cachoeiras e corredeiras, além de pequenas várzeas, com muitas espécies de peixes, mas pouco piscoso. Entretanto, o curso do rio Grande sofreu grandes alterações ao longo das últimas décadas, com a construção de uma cascata de grandes reservatórios, no qual está incluso o reservatório da UHE Furnas. Tais modificações provocaram impactos significativos para a ictiofauna dos rios da bacia, devido à redução dos ambientes aos quais estavam adaptados e à introdução de espécies exóticas.

Estudos recentes para delimitação de parques aquícolas, realizados por SEAP (2007), identificaram 16 áreas distribuídas no reservatório, conforme mostrado na Figura 3.4. Embora a delimitação de parques tenha sido feita recentemente, a prática de criação de peixes por tanques rede já está implantada no reservatório a mais tempo, sendo uma atividade considerada importante para a economia regional. A expansão dessa atividade é uma reivindicação dos municípios limieiros, mas pode ter como conseqüência o aumento da quantidade de espécies exóticas ao reservatório e seus rios contribuintes.

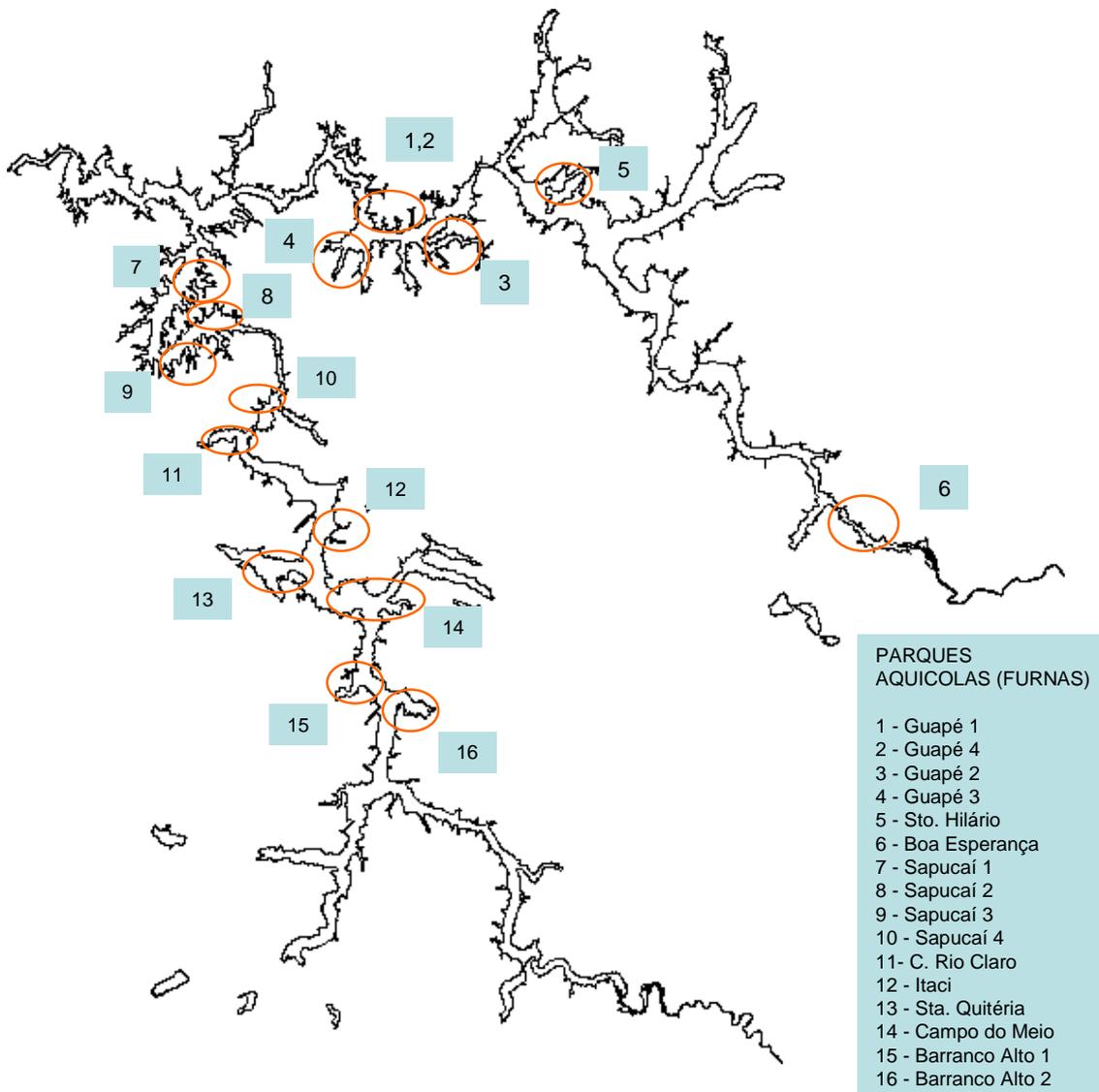


Figura 3.4: Parques aquícolas identificados por SEAP (2007)

### 3.3 Análise do Capítulo

A ocorrência de espécies da fauna na Unidade de Gestão possui forte relação com a distribuição de sua cobertura vegetal. No caso do GD3, a cobertura por vegetação nativa se encontra bastante fragmentada e pressionada por atividades humanas, resultando na falta de ambientes adequados para manutenção de muitas espécies. A biodiversidade tem-se tornado cada vez mais valorizada na sociedade atual e os programas a serem propostas pelo Plano podem aliar ações de melhora dos recursos hídricos com incentivos ao crescimento da flora e fauna. Recuperação de áreas degradadas pode, por exemplo, priorizar locais que sirvam de corredores ecológicos e com uso de espécies nativas.

Em relação à Ictiofauna, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, a expansão da criação de peixes em tanques rede pode ter como consequência principal a deterioração na qualidade da água, caso não seja implantados com o devido planejamento. A deterioração da qualidade ocorre devido ao excedente de ração e de excrementos de peixes sobre os índices de fósforo na água. Comprovadamente, esse elemento contribui para a proliferação de algas que são decompostas por bactérias, algumas tóxicas, com forte absorção de oxigênio.

Por esse motivo, na elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos deverá considerar os potenciais impactos, positivos e negativos da aquicultura sobre o reservatório, analisando adoção de programas e ações que garantam sua expansão sem prejuízos para os demais usos. Um das primeiras medidas, por exemplo, é a atualização da batimetria do reservatório e o monitoramento de suas águas, tanto da qualidade quanto de sua hidrodinâmica.

## 4 Caracterização Sócio-Econômica

### 4.1 Aspectos Demográficos

A análise demográfica da Unidade de Gestão GD3 abrangeu o período entre 1970 e 2007, a partir de dados secundários oficiais disponíveis no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) referentes aos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991 e 2000, e a Contagem da População de 1996 e 2007; como também os dados dispostos no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil do ano de 2003 (Fundação João Pinheiro, 2003b) e o Caderno de Informações da Saúde – Minas Gerais (Ministério da Saúde, 2009).

#### 4.1.1. Caracterização Geral

Os 48 municípios inseridos total ou parcialmente nos limites da Unidade de Gestão GD3 apresentaram em 2007 uma população de aproximadamente 840 mil habitantes. No entanto, considerando uma distribuição populacional homogênea ao longo da área municipal, pode-se estimar uma população entorno de 640 mil habitantes na unidade de gestão (Tabela 4. 1).

Em 1970 somente o município de Formiga apresentava população total superior a 40 mil habitantes. O restante dos municípios tinha população inferior a 30 mil, e apenas sete municípios apresentavam população entre 20.000 hab. e 30.000 hab., sendo eles: Campo Belo, Alfenas, Três Pontas, Guaxupé, Itapeçerica, Machado e Boa Esperança.

Tabela 4. 1. População Total dos municípios inseridos total ou parcialmente na Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIOS	ÁREA MUNICIPAL 1 (km <sup>2</sup> )	ÁREA MUNICIPAL 2 (km <sup>2</sup> )	POPULAÇÃO TOTAL DOS MUNICÍPIOS						POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS APENAS NA PARCELA INSERIDA NOS LIMITES DA UNIDADE DE GESTÃO GD3					
			1970	1980	1991	1996	2000	2007	1970	1980	1991	1996	2000	2007
1 Aguanil	232	232	2.838	3.164	3.197	3.260	3.562	4.054	2.838	3.164	3.197	3.260	3.562	4.054
2 Alfenas	851	851	28.331	38.294	52.700	58.963	66.957	71.628	28.331	38.294	52.700	58.963	66.957	71.628
3 Alpinópolis	456	32	15.930	17.977	19.919	21.245	17.031	17.821	1.124	1.269	1.406	1.500	1.202	1.258
4 Alterosa	362	362	8.060	10.105	11.615	12.241	12.976	13.286	8.060	10.105	11.615	12.241	12.976	13.286
5 Areado	282	282	8.049	9.023	10.817	11.344	12.228	13.181	8.049	9.023	10.817	11.344	12.228	13.181
6 Boa Esperança	860	860	20.518	25.486	33.015	34.191	37.074	37.801	20.518	25.486	33.015	34.191	37.074	37.801
7 Botelhos	342	176	12.654	13.455	14.247	14.728	15.101	14.853	6.509	6.921	7.329	7.576	7.768	7.640
8 Cabo Verde	369	369	10.580	12.069	12.223	12.433	13.727	13.614	10.580	12.069	12.223	12.433	13.727	13.614
9 Camacho	222	155	3.028	3.535	3.814	3.467	3.533	3.204	2.118	2.472	2.668	2.425	2.471	2.241
10 Campestre	577	466	15.578	17.288	17.440	18.195	20.553	20.251	12.586	13.967	14.090	14.700	16.605	16.361
11 Campo Belo	527	354	28.619	37.336	44.527	47.369	49.187	51.375	19.230	25.088	29.920	31.829	33.051	34.521
12 Campo do Meio	274	274	8.132	9.189	10.883	10.906	11.436	11.476	8.132	9.189	10.883	10.906	11.436	11.476
13 Campos Gerais	770	770	19.333	21.310	23.946	24.357	26.541	26.954	19.333	21.310	23.946	24.357	26.541	26.954
14 Cana Verde	213	117	4.524	5.172	5.602	5.605	5.664	5.712	2.493	2.851	3.088	3.089	3.122	3.148
15 Candeias	720	553	13.252	12.757	13.609	13.970	14.461	15.499	10.170	9.790	10.444	10.721	11.098	11.894
16 Capitólio	521	462	5.778	5.223	6.823	7.325	7.737	7.634	5.124	4.631	6.050	6.495	6.861	6.769
17 Carmo do Rio Claro	1064	1064	13.763	14.835	17.470	18.482	19.732	19.480	13.763	14.835	17.470	18.482	19.732	19.480
18 Conceição da Aparecida	352	352	7.520	8.236	9.158	9.233	9.372	10.215	7.520	8.236	9.158	9.233	9.372	10.215
19 Congonhal	206	30	5.612	5.696	7.094	7.725	8.726	9.692	806	818	1.019	1.110	1.254	1.392
20 Coqueiral	296	296	7.223	8.139	9.214	8.774	9.612	9.466	7.223	8.139	9.214	8.774	9.612	9.466
21 Córrego Fundo	105	77	-	-	5.035	4.823	5.179	5.635	-	-	3.679	3.524	3.784	4.117
22 Cristais	627	627	8.049	7.921	8.842	9.076	9.518	10.631	8.049	7.921	8.842	9.076	9.518	10.631
23 Divisa Nova	217	217	3.555	3.896	4.917	5.248	5.539	5.619	3.555	3.896	4.917	5.248	5.539	5.619
24 Espírito Santo do Dourado	264	143	3.600	3.554	4.045	4.095	4.162	4.293	1.944	1.919	2.184	2.211	2.247	2.318
25 Fama	87	87	2.028	1.976	2.115	2.241	2.353	2.219	2.028	1.976	2.115	2.241	2.353	2.219
26 Formiga	1500	1412	46.894	52.395	61.755	64.452	62.907	64.585	44.157	49.337	58.151	60.691	59.236	60.816
27 Guapé	935	935	9.746	11.335	11.852	13.159	13.620	13.152	9.746	11.335	11.852	13.159	13.620	13.152
28 Guaxupé	285	257	24.273	30.113	39.611	43.331	47.036	47.894	21.838	27.093	35.638	38.985	42.318	43.090

MUNICÍPIOS	ÁREA MUNICIPAL 1 (km <sup>2</sup> )	ÁREA MUNICIPAL 2 (km <sup>2</sup> )	POPULAÇÃO TOTAL DOS MUNICÍPIOS						POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS APENAS NA PARCELA INSERIDA NOS LIMITES DA UNIDADE DE GESTÃO GD3					
			1970	1980	1991	1996	2000	2007	1970	1980	1991	1996	2000	2007
29 Ilicínea	375	375	6.984	7.504	8.783	9.738	10.532	11.265	6.984	7.504	8.783	9.738	10.532	11.265
30 Ipuíuna	298	45	6.432	6.689	7.751	8.315	8.958	9.183	968	1.007	1.167	1.252	1.349	1.382
31 Itapecerica	1.041	218	21.825	21.763	22.356	22.021	21.235	20.653	4.570	4.557	4.682	4.611	4.447	4.325
32 Juruáia	221	221	5.272	5.333	6.578	6.959	7.680	8.260	5.272	5.333	6.578	6.959	7.680	8.260
33 Machado	587	438	21.556	26.729	30.709	32.123	34.877	37.567	16.112	19.978	22.953	24.010	26.068	28.079
34 Monte Belo	421	421	11.873	12.201	13.776	12.982	13.142	12.573	11.873	12.201	13.776	12.982	13.142	12.573
35 Muzambinho	410	410	15.206	15.637	17.887	19.018	20.589	19.925	15.206	15.637	17.887	19.018	20.589	19.925
36 Nepomuceno	582	466	19.371	21.175	24.069	24.771	24.822	24.430	15.519	16.964	19.282	19.845	19.885	19.571
37 Nova Resende	390	147	8.789	9.905	11.742	12.590	13.887	14.145	3.302	3.722	4.412	4.730	5.218	5.315
38 Paraguaçu	425	192	12.390	14.482	16.498	17.817	18.942	19.603	5.600	6.545	7.456	8.053	8.561	8.860
39 Perdões	270	104	12.956	14.102	16.300	17.778	18.736	19.407	5.000	5.442	6.291	6.861	7.231	7.490
40 Pimenta	416	344	5.209	5.605	6.723	7.466	7.824	8.164	4.310	4.638	5.563	6.178	6.474	6.755
41 Poço Fundo	474	397	12.752	12.418	13.816	14.099	15.148	15.350	10.677	10.398	11.568	11.805	12.684	12.853
42 Santa Rita de Caldas	502	4	7.029	6.944	9.258	9.466	9.278	9.078	61	60	80	82	80	78
43 Santana da Vargem	173	173	5.309	6.346	6.846	7.101	7.521	7.092	5.309	6.346	6.846	7.101	7.521	7.092
44 São João da Mata	121	23	2.151	2.048	2.541	2.629	2.752	2.858	403	384	476	493	516	536
45 São José da Barra	313	133	-	-	4.612	3.959	6.053	6.701	-	-	1.955	1.678	2.566	2.841
46 São Pedro da União	260	17	4.904	4.770	5.072	5.087	5.618	5.291	318	309	329	330	364	343
47 Serrania	208	208	4.544	5.728	6.975	7.327	7.504	7.370	4.544	5.728	6.975	7.327	7.504	7.370
48 Três Pontas	689	360	27.514	37.732	45.832	47.283	51.024	52.121	14.393	19.738	23.975	24.734	26.691	27.265
<b>TOTAL</b>	<b>21.691</b>	<b>16.507</b>	<b>549.533</b>	<b>626.590</b>	<b>743.609</b>	<b>778.767</b>	<b>821.646</b>	<b>842.260</b>	<b>418.195</b>	<b>476.836</b>	<b>565.887</b>	<b>592.642</b>	<b>625.273</b>	<b>640.961</b>

(Fonte: IBGE, 2009).

OBS: Área Municipal 1: Área total do município; Área Municipal 2: Área do município inserida dentro dos limites da Unidade de Gestão GD3

Em 2007 o município mais populoso já era Alfenas com aproximadamente 72 mil habitantes, e Formiga, o segundo mais populoso, seguido Três Pontas, Campo Belo e Guaxupé. Esse comportamento reflete a expansão das atividades econômicas desses municípios, que incentivaram fluxos migratórios. O município de Alfenas é tradicionalmente conhecido pelas atividades agrícolas, destacando a cultura do café e da cana-de-açúcar, e nas últimas décadas tem se destacado como pólo universitário. Além das atividades agrícolas, no município de Formiga a indústria de cal e o comércio em geral são atividades que merecem destaque na região dos Lagos. Além disso, as atividades industriais têm sido potencializadas nesses municípios, o que também justifica o aumento populacional nas últimas décadas. Esse crescimento pode ser observado ao comparar as Figura 4.1 e Figura 4.2. Em 2007 mais três municípios apresentaram população superior a 20.000 habitantes: Campos Gerais, Nepomuceno e Campestre. Da mesma forma, foram verificados mais municípios com população superior a 40.000 habitantes, destacando-se Alfenas, Três Pontas, Campo Belo e Guaxupé.

Teoricamente, municípios com população superior a 20.000 habitantes necessitam de regras mais rígidas na ordenação territorial, pois apresentam a tendência de maior aglomeração urbana, que inevitavelmente exercerá maior pressão nos recursos naturais e principalmente nos recursos hídricos, devido ao aumento das demandas de abastecimento e saneamento básico. O incremento da população interfere diretamente tanto nas questões urbanísticas como nas ambientais, com isso, a Constituição Federal impõe a obrigatoriedade de elaboração do plano diretor para as cidades com mais de 20.000 habitantes (art. 182, §1º). A Lei Federal em seu art. 41, inciso I, reafirmou o dever dos Municípios com esse porte elaborarem seus planos. O Estatuto da Cidade através da Lei 10.257, de 10/07/2001 (Brasil, 2009a) regulamenta esses dispositivos constitucionais.

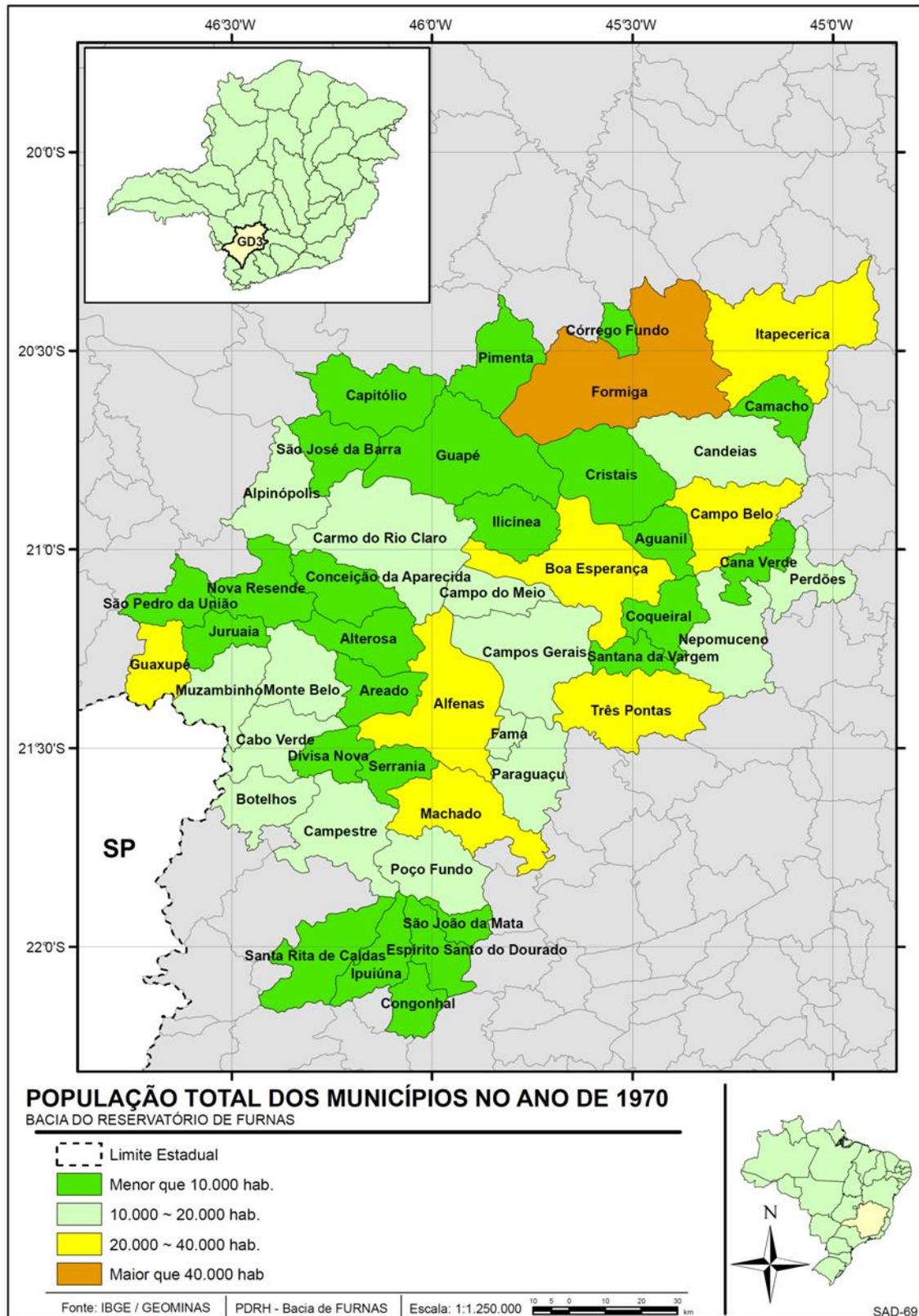


Figura 4.1. População Total dos municípios da Unidade de Gestão GD3 em 1970  
(Fonte: IBGE, 2009)

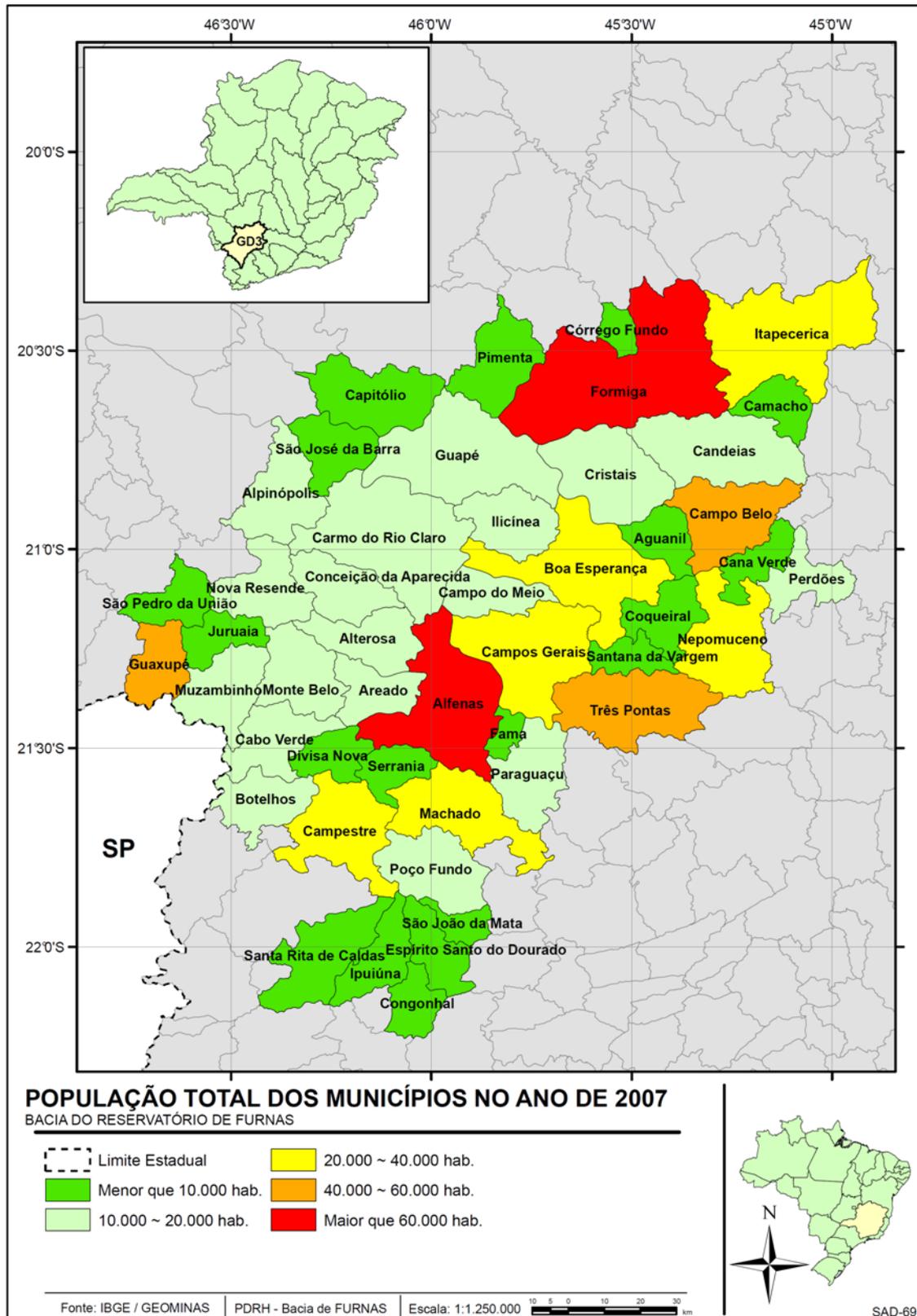


Figura 4.2. População Total dos municípios da Unidade de Gestão GD3 em 2007  
(Fonte: IBGE, 2009)

#### 4.1.2. Densidade Demográfica

Em consonância com a crescente urbanização, a densidade demográfica apresenta-se em taxas ascendentes desde o início do período analisado, sendo que, 1970 os municípios constituintes da unidade de gestão registrava 23,85 hab/km<sup>2</sup>, subindo para 36,56 hab/km<sup>2</sup> em 2007 (Tabela 4.2 e Figura 4.3).

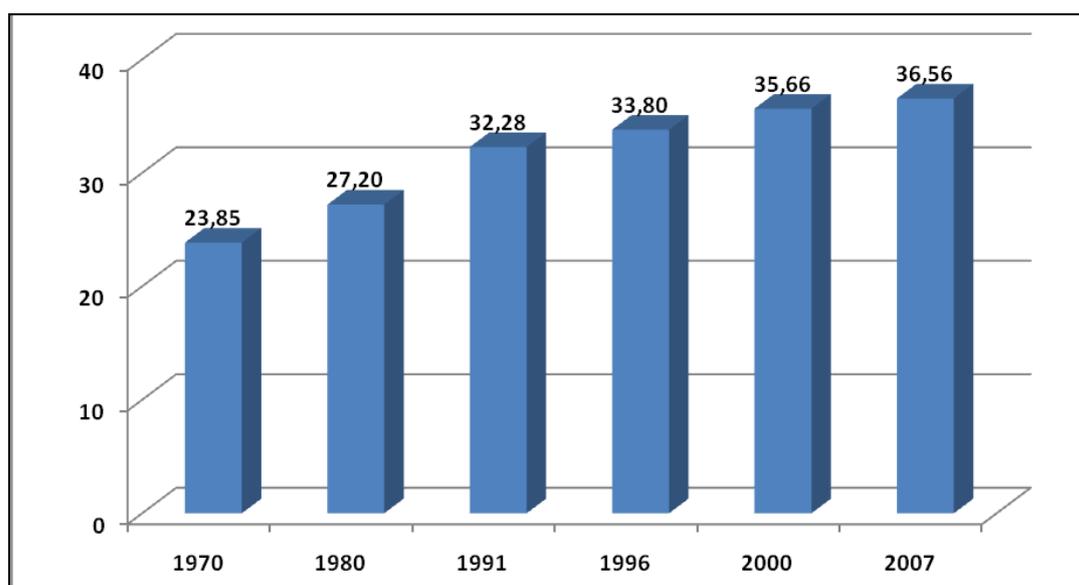


Figura 4.3. Evolução da densidade demográfica média (hab/km<sup>2</sup>) referente aos municípios inseridos na Unidade de Gestão GD3 entre 1970 e 2007

Na década de 1970 a maioria dos municípios tinha densidade demográfica inferior a 30 hab/km<sup>2</sup>. Apenas, os municípios de Guaxupé (84,66 hab./km<sup>2</sup>) e Campo Belo (53,87 hab./km<sup>2</sup>) apresentavam densidade entre 50 hab/km<sup>2</sup>. Analisando o período pesquisado nota-se que ocorre um aumento dos municípios com densidade demográfica superior a 30 hab/km<sup>2</sup>, entre eles destacam-se Guaxupé (167,05 hab./km<sup>2</sup>) e Cristais (100,58 hab./km<sup>2</sup>) com densidade superior 100 hab./km<sup>2</sup>. Além desses, os municípios de Alfenas e Três Pontas, apresentam 84,35 hab./km<sup>2</sup> e 75,40 hab./km<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 4.4 e Figura 4.5).

**Tabela 4.2. Densidade demográfica dos municípios inseridos na Unidade de Gestão GD3**

ORDEM	MUNICÍPIOS	DENSIDADE DEMOGRÁFICA						CRESCIMENTO NO PERÍODO
		1970	1980	1991	1996	2000	2007	
1	Aguanil	12,04	13,42	13,56	13,83	15,11	17,19	43%
2	Alfenas	33,36	45,07	62,06	69,43	78,85	84,35	153%
3	Alpinópolis	34,52	38,95	43,16	46,03	36,90	38,62	12%
4	Alterosa	21,96	27,53	31,64	33,35	35,35	36,19	65%
5	Areado	28,59	32,05	38,43	40,30	43,44	46,82	64%
6	Boa Esperança	23,95	29,75	38,53	39,91	43,27	44,12	84%
7	Botelhos	37,81	40,20	42,57	44,00	45,12	44,38	17%
8	Cabo Verde	28,71	32,75	33,17	33,74	37,25	36,94	29%
9	Camacho	13,59	15,87	17,12	15,56	15,86	14,38	6%
10	Campestre	26,92	29,87	30,14	31,44	35,52	34,99	30%
11	Campo Belo	53,87	70,27	83,81	89,16	92,58	96,70	80%
12	Campo do Meio	29,61	33,46	39,63	39,72	41,65	41,79	41%
13	Campos Gerais	25,07	27,63	31,05	31,58	34,41	34,95	39%
14	Cana Verde	21,39	24,45	26,49	26,50	26,78	27,01	26%
15	Candeias	18,34	17,66	18,84	19,34	20,02	21,45	17%
16	Capitólio	11,04	9,98	13,03	13,99	14,78	14,58	32%
17	Carmo do Rio Claro	12,91	13,92	16,39	17,34	18,51	18,28	42%
18	Conceição da Aparecida	21,46	23,50	26,13	26,34	26,74	29,14	36%
19	Congonhal	27,20	27,61	34,39	37,45	42,30	46,98	73%
20	Coqueiral	24,29	27,37	30,98	29,50	32,32	31,83	31%
21	Córrego Fundo	-	-	8,00	7,66	8,23	8,95	12%
22	Cristais	76,15	74,94	83,65	85,87	90,05	100,58	32%
23	Divisa Nova	16,37	17,94	22,64	24,16	25,50	25,87	58%
24	Espírito Santo do Dourado	13,61	13,44	15,29	15,48	15,74	16,23	19%
25	Fama	23,07	22,48	24,06	25,49	26,77	25,24	9%
26	Formiga	31,18	34,84	41,07	42,86	41,83	42,95	38%
27	Guapé	10,40	12,09	12,65	14,04	14,53	14,03	35%
28	Guaxupé	84,66	105,03	138,16	151,14	164,06	167,05	97%
29	Ilicínea	18,23	19,59	22,93	25,42	27,49	29,40	61%
30	Ipuiúna	21,47	22,33	25,87	27,75	29,90	30,65	43%
31	Itapecerica	20,89	20,83	21,39	21,07	20,32	19,76	-5%
32	Juruáia	24,36	24,64	30,40	32,16	35,49	38,17	57%
33	Machado	36,83	45,67	52,47	54,88	59,59	64,18	74%
34	Monte Belo	28,10	28,88	32,61	30,73	31,11	29,76	6%
35	Muzambinho	37,09	38,14	43,63	46,39	50,22	48,60	31%
36	Nepomuceno	33,19	36,28	41,24	42,45	42,53	41,86	26%
37	Nova Resende	20,63	23,25	27,56	29,55	32,59	33,20	61%
38	Paraguaçu	9,23	10,79	12,30	13,28	14,12	14,61	58%
39	Perdões	46,65	50,78	58,70	64,02	67,47	69,88	50%
40	Pimenta	12,52	13,47	16,15	17,94	18,80	19,62	57%
41	Poço Fundo	26,82	26,12	29,06	29,65	31,86	32,28	20%
42	Santa Rita de Caldas	13,99	18,17	18,43	18,81	18,47	18,07	29%
43	Santana da Vargem	30,65	36,64	39,53	41,00	43,42	40,95	34%
44	São João da Mata	17,82	16,96	21,05	21,76	22,80	23,67	33%
45	São José da Barra	-	-	14,72	12,63	19,31	21,38	45%
46	São Pedro da União	18,85	18,33	19,50	19,68	21,59	20,34	4%
47	Serrania	8,24	10,39	12,65	13,29	13,61	13,37	62%
48	Três Pontas	39,80	54,58	66,30	68,40	73,81	75,40	89%
<b>TOTAL</b>		<b>23,85</b>	<b>27,20</b>	<b>32,28</b>	<b>33,80</b>	<b>35,66</b>	<b>36,56</b>	<b>53%</b>

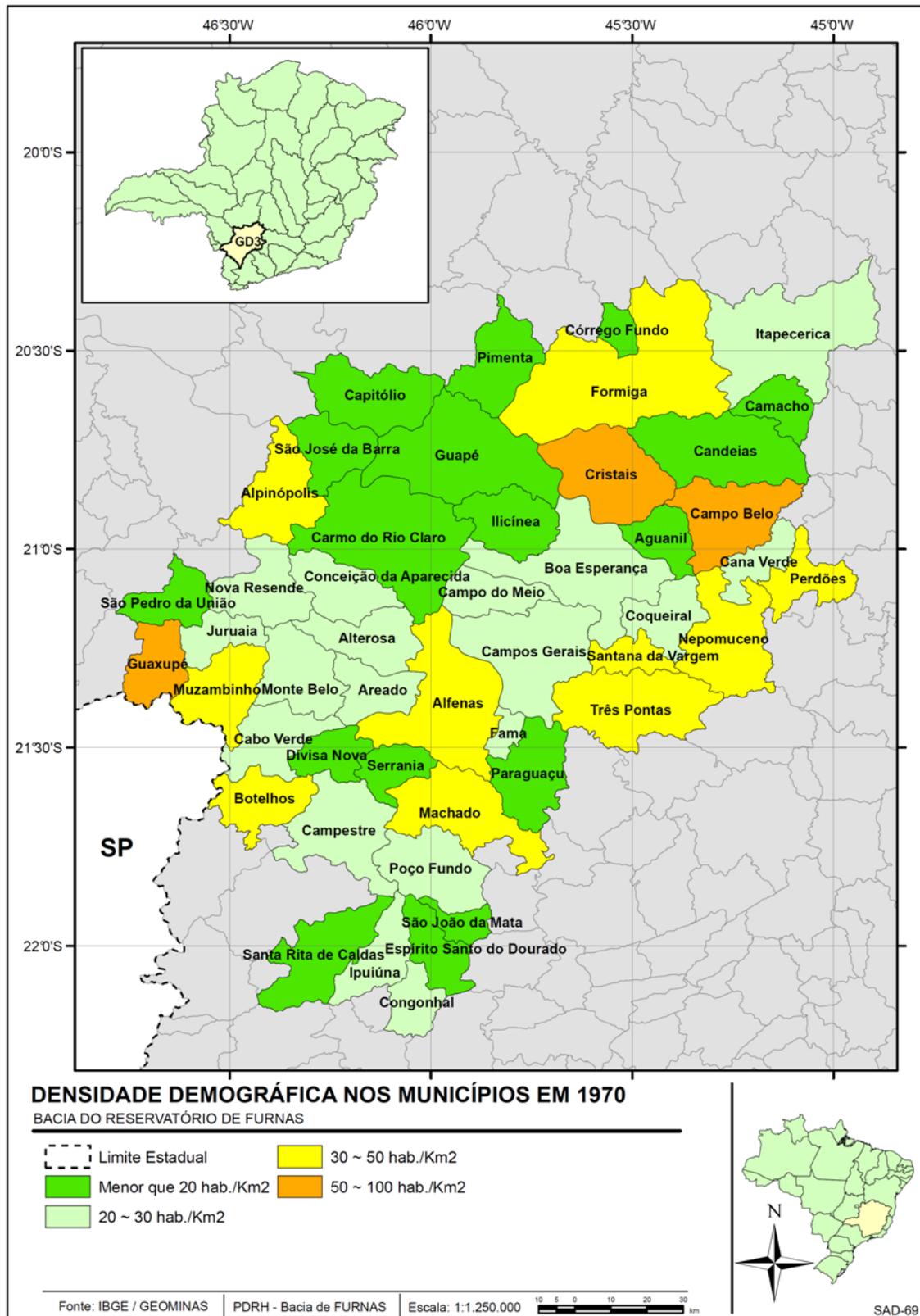


Figura 4.4. Densidade demográfica nos municípios da Unidade de Gestão GD3 em 1970

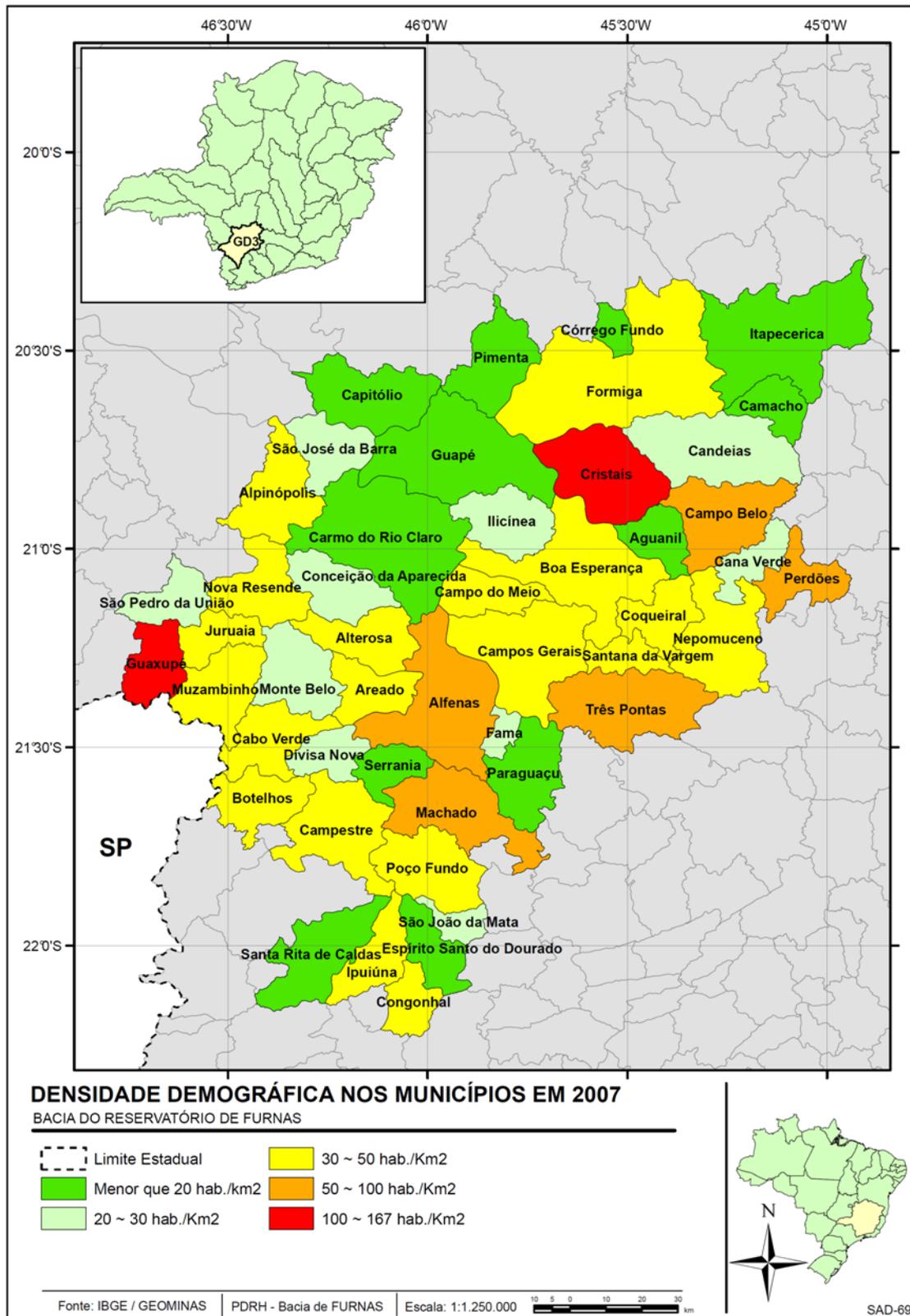


Figura 4.5. Densidade demográfica nos municípios da Unidade de Gestão GD3 em 2007

Em 2007 pode-se observar uma evidente evolução no adensamento populacional na região, sendo os municípios de Alfenas e Guaxupé os que apresentaram maior crescimento na densidade demográfica, e em Itapecerica, São Pedro da União, Monte Belo e Camacho os menores índices de crescimento no período pesquisado.

#### 4.1.3. Dinâmica Populacional

Embora seja verificado um aumento absoluto da população, em termos percentuais, as taxas de crescimento ao longo do período analisado decrescem ao longo dos anos, o que também é observado no Brasil e em Minas Gerais (Figura 4.6), porém em proporções distintas. Verifica-se que nas últimas décadas, a taxa de crescimento da unidade de gestão acompanhou rigidamente o estado de Minas Gerais, porém na década de oitenta registrou-se um crescimento regional consequente do deslocamento populacional de outras regiões para dentro dos limites da unidade de gestão. Observa-se que este fato se deu no sentido inverso nas décadas seguintes. Em 2007 mais de quinze cidades apresentaram retração populacional (taxas negativas), como Capitólio, Guapé, Carmo do Rio Claro, Itapecerica, Camacho, Campo Belo, Coqueiral, Nepomuceno, Santana da Vargem, Fama, Serrania, Campestre, Botelhos, Cabo Verde e Muzambinho (Tabela 4.3). Nota-se que esses municípios estão próximos a Alfenas e Formiga, e têm registrado nos últimos anos fluxos de imigração para outros estados ou cidades.

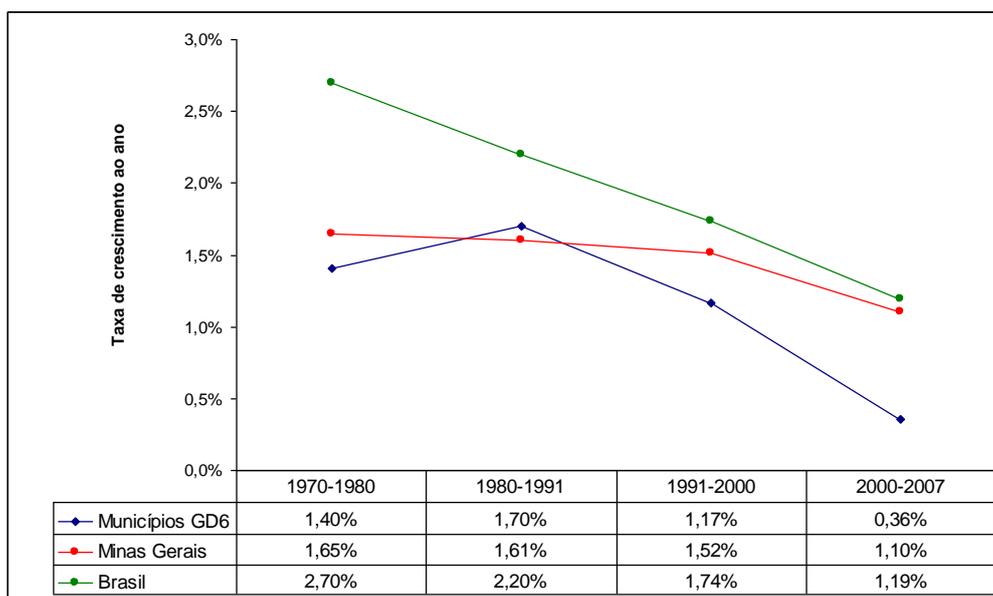


Figura 4.6. Taxa de crescimento dos municípios inseridos na Unidade de Gestão GD3

Os municípios que apresentaram as maiores taxas de crescimento entre 1970 e 2007, foram São João da Mata com 2,88%, Santa Rita de Caldas com 2,59% e Alfenas com 2,54%. Somente o município de Itapeçerica apresentou retração populacional com crescimento negativo de -0,15%. Outros municípios tiveram um crescimento relativamente pequeno, tais como: Camacho (0,15%), Monte Belo (0,15%), Fama (0,24%), Alpinópolis (0,30%) e Candeias (0,42%). Esse comportamento possivelmente relaciona-se a fluxos de emigração para municípios vizinhos como Alfenas, Formiga e Lavras.

Na Unidade de Gestão GD3, a população urbana cresceu 41% nos anos de 1970 e 1980, 38 % entre 1980 e 1991, 22% de 1991 a 2000 e 7% de 2000 a 2007, resultando num total de 154% de crescimento populacional no meio urbano entre 1970 e 2007. Nota-se ainda a redução da população na zona rural, que pode ser considerada como constante, com -11% entre 1970 e 1980, -7% de 1980 e 1991, de -15% entre 1991 a 2000, e de -11% entre os anos de 2000 e 2007 (Figura 4.7).

Essa dinâmica é semelhante ao observado em Minas Gerais e no Brasil como um todo, devido principalmente ao declínio das atividades econômicas no meio rural e o aumento de oportunidades nos setores secundários e terciários nos centros urbanos, notadamente a partir da década 1970, ocasionando o êxodo rural e a acentuada concentração populacional nas áreas urbanas.

Relacionando o aumento da densidade demográfica e das taxas de urbanização na bacia GD3 nota-se que nas últimas décadas tem-se intensificado a pressão nos recursos naturais não somente na zona urbana, mas também na área rural da bacia. Esse processo evidencia a necessidade de um melhor planejamento ambiental, priorizando o uso racional e a conservação dos recursos hídricos na região do entorno de furnas. Esses fatores demográficos influenciam diretamente na qualidade de vida e na saúde da população da bacia, pois o comportamento descrito anteriormente influencia diretamente nos aspectos ambientais e sanitários na região, que inevitavelmente poderão interferir em indicadores como mortalidade, perspectiva de vida, entre outros.

Tabela 4.3. Taxa de crescimento populacional nos municípios da Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIOS	TAXA DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO				
	1970/1980	1980/1991	1991/2000	2000/2007	1970/2007
1 Aguanil	1,09%	0,09%	1,21%	1,87%	0,97%
2 Alfenas	3,05%	2,95%	2,70%	0,97%	2,54%
3 Alpinópolis	1,22%	0,94%	-1,73%	0,65%	0,30%
4 Alterosa	2,29%	1,27%	1,24%	0,34%	1,36%
5 Areado	1,15%	1,66%	1,37%	1,08%	1,34%
6 Boa Esperança	2,19%	2,38%	1,30%	0,28%	1,67%
7 Botelhos	0,62%	0,52%	0,65%	-0,24%	0,43%
8 Cabo Verde	1,33%	0,12%	1,30%	-0,12%	0,68%
9 Camacho	1,56%	0,69%	-0,85%	-1,39%	0,15%
10 Campestre	1,05%	0,08%	1,84%	-0,21%	0,71%
11 Campo Belo	2,69%	1,61%	1,11%	0,62%	1,59%
12 Campo do Meio	1,23%	1,55%	0,55%	0,05%	0,94%
13 Campos Gerais	0,98%	1,07%	1,15%	0,22%	0,90%
14 Cana Verde	1,35%	0,73%	0,12%	0,12%	0,63%
15 Candeias	-0,38%	0,59%	0,68%	1,00%	0,42%
16 Capitólio	-1,00%	2,46%	1,41%	-0,19%	0,76%
17 Carmo do Rio Claro	0,75%	1,50%	1,36%	-0,18%	0,94%
18 Conceição da Aparecida	0,91%	0,97%	0,26%	1,24%	0,83%
19 Congonhal	0,15%	2,02%	2,33%	1,51%	1,49%
20 Coqueiral	1,20%	1,13%	0,47%	-0,22%	0,73%
21 Córrego Fundo	-	-	0,31%	1,21%	-
22 Cristais	-0,16%	1,00%	0,82%	1,59%	0,75%
23 Divisa Nova	0,92%	2,14%	1,33%	0,21%	1,24%
24 Espírito Santo do Dourado	-0,13%	1,18%	0,32%	0,44%	0,48%
25 Fama	-0,26%	0,62%	1,19%	-0,83%	0,24%
26 Formiga	1,12%	1,51%	0,21%	0,38%	0,87%
27 Guapé	1,52%	0,41%	1,56%	-0,50%	0,81%
28 Guaxupé	2,18%	2,52%	1,93%	0,26%	1,85%
29 Ilícinea	0,72%	1,44%	2,04%	0,97%	1,30%
30 Ipuiúna	0,39%	1,35%	1,62%	0,36%	0,97%
31 Itapecerica	-0,03%	0,24%	-0,57%	-0,40%	-0,15%
32 Juruaia	0,12%	1,93%	1,74%	1,05%	1,22%
33 Machado	2,17%	1,27%	1,42%	1,07%	1,51%
34 Monte Belo	0,27%	1,11%	-0,52%	-0,63%	0,15%
35 Muzambinho	0,28%	1,23%	1,58%	-0,47%	0,73%
36 Nepomuceno	0,89%	1,17%	0,34%	-0,23%	0,63%
37 Nova Resende	1,20%	1,56%	1,88%	0,26%	1,29%
38 Paraguaçu	1,57%	1,19%	1,55%	0,49%	1,25%
39 Perdões	0,85%	1,33%	1,56%	0,50%	1,10%
40 Pimenta	0,74%	1,67%	1,70%	0,61%	1,22%
41 Poço Fundo	-0,27%	0,97%	1,03%	0,19%	0,50%
42 Santa Rita de Caldas	-0,12%	2,92%	0,02%	-0,22%	2,59%
43 Santana da Vargem	1,80%	0,69%	1,05%	-0,84%	0,79%
44 São João da Mata	-0,49%	2,18%	2,49%	0,38%	2,88%
45 São José da Barra	-	-	3,07%	1,46%	-
46 São Pedro da União	-0,28%	0,62%	1,03%	-0,60%	0,76%
47 Serrania	2,34%	1,81%	0,82%	-0,26%	1,32%
48 Três Pontas	3,21%	1,78%	1,20%	0,30%	1,74%
<b>TOTAL</b>	<b>1,40%</b>	<b>1,70%</b>	<b>1,17%</b>	<b>0,36%</b>	<b>1,44%</b>

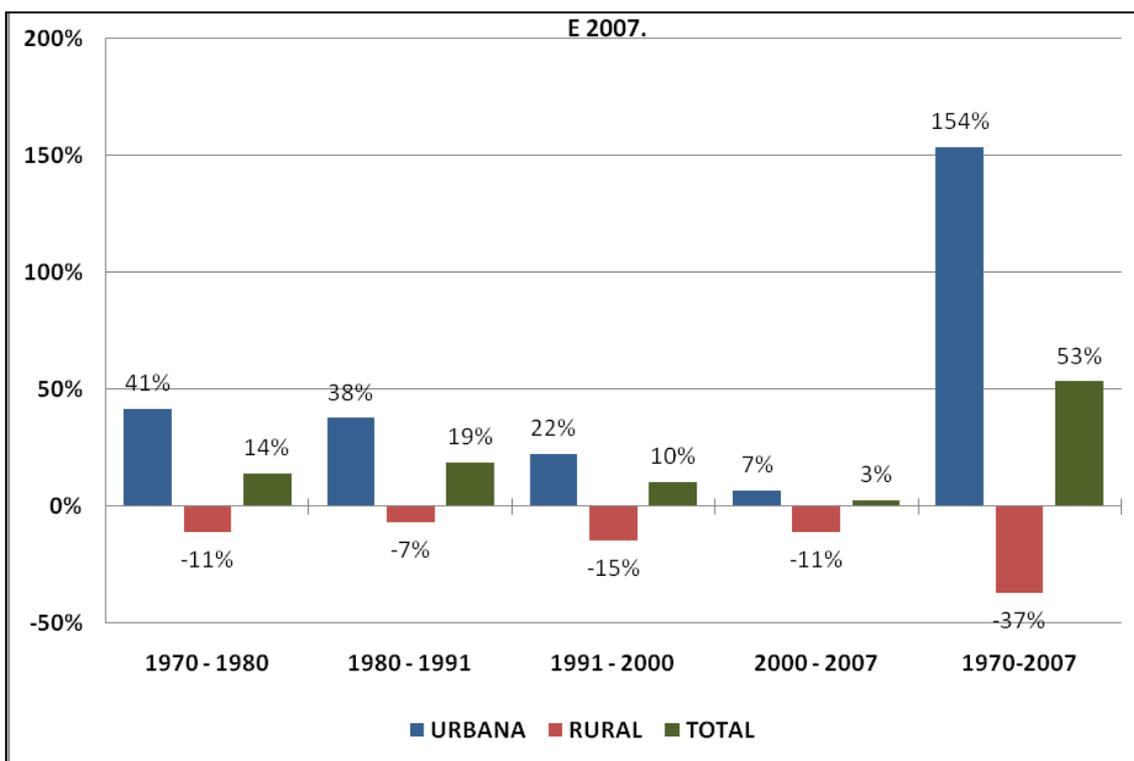


Figura 4.7. Dinâmica populacional na Unidade de Gestão GD3 entre os anos de 1970 e 2007 (Fonte: IBGE, 2009)

Além do crescimento da densidade populacional, a região tem apresentado também um rápido processo de urbanização de seus municípios, passando de 59,2% em 1991 para 67,75% em 2000. São vários os fatores que ajudam a explicar esse esvaziamento rural e o conseqüente aumento da população que mora nas áreas urbanas, entre os que se destacam: a falta de oportunidades de emprego, principalmente entre os jovens e a limitada oferta de serviços básicos e de entretenimento.

A migração campo-cidade é resultado também da divisão das propriedades entre os herdeiros quando do falecimento do patriarca da família. Quando isso acontece, nem sempre a área herdada é suficiente para gerar a renda necessária. Nesses casos alguns herdeiros são obrigados a vender sua parte e migrar para a cidade. A venda da herança pode ser feita a um dos herdeiros ou aos empresários de outras cidades interessados em investir na região.

A divisão das propriedades, além de contribuir com a migração campo-cidade, provoca também uma nova relação entre os recursos naturais existentes e concentração da renda. Esta última afirmativa pode ser constatada quando se analisa o sub-índice renda apresentado na Tabela 4.11 e sobre o qual se comenta mais adiante.

Quando os herdeiros moram nas propriedades, existe entre eles a preocupação em preservar os recursos naturais (minas de água, córregos e áreas de reserva natural), pois eles são fundamentais para sua sobrevivência e o desenvolvimento das atividades econômicas.

Quando a unidade de produção é vendida a empresários externos, estes nem sempre tem a preocupação em preservar os recursos naturais, pois a maioria deles não mora nas unidades de produção. Considerando que o principal objetivo na compra destas propriedades é o lucro, muitas unidades de produção mudam suas atividades produtivas, passando de atividades diversificadas para o estabelecimento de monoculturas como café ou cana-de-açúcar, com pouca ou nenhuma preocupação como os recursos naturais.

Na unidade de gestão praticamente todos os municípios dobraram a sua população urbana entre os anos de 1970 e 2007, sendo Juruaia o município com maior crescimento com 368%, seguido de Santana da Vargem (322%), Congonhal (319%), Aguanil (263%) e Ipuiúna com o aumento do adensamento urbano em 255% (Tabela 4.3).

O município de Santa Rita de Caldas apresenta o menor crescimento da população urbana com 31% e os valores mais elevados de retração na população rural, foram nos municípios de Campo do Meio com -68%, Alpinópolis com -65% e Formiga com -64% no período analisado. No período em destaque o município de Alfenas foi o que apresentou o maior crescimento percentual com 153%, Guaxupé com 97% e Três Pontas com 89% de crescimento na população total. O município de Itapeçerica apresentou a maior retração na população com -5%. Além dos municípios considerados pólos de desenvolvimento regional como Alfenas e Formiga, têm-se ainda a influência da proximidade com o estado de São Paulo e do dinamismo econômico desse estado, principalmente para as atividades agrícolas relacionadas à cana-de-açúcar na região. Devido a isso, muitos municípios da GD3 sofreram processos de emigração inter-regional e/ou o deslocamento para municípios do estado vizinho, com o intuito de ampliar as possibilidades de inserção no mercado de trabalho.

As Tabela 4.4 e Tabela 4.5 mostram os valores absolutos da dinâmica populacional entre os anos de 1970 e 2007, podendo ser notado que na região ocorre também o evidente processo de urbanização observado no país durante as últimas décadas, o que ocorre de maneira geral em todas as grandes regiões, com elevação significativa da população residente em áreas urbanas e queda em número absoluto dos moradores rurais. Minas Gerais tem cerca de 14,7 milhões de habitantes urbanos, em 2000, e apenas 3,2 milhões rurais. Em 1980, eram 9 milhões na área urbana e 4,4 milhões na zona rural. (Fundação João Pinheiro, 2003).

Tabela 4.4. População residente, por situação do domicílio - Brasil, grandes regiões e estados do sudeste - 1980/1991/2000  
(Modificado de Fundação João Pinheiro, 2003).

ESPECIFICAÇÃO	1980			1991			2000		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
<b>ABSOLUTO</b>									
Brasil	119.002.706	80.436.409	38.566.297	146.825.475	110.990.990	35.834.485	169.799.170	137.953.959	31.845.211
Norte	5.880.268	3.037.150	2.843.118	10.030.556	5.922.574	4.107.982	12.900.704	9.014.365	3.886.339
Nordeste	34.812.356	17.566.842	17.245.514	42.497.540	25.776.279	16.721.261	47.741.711	32.975.425	14.766.286
Sudeste	51.734.125	42.840.081	8.894.044	62.740.401	55.225.983	7.514.418	72.412.411	65.549.194	6.863.217
Minas Gerais	13.378.553	8.982.134	4.396.419	15.743.152	11.786.893	3.956.259	17.891.494	14.671.828	3.219.666
Espírito Santo	2.023.340	1.293.378	729.962	2.600.618	1.924.588	676.030	3.097.232	2.463.049	634.183
Rio de Janeiro	11.291.520	10.368.191	923.329	12.807.706	12.199.641	608.065	14.391.282	13.821.466	569.816
São Paulo	25.040.712	22.196.378	2.844.334	31.588.925	29.314.861	2.274.064	37.032.403	34.592.851	2.439.552
Sul	19.031.162	11.877.739	7.153.423	22.129.377	16.403.032	5.726.345	25.107.616	20.321.999	4.785.617
Centro-Oeste	7.544.795	5.114.597	2.430.198	9.427.601	7.663.122	1.764.479	11.636.728	10.092.976	1.543.752

Tabela 4.5. População Rural (RUR.), Urbana (URB.) e Total entre os anos de 1970 a 2007  
(Fonte: IBGE, 2009).

MUNICÍPIOS	1970			1980			1991			2000			2007		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
Aguanil	2.838	618	2.220	3.164	897	2.267	3.197	1.369	1.828	3.562	1.869	1.693	4.054	2.241	1.813
Alfenas	28.331	21.067	7.264	38.294	32.038	6.256	52.700	47.325	5.375	66.957	62.148	4.809	71.628	67.162	4.466
Alpinópolis	15.930	5.819	10.111	17.977	8.894	9.083	19.919	11.549	8.370	17.031	13.551	3.480	17.821	14.319	3.502
Alterosa	8.060	3.311	4.749	10.105	6.309	3.796	11.615	7.754	3.861	12.976	8.989	3.987	13.286	9.831	3.455
Areado	8.049	3.727	4.322	9.023	5.677	3.346	10.817	7.788	3.029	12.228	9.790	2.438	13.181	10.944	2.237
Boa Esperança	20.518	12.049	8.469	25.486	17.361	8.125	33.015	25.267	7.748	37.074	30.392	6.682	37.801	31.200	6.601
Botelhos	12.654	5.189	7.465	13.455	6.812	6.643	14.247	8.840	5.407	15.101	10.544	4.557	14.853	10.786	4.067
Cabo Verde	10.580	3.470	7.110	12.069	4.425	7.644	12.223	5.079	7.144	13.727	6.520	7.207	13.614	7.352	6.262
Camacho	3.028	729	2.299	3.535	1.020	2.515	3.814	1.160	2.654	3.533	1.302	2.231	3.204	1.411	1.793
Campestre	15.578	3.925	11.653	17.288	6.663	10.625	17.440	8.304	9.136	20.553	10.372	10.181	20.251	10.927	9.324
Campo Belo	28.619	20.335	8.284	37.336	30.546	6.790	44.527	39.809	4.718	49.187	45.592	3.595	51.375	48.103	3.272

MUNICÍPIOS	1970			1980			1991			2000			2007		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
Campo do Meio	8.132	3.860	4.272	9.189	5.434	3.755	10.883	8.621	2.262	11.436	10.039	1.397	11.476	10.125	1.351
Campos Gerais	19.333	6.734	12.599	21.310	9.438	11.872	23.946	12.326	11.620	26.541	17.739	8.802	26.954	18.863	8.091
Cana Verde	4.524	1.328	3.196	5.172	2.227	2.945	5.602	2.990	2.612	5.664	3.191	2.473	5.712	3.891	1.821
Candeias	13.252	4.116	9.136	12.757	4.817	7.940	13.609	7.100	6.509	14.461	9.172	5.289	15.499	10.304	5.195
Capitólio	5.778	2.006	3.772	5.223	2.873	2.350	6.823	4.409	2.414	7.737	5.658	2.079	7.634	6.024	1.610
Carmo do Rio Claro	13.763	6.064	7.699	14.835	7.925	6.910	17.470	10.966	6.504	19.732	13.320	6.412	19.480	13.851	5.629
Conceição da Aparecida	7.520	2.850	4.670	8.236	4.057	4.179	9.158	5.021	4.137	9.372	5.608	3.764	10.215	5.926	4.289
Congonhal	5.612	1.699	3.913	5.696	2.820	2.876	7.094	4.167	2.927	8.726	6.122	2.604	9.692	7.115	2.577
Coqueiral	7.223	2.635	4.588	8.139	3.855	4.284	9.214	5.462	3.725	9.612	6.118	3.494	9.466	6.217	3.249
Córrego Fundo	-	-	-	-	-	-	5.035	2.757	2.278	5.179	3.353	1.826	5.635	4.106	1.529
Cristais	8.049	2.681	5.368	7.921	3.652	4.269	8.842	4.808	4.034	9.518	6.552	2.966	10.631	8.199	2.432
Divisa Nova	3.555	1.452	2.103	3.896	2.088	1.808	4.917	3.398	1.519	5.539	4.338	1.201	5.619	4.508	1.111
Esp. Santo do Dourado	3.600	555	3.045	3.554	806	2.748	4.045	1.231	2.814	4.162	1.469	2.693	4.293	1.657	2.636
Fama	2.028	665	1.363	1.976	879	1.097	2.115	1.236	879	2.353	1.442	911	2.219	1.457	762
Formiga	46.894	29.617	17.247	52.395	37.862	14.533	61.755	49.824	11.931	62.907	55.597	7.310	64.585	58.365	6.220
Guapé	9.746	2.783	6.963	11.335	4.211	7.124	11.852	4.718	7.134	13.620	6.287	7.333	13.152	6.431	6.721
Guaxupé	24.273	17.310	6.963	30.113	23.696	6.467	39.611	34.368	5.243	47.036	43.005	4.031	47.894	44.743	3.151
Ilicínea	6.984	3.017	3.967	7.504	4.158	3.346	8.783	5.799	2.984	10.532	7.637	2.895	11.265	8.458	2.807
Ipuiúna	6.432	2.025	4.407	6.689	3.674	3.015	7.751	5.264	2.487	8.958	6.589	2.369	9.183	7.179	2.004
Itapecerica	21.825	10.839	10.986	21.763	12.391	9.372	22.356	15.202	7.154	21.235	16.220	5.015	20.653	15.875	4.778
Juruáia	5.272	822	4.450	5.333	1.495	3.838	6.578	2.142	4.436	7.680	3.236	4.444	8.260	3.843	4.417
Machado	21.556	11.403	10.153	26.729	16.545	10.184	30.709	20.082	10.627	34.877	26.941	7.936	37.567	30.429	7.138
Monte Belo	11.873	3.877	7.996	12.201	4.778	7.423	13.776	6.813	6.963	13.142	8.117	5.025	12.573	8.616	3.957
Muzambinho	15.206	7.183	8.023	15.637	8.793	6.844	17.887	11.424	6.463	20.589	14.363	6.226	19.925	14.685	5.240
Nepomuceno	19.371	6.399	12.972	21.175	10.802	10.373	24.069	14.580	9.489	24.822	18.116	6.706	24.430	18.708	5.722
Nova Resende	8.789	2.618	6.171	9.905	3.605	6.300	11.742	5.272	6.470	13.887	7.118	6.769	14.145	8.044	6.101
Paraguaçu	12.390	7.237	5.153	14.482	9.374	5.108	16.498	12.126	4.372	18.942	14.554	4.388	19.603	15.822	3.781
Perdões	12.956	7.515	5.441	14.102	9.971	4.131	16.300	12.504	3.796	18.736	15.749	2.987	19.407	17.109	2.298
Pimenta	5.209	2.729	2.480	5.605	3.665	1.940	6.723	4.852	1.871	7.824	6.134	1.690	8.164	6.652	1.512
Poço Fundo	12.752	4.200	8.552	12.418	5.341	7.077	13.816	6.911	6.905	15.148	8.414	6.734	15.350	9.126	6.224
Santa Rita de Caldas	7.029	4.264	2.765	6.944	3.485	3.459	9.258	4.599	4.659	9.278	5.489	4.659	9.078	5.570	3.508
Santana da Vargem	5.309	1.173	4.136	6.346	2.513	2.833	6.846	3.552	3.294	7.521	4.697	2.824	7.092	4.947	2.145
São João da Mata	2.151	595	1.556	2.048	908	1.140	2.541	1.289	1.252	2.752	1.610	1.252	2.858	1.713	1.145
São José da Barra	-	-	-	-	-	-	4.612	5.995	1.343	6.053	4.319	1.734	6.701	4.888	1.813

MUNICÍPIOS	1970			1980			1991			2000			2007		
	TOTAL	URBANA	RURAL												
São Pedro da União	4.904	1.076	3.828	4.770	1.308	3.462	5.072	1.901	3.171	5.618	2.740	3.171	5.291	2.778	2.513
Serrania	4.544	2.376	2.168	5.728	3.828	1.900	6.975	5.255	1.720	7.504	6.226	1.278	7.370	6.320	1.050
Três Pontas	27.514	14.414	13.100	37.732	24.372	13.360	45.832	33.740	12.092	51.024	40.670	10.354	52.121	43.966	8.155
<b>TOTAL</b>	<b>549.533</b>	<b>260.356</b>	<b>289.147</b>	<b>626.590</b>	<b>368.288</b>	<b>257.352</b>	<b>743.609</b>	<b>506.948</b>	<b>239.360</b>	<b>821.646</b>	<b>619.018</b>	<b>203.901</b>	<b>842.260</b>	<b>660.786</b>	<b>181.474</b>

Como analisado anteriormente, o processo de urbanização na bacia tem sido constante entre 1970 e 2007, no qual, todos os municípios apresentaram crescimento na população urbana, até mesmo aqueles municípios que tiveram valores totais negativos no período analisado (Tabela 4.6). O município de Santana da Vargem apresentou maior crescimento no período com 215%, tendo em 1970 uma taxa de urbanização 22,2 e em 2007 com 69,8. Porém, o município mais urbanizado é Alfenas com 93,8 em 2007, seguido de Campo Belo (93,6) e Formiga (90,4). O município de Santa Rita de Caldas apresentou o menor crescimento entre os municípios da bacia com apenas 1%, enfatizando a importância das atividades rurais no município. Os municípios de Juruaia, Espírito Santo do Dourado, Ipuiúna e Aguanil, tiveram urbanização elevada entre 1970 e 2007, com 196%, 154%, 150% e 148%, respectivamente.

Esse crescimento na taxa de urbanização nos municípios da bacia GD3 pode ser observado nas Figura 4.8 e Figura 4.9, pois em 1970 somente os municípios de Alfenas (74,4), Campo Belo (71,1), Formiga (64) e Santa Rita de Caldas (60,7), apresentavam índice superior a 60, porém em 2007 mais 32 municípios apresentam índice maior que 60, dentre esses, 15 municípios têm valores superiores a 80, e em Espírito Santo do Dourado é observado índice inferior a 40. No entanto, em 1970, a situação era o contrário, pois 26 municípios apresentam taxa de urbanização menor que 40. Nota-se ainda, que as regiões na bacia que se apresentam mais urbanizadas são aquelas próximas dos municípios considerados pólos de desenvolvimento, como Alfenas e Formiga.

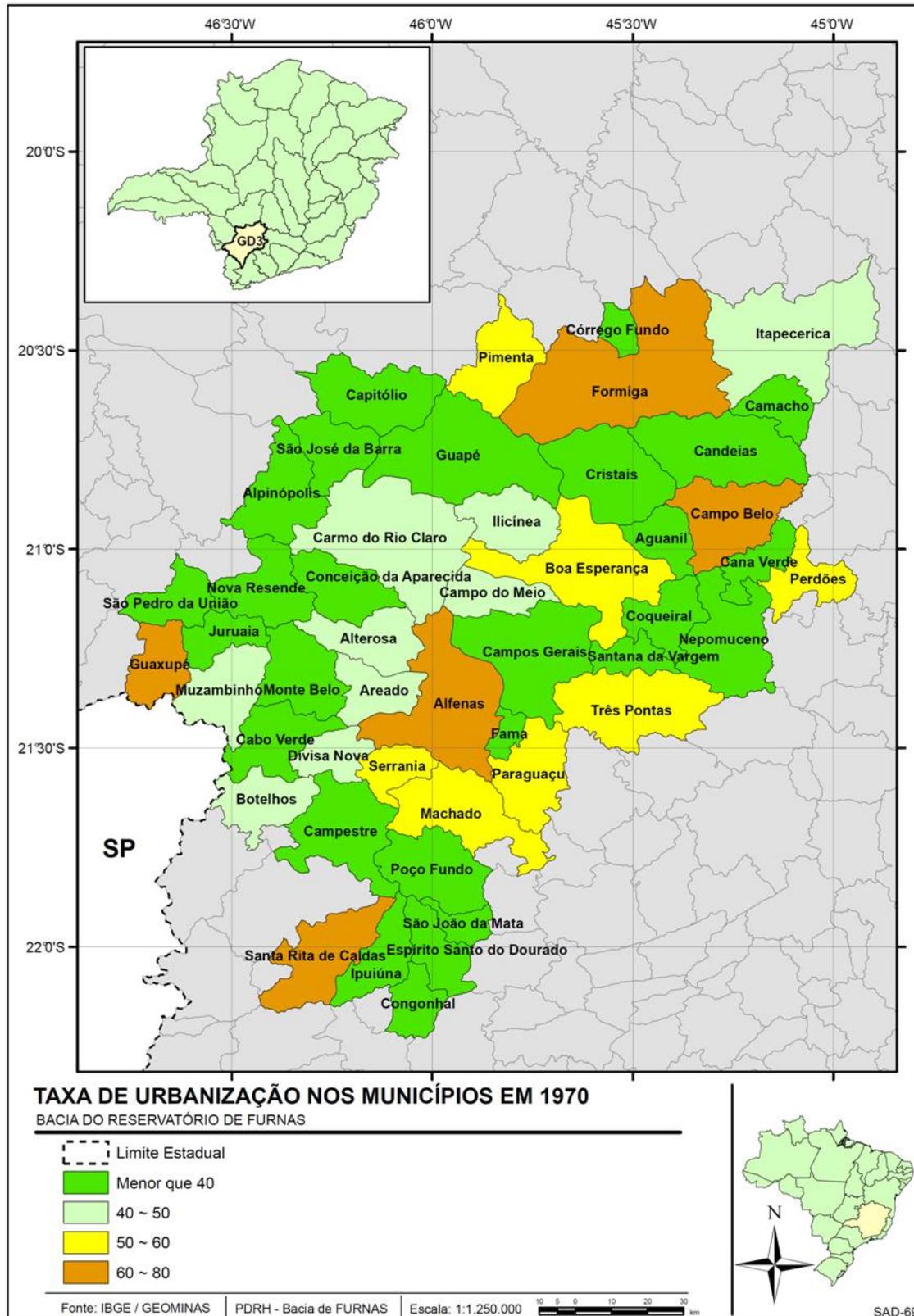


Figura 4.8. Taxa de urbanização nos municípios da bacia GD3 em 1970 (Fonte: IBGE, 2009).

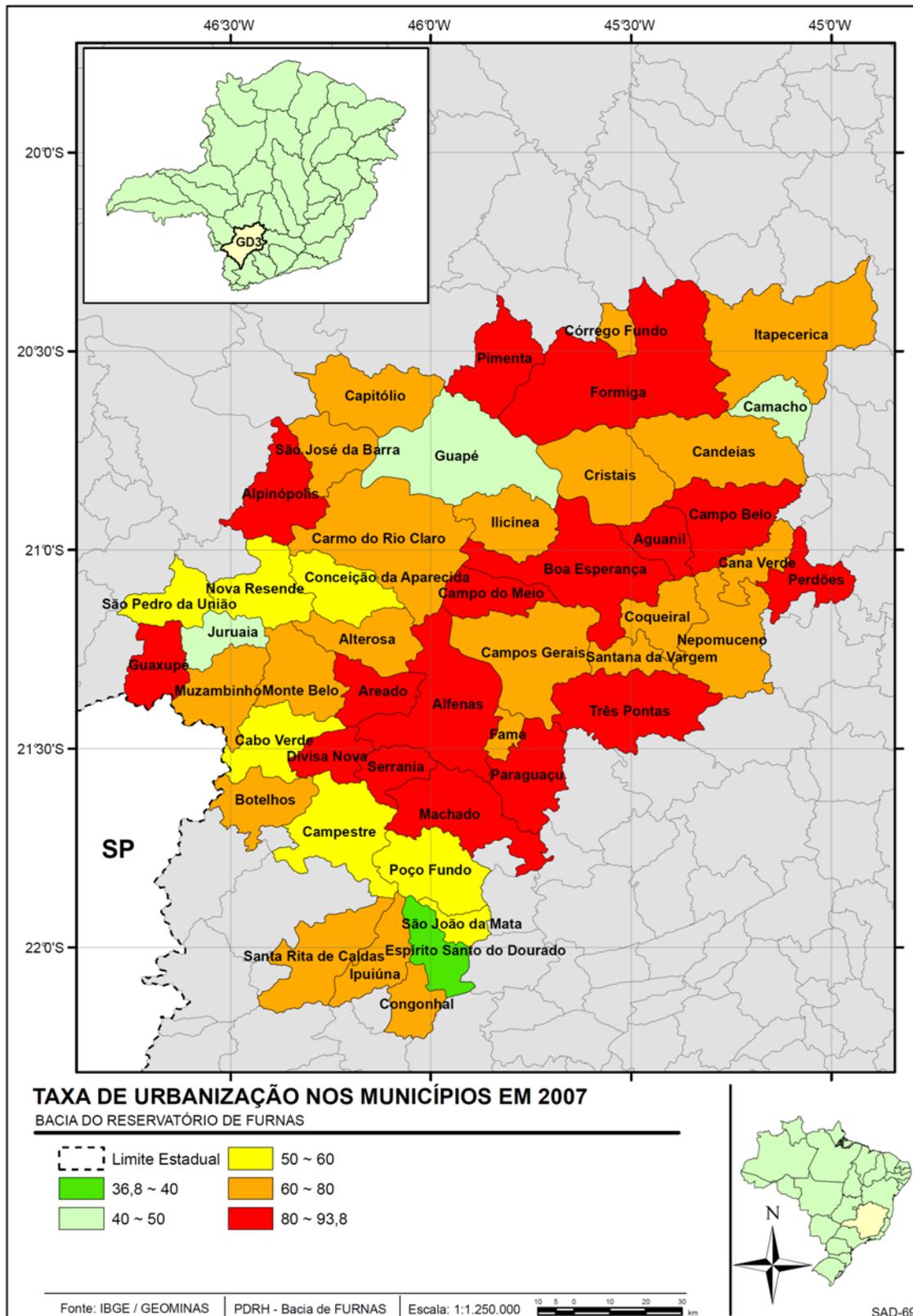


Figura 4.9. Taxa de urbanização nos municípios da bacia GD3 em 2007  
(Fonte: IBGE, 2009).

Tabela 4.6. Taxa de urbanização nos municípios da bacia GD3 entre os anos de 1970 e 2007

ORDEM	MUNICÍPIOS	TAXA DE URBANIZAÇÃO					CRESCIMENTO NO PERÍODO (%)
		1970	1980	1991	2000	2007	
1	Aguanil	22,3	28,4	42,8	52,5	55,3	148%
2	Alfenas	74,4	83,7	89,8	92,8	93,8	26%
3	Alpinópolis	36,0	49,5	58,0	79,6	80,3	123%
4	Alterosa	40,9	62,4	66,8	69,3	74,0	81%
5	Areado	46,3	62,9	72,0	80,1	83,0	79%
6	Boa Esperança	58,7	68,1	76,5	82,0	82,5	41%
7	Botelhos	40,9	50,6	62,1	69,8	72,6	78%
8	Cabo Verde	32,5	36,7	41,6	47,5	54,0	66%
9	Camacho	24,0	28,9	30,4	36,9	44,0	83%
10	Campestre	25,4	38,5	47,6	50,5	54,0	113%
11	Campo Belo	71,1	81,8	89,4	92,7	93,6	32%
12	Campo do Meio	47,8	59,1	79,2	87,8	88,2	84%
13	Campos Gerais	35,2	44,3	51,5	66,8	70,0	99%
14	Cana Verde	29,4	43,1	53,4	56,3	68,1	131%
15	Candeias	30,9	37,8	52,2	63,4	66,5	116%
16	Capitólio	35,1	55,0	64,6	73,1	78,9	125%
17	Carmo do Rio Claro	44,0	53,4	62,8	67,5	71,1	62%
18	Conceição da Aparecida	38,5	49,3	54,8	59,8	58,0	51%
19	Congonhal	30,2	49,5	58,7	70,2	73,4	143%
20	Coqueiral	36,7	47,4	59,3	63,7	65,7	79%
21	Córrego Fundo	-	-	-	64,7	72,9	13%
22	Cristais	33,2	46,1	54,4	68,8	77,1	132%
23	Divisa Nova	40,5	53,6	69,1	78,3	80,2	98%
24	Espírito Santo do Dourado	15,2	22,7	30,4	35,3	38,6	154%
25	Fama	32,7	44,5	58,4	61,3	65,7	101%
26	Formiga	64,0	72,3	80,7	88,4	90,4	41%
27	Guapé	28,5	37,2	39,8	46,2	48,9	72%
28	Guaxupé	71,3	78,5	86,8	91,4	93,4	31%
29	Ilicínea	43,1	55,4	66,0	72,5	75,1	74%
30	Ipuiúna	31,3	54,9	67,9	73,6	78,2	150%
31	Itapecerica	49,6	56,9	68,0	76,4	76,9	55%
32	Juruáia	15,7	28,0	32,6	42,1	46,5	196%
33	Machado	53,3	61,9	65,4	77,3	81,0	52%
34	Monte Belo	32,5	39,2	49,5	61,8	68,5	111%
35	Muzambinho	46,9	56,2	63,9	69,8	73,7	57%
36	Nepomuceno	33,1	51,0	60,6	73,0	76,6	132%
37	Nova Resende	29,7	36,4	44,9	51,3	56,9	92%
38	Paraguaçu	58,5	64,7	73,5	76,8	80,7	38%
39	Perdões	58,1	70,7	76,7	84,1	88,2	52%
40	Pimenta	52,2	65,4	72,2	78,4	81,5	56%
41	Poço Fundo	33,0	43,0	50,0	55,6	59,5	80%
42	Santa Rita de Caldas	60,7	45,0	59,2	49,7	61,3	1%
43	Santana da Vargem	22,2	39,6	51,9	62,5	69,8	215%
44	São João da Mata	27,7	44,3	58,5	50,7	59,9	117%
45	São José da Barra	-	-	-	71,4	72,9	2%
46	São Pedro da União	21,9	27,4	48,8	37,5	52,5	139%
47	Serrania	52,3	66,8	75,3	83,0	85,8	64%
48	Três Pontas	52,4	64,6	73,6	79,7	84,4	61%

Esse comportamento provoca, inevitavelmente, maior pressão na relação disponibilidade e demanda dos recursos hídricos, provocando conflitos de uso da água, devido ao aumento do consumo humano e causando problemas sócio-ambientais, como a ocupação de áreas de inundação e sujeitas a enchentes, lançamento de efluentes nos cursos d'água, falta de saneamento básico e de disposição adequada dos resíduos sólidos, gerando áreas de risco geo-ambientais, poluição dos corpos d'água e dos solos, contaminação do lençol freático, degradação das áreas de recarga e das nascentes, entre outros problemas.

Esse intenso processo de urbanização é fomentado pelo dinamismo econômico da região, que provoca o inchaço das áreas urbanas que aliado à falta de planejamento urbano, ocasiona os problemas acima citados, que são observados em cidades como Alfenas e Formiga. Além disso, o crescimento das atividades industriais e a expansão da cultura da cana-de-açúcar e do café nas últimas décadas na região intensificam o uso dos recursos hídricos e potencializa os conflitos de uso. Deve-se considerar ainda, que um dos principais usuários da bacia é a Hidrelétrica de Furnas, responsável pelo suprimento de energia elétrica de cidades como Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro.

#### **4.1.4. Características da População**

A taxa de fecundidade se diferencia da natalidade por considerar o número de nascimentos pelo número de mulheres em idade entre 15 e 49, já a natalidade calcula o número de nascimentos vivos dividido pela população total da comunidade considerada. Esses dois indicadores nos auxiliam a compreender a dinâmica da população e até mesmo a identificar alterações no comportamento e condições da sociedade em relação aos aspectos sociais, culturais e sanitários que influenciam diretamente na dinâmica demográfica de uma região.

Na Unidade de Gestão GD3 se observa que a fecundidade média tem reduzido nas últimas décadas, sendo em 1970 a fecundidade estava em 3,38 filhos por mulher, em 1980 era de 3,05, em 1991 estava em 2,82 e em 2000 apresentava 2,36 (Figura 4.10).

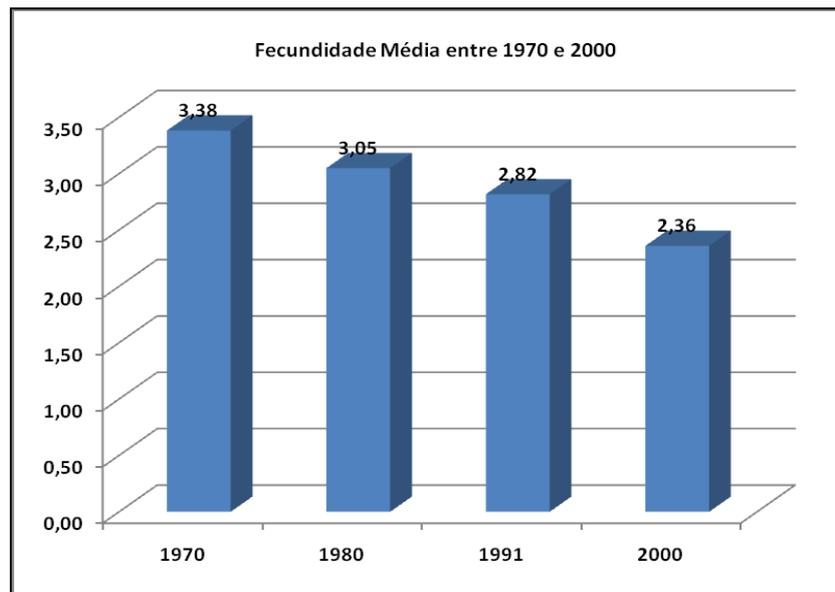


Figura 4.10. Evolução da fecundidade média na bacia GD3 entre os anos de 1970 e 2000 (Fonte: IBGE, 2009)

A maioria dos municípios da bacia apresentou redução nas taxas de fecundidade, somente Campo do Meio e Guapé que apresentaram crescimento no período entre 1970 e 2000, com 13% e 5%, respectivamente (Tabela 4.7). Os municípios que apresentaram as maiores reduções no período foram Conceição da Aparecida (3,97 em 1970 e 2,15 em 2000), Formiga (3,36 em 1970 e 1,84 em 2000), Perdões (3,09 em 1970 e 1,73 em 2000) e Pimenta com 4,01 em 1970 e 2,26 em 2000 (Tabela 4.7). No geral, essa redução pode ser compreendida através de alterações na estrutura familiar, com um melhor planejamento, principalmente nas famílias mais pobres que vivem em situações precárias. Essa tendência é observada também no estado de Minas Gerais e no Brasil como um todo (Fundação João Pinheiro, 2003b).

Já os resultados referentes às taxas de natalidade estão diretamente relacionados aos aspectos de saúde da mulher, considerando o apoio a gestantes, acompanhamento através de pré-natal, entre outros projetos sociais de apoio ao planejamento familiar, bem como, mudanças culturais observadas no Brasil nas últimas décadas, que têm influenciado na estrutura familiar. Em muitos municípios ocorre um aumento na taxa de natalidade, tais como: Boa Esperança (14%), Cana Verde (5%) e Nepomuceno (2%). No entanto, na maioria dos municípios ocorre uma diminuição da natalidade, como em Botelhos que em 1970 apresentava taxa de 34,06 e em 2007, apenas 6,95, com diminuição de -80%. No geral, os municípios da bacia apresentam valores semelhantes aos de Minas Gerais e do Brasil, variando entre 27,92 e 18,54 em média entre 1970 e 2007.

Tabela 4.7. Comparação entre Fecundidade e Natalidade na Unidade de Gestão GD3

ORDEM	MUNICÍPIOS	FECUNDIDADE				EVOLUÇÃO NO PERÍODO	TAXA DE NATALIDADE			EVOLUÇÃO NO PERÍODO
		1970	1980	1991	2000		1970	1980	1991	
1	Aguanil	3,17	3,16	2,42	2,39	-25%	27,13	25,28	13,76	-49%
2	Alfenas	3,33	2,79	2,81	2,24	-33%	27,18	27,18	22,66	-17%
3	Alpinópolis	3,28	3,24	2,39	2,36	-28%	29,25	24,20	21,59	-26%
4	Alterosa	3,34	3,21	3,24	2,52	-25%	21,84	24,54	20,06	-8%
5	Areado	3,1	2,92	3,25	2,42	-22%	24,23	25,71	16,64	-31%
6	Boa Esperança	3,25	2,86	3,28	2,38	-27%	21,10	27,00	23,99	14%
7	Botelhos	3,24	3,12	2,95	2,31	-29%	34,06	27,35	6,95	-80%
8	Cabo Verde	3,27	3,2	3,34	2,84	-13%	27,88	26,68	19,06	-32%
9	Camacho	3,43	3,14	3,6	2,26	-34%	29,39	29,14	18,35	-38%
10	Campestre	3,35	2,85	2,32	2,23	-33%	31,33	21,69	16,92	-46%
11	Campo Belo	3,08	2,86	2,4	1,99	-35%	21,45	24,19	19,43	-9%
12	Campo do Meio	2,87	3,01	3,33	3,23	13%	31,36	27,64	23,61	-25%
13	Campos Gerais	3,42	3,56	3,01	2,73	-20%	28,55	28,39	20,30	-29%
14	Cana Verde	3,22	2,89	2,79	2,18	-32%	19,23	24,94	20,17	5%
15	Candeias	3,48	3,07	2,24	2,07	-41%	28,60	23,99	22,63	-21%
16	Capitólio	3	2,89	2,29	2,07	-31%	18,52	22,21	16,56	-11%
17	Carmo do Rio Claro	3,37	2,89	2,65	2,49	-26%	27,54	26,15	21,64	-21%
18	Conceição da Aparecida	3,97	3,12	2,94	2,15	-46%	36,44	24,65	16,60	-54%
19	Congonhal	3,39	2,71	2,28	2,26	-33%	30,29	21,95	15,51	-49%
20	Coqueiral	3,37	3,15	3,07	2,93	-13%	24,23	27,89	24,31	0%
21	Córrego Fundo	-	-	2,79	2,48	-11%	-	-	-	-
22	Cristais	3,14	2,95	2,85	2,26	-28%	22,61	21,34	15,27	-32%
23	Divisa Nova	3,82	3,44	3,9	2,5	-35%	29,25	27,21	19,12	-35%
24	Espírito Santo do Dourado	3,35	3,22	2,28	2,26	-33%	33,89	19,70	13,84	-59%
25	Fama	3,98	2,75	3,27	2,25	-43%	20,22	25,81	11,35	-44%
26	Formiga	3,36	2,94	2,23	1,84	-45%	27,81	23,78	17,84	-36%
27	Guapé	3,04	3,19	3,33	3,19	5%	25,86	27,79	16,37	-37%
28	Guaxupé	3,11	2,74	2,97	2,11	-32%	24,18	24,28	22,06	-9%
29	Ilicínea	3,35	2,88	3,33	2,86	-15%	33,65	23,32	21,40	-36%
30	Ipuiúna	3,44	2,96	2,32	2,26	-34%	27,36	25,56	18,19	-34%
31	Itapecerica	3,36	3,11	2,58	2	-40%	29,69	26,01	23,35	-21%
32	Juruiaia	3,93	3,36	3,24	2,7	-31%	34,90	30,75	23,41	-33%
33	Machado	3,31	2,9	3,36	2,73	-18%	30,25	27,05	23,41	-23%
34	Monte Belo	3,36	3,14	3,02	2,68	-20%	29,73	27,05	22,14	-26%
35	Muzambinho	3,12	3,14	2,89	2,11	-32%	24,79	24,30	15,99	-36%
36	Nepomuceno	2,99	3,03	3,35	2,51	-16%	24,11	30,22	24,64	2%
37	Nova Resende	3,21	3,33	2,72	2,24	-30%	28,56	26,05	18,74	-34%
38	Paraguaçu	3,52	2,98	2,44	2,07	-41%	27,93	26,72	12,91	-54%
39	Perdões	3,09	2,75	2,4	1,73	-44%	25,39	24,04	10,49	-59%
40	Pimenta	4,01	3,49	2,74	2,26	-44%	33,98	22,30	10,26	-70%
41	Poço Fundo	3,44	3	2,63	2,15	-38%	29,09	23,51	20,05	-31%
42	Santa Rita de Caldas	3,29	2,87	2,49	2,23	-32%	33,72	25,78	14,04	-58%
43	Santana da Vargem	4,08	3,39	2,37	2,38	-42%	31,46	31,20	18,11	-42%
44	São João da Mata	3,77	3,14	2,93	2,53	-33%	37,19	32,23	21,25	-43%
45	São José da Barra	-	-	2,48	2,07	-17%	-	-	-	-
46	São Pedro da União	3,03	2,6	2,63	2,07	-21%	28,96	26,42	22,08	-24%
47	Serrania	4,18	3,18	2,71	2,33	-44%	20,91	29,33	15,34	-27%
48	Três Pontas	3,37	3,1	2,37	2,38	-29%	29,04	30,82	20,53	-29%
<b>MÉDIA</b>		<b>3,38</b>	<b>3,05</b>	<b>2,82</b>	<b>2,36</b>	<b>-30%</b>	<b>27,92</b>	<b>25,94</b>	<b>18,54</b>	<b>-34%</b>

(Fonte: IBGE, 2009)

Esse comportamento pode ser entendido como decorrente da dinâmica de retração populacional observada em muitos municípios da bacia, haja vista, que a diminuição da natalidade não está acompanhada do aumento de mortalidade infantil, por isso, pode não estar diretamente relacionada a processos sociais ou econômicos, mas sim demográficos. A mortalidade infantil é o índice de crianças menores de um ano de idade que morrem por mil nascidos vivos durante o período de um ano.

Em todos os municípios da bacia GD3 se observou a diminuição das taxas de mortalidade infantil entre 1991 e 2000, porém considerando os dados de 2005 do Caderno de Informações de Saúde para Minas Gerais (Ministério da Saúde, 2009) (Tabela 4.8), alguns municípios tiveram um aumento na mortalidade infantil, principalmente Guaxupé que em 1991 tinham uma taxa de 23,03, evoluindo para 26,50 em 2005, resultando em 15% de acréscimo. O município de Pimenta também apresentou aumento na mortalidade infantil em relação ao ano de 1991, com 29% e 12%, respectivamente. Por outro lado, o município de Paraguaçu apresenta a maior redução no período considerado, com 37,08 em 1991 e 3,9 em 2005, correspondendo a -89% de mortalidade infantil. Essa redução também é observada em Nova Resende (-87%), Cabo Verde (-86%), Muzambinho (-83%), Campestre (-82%). Os demais municípios da bacia tiveram índices inferiores à -80. Vale ressaltar, que a mortalidade é resultado de uma série de processos sociais, econômicos e demográficos complexos.

Gomes *et al.* (2006) analisaram os fatores determinantes da mortalidade infantil entre os municípios brasileiros em 1991 e 2000, no Brasil como um todo e na Região Sudeste, concluíram que “mesmo levando em conta fatores econômicos como renda, pobreza e desigualdade e fatores demográficos como a fecundidade, a educação teve papel destacado em nossas análises empíricas. Os resultados indicam que o nível educacional pode ser uma variável chave para o enfrentamento do problema”. No entanto, é imperativo salientar a necessidade de estruturação de programas que tem forte potencial de atuação na redução da mortalidade infantil, tais como: Assistência à Criança, Saúde da Mulher, Imunização, Aleitamento Materno, entre outros.

Tabela 4.8. Mortalidade infantil nos municípios da bacia GD3

ORDEM	MUNICÍPIOS	MORTALIDADE ATÉ UM ANO DE IDADE, 1991 <sup>1</sup>	MORTALIDADE ATÉ UM ANO DE IDADE, 2000 <sup>1</sup>	MORTALIDADE ATÉ UM ANO DE IDADE, 2005 <sup>2</sup>	EVOLUÇÃO NO PERÍODO
1	Aguanil	36,27	20,68	-	-43%
2	Alfenas	20,84	11,44	11,30	-46%
3	Alpinópolis	26,65	18,79	23,90	-10%
4	Alterosa	30,63	27,97	10,00	-67%
5	Areado	30,63	22,67	12,70	-59%
6	Boa Esperança	26,83	19,6	25,00	-7%
7	Botelhos	26,29	16,82	13,00	-51%
8	Cabo Verde	40,76	33,46	5,60	-86%
9	Camacho	46,67	27,52	-	-41%
10	Campestre	35,96	21,91	6,60	-82%
11	Campo Belo	29,12	19,07	8,50	-71%
12	Campo do Meio	35,41	22,25	18,60	-47%
13	Campos Gerais	34,12	22,02	9,50	-72%
14	Cana Verde	36,27	19,07	22,00	-39%
15	Candeias	29,12	27,5	17,20	-41%
16	Capitólio	26,65	17,7	21,10	-21%
17	Carmo do Rio Claro	33,7	17,89	-	-47%
18	Conceição da Aparecida	30,63	17,89	7,30	-76%
19	Congonhal	30,32	30,02	23,00	-24%
20	Coqueiral	28,35	22,25	8,20	-71%
21	Córrego Fundo	34,7	27,52	-	-21%
22	Cristais	24,42	20,68	-	-15%
23	Divisa Nova	30,63	27,97	24,70	-19%
24	Espírito Santo do Dourado	29,2	24,17	-	-17%
25	Fama	30,63	17,89	-	-42%
26	Formiga	34,73	16,65	12,60	-64%
27	Guapé	29,4	22,25	11,90	-60%
28	Guaxupé	23,03	18,66	26,50	15%
29	Ilicínea	23,89	22,25	19,70	-18%
30	Ipuiúna	32,11	18,21	-	-43%
31	Itapecerica	31,92	21,19	14,00	-56%
32	Juruáia	25,58	22,27	6,80	-73%
33	Machado	30,63	22,67	12,80	-58%
34	Monte Belo	40,79	33,46	11,50	-72%
35	Muzambinho	23,03	19,92	3,80	-83%
36	Nepomuceno	39,45	24,89	8,80	-78%
37	Nova Resende	40,79	33,46	5,50	-87%
38	Paraguaçu	37,08	17,89	3,90	-89%
39	Perdões	29,12	16,15	20,60	-29%
40	Pimenta	27,89	20,29	31,30	12%
41	Poço Fundo	30,83	20,6	9,40	-70%
42	Santa Rita de Caldas	30,7	21,91	-	-29%
43	Santana da Vargem	42,36	27,28	18,00	-58%
44	São João da Mata	25,26	16,4	-	-35%
45	São José da Barra	31,23	17,7	11,60	-63%
46	São Pedro da União	40,27	23,35	-	-42%
47	Serrania	37,08	24,57	36,00	-3%
48	Três Pontas	30,8	22,34	17,90	-42%
<b>MÉDIA</b>		<b>31,72</b>	<b>22,06</b>	<b>14,89</b>	<b>-53%</b>

(Fonte: Fundação João Pinheiro, 2003b; Ministério da Saúde, 2009)

Ao contrário da mortalidade infantil, a esperança de vida ao nascer tem crescido nas últimas décadas na bacia GD3. Em 1970 a esperança de vida de uma pessoa na bacia chegava 52,24 anos em média, passando para 72,41 anos, conforme dados do IBGE (Figura 4.11 e Tabela 4.9).

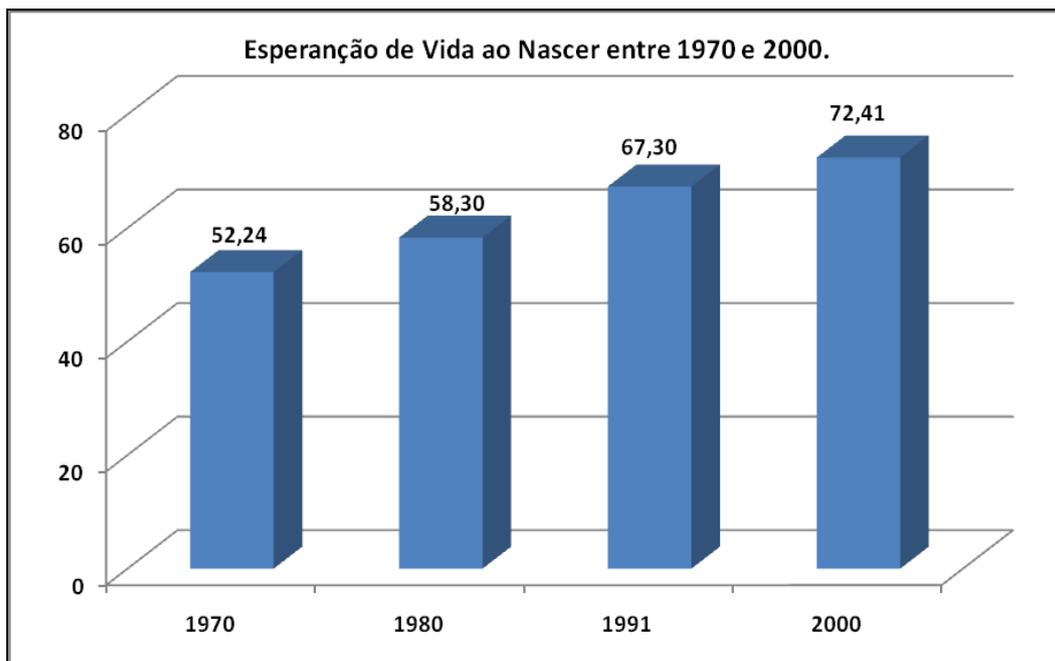


Figura 4.11. Evolução da Esperança de Vida ao Nascer média na bacia GD3 entre os anos de 1970 e 2000  
(Fonte: IBGE, 2009).

Esse aumento ocorreu em todos os municípios da unidade de planejamento GD3, sendo os que mais se destacaram nesse item em 2000 foram Alfenas com 76,85 anos, Botelhos com 74,41 anos e Perdões com 74,70 anos. Vale ressaltar, que o município de Campo Belo apresentou o maior crescimento no período analisado, com 57% e 73,48 anos esperança de vida, seguido de Cristais com 52% no período e 72,85 anos. Porém, é necessário destacar os menores crescimentos na esperança de vida ao nascer entre os anos de 1970 e 2000, sendo eles: Alterosa com 23% (57,89 em 1970 para 72,33 em 2000) e Aguanil com 26% no período (57,68 em 1970 para 72,85 em 2000). Já os municípios de Cabo Verde, Monte Belo e Nova Resende tiveram a menor esperança de vida ao nascer em 2007 com 68,48 anos.

**Tabela 4.9. Evolução da Esperança de Vida ao Nascer entre os anos de 1970 e 2000**

ORDEM	MUNICÍPIOS	ESPERANÇA DE VIDA				EVOLUÇÃO NO PERÍODO
		1970	1980	1991	2000	
1	Aguanil	57,68	58,90	65,67	72,85	26%
2	Alfenas	51,03	61,44	71,41	76,85	51%
3	Alpinópolis	53,50	57,63	69,06	73,60	38%
4	Alterosa	57,19	60,25	67,59	70,23	23%
5	Areado	51,81	59,89	67,59	72,10	39%
6	Boa Esperança	51,13	59,29	68,99	73,27	43%
7	Botelhos	52,71	58,38	69,19	74,41	41%
8	Cabo Verde	50,48	53,36	64,27	68,48	36%
9	Camacho	51,00	60,12	62,54	70,38	38%
10	Campestre	52,27	57,31	65,77	72,38	38%
11	Campo Belo	46,79	57,91	68,13	73,48	57%
12	Campo do Meio	50,10	58,50	65,95	72,25	44%
13	Campos Gerais	51,35	55,29	66,38	72,34	41%
14	Cana Verde	48,90	58,00	65,67	73,48	50%
15	Candeias	49,97	59,03	68,13	70,39	41%
16	Capitólio	51,57	61,19	69,06	74,04	44%
17	Carmo do Rio Claro	53,34	57,20	66,53	73,96	39%
18	Conceição da Aparecida	51,97	59,19	67,59	73,96	42%
19	Congonhal	52,41	58,30	68,13	69,56	33%
20	Coqueiral	51,58	58,80	68,42	72,25	40%
21	Córrego Fundo	-	-	66,19	70,38	6%
22	Cristais	47,99	59,09	69,93	72,85	52%
23	Divisa Nova	47,44	59,45	67,59	70,23	48%
24	Espírito Santo do Dourado	54,22	55,32	68,10	71,55	32%
25	Fama	51,84	62,43	67,59	73,96	43%
26	Formiga	49,39	59,52	66,18	74,48	51%
27	Guapé	51,73	61,80	68,03	72,25	40%
28	Guaxupé	51,55	56,45	70,49	73,65	43%
29	Ilicínea	55,85	58,03	70,14	72,25	29%
30	Ipuiúna	50,03	61,58	67,07	73,83	48%
31	Itapecerica	54,95	60,81	67,13	72,66	32%
32	Juruáia	54,86	58,09	69,47	72,25	32%
33	Machado	51,83	56,09	67,59	72,10	39%
34	Monte Belo	52,36	54,39	64,26	68,48	31%
35	Muzambinho	53,20	56,98	70,49	73,15	37%
36	Nepomuceno	53,78	58,83	64,67	71,29	33%
37	Nova Resende	54,08	56,93	64,26	68,48	27%
38	Paraguaçu	52,42	57,66	65,42	73,96	41%
39	Perdões	51,27	57,66	68,13	74,70	46%
40	Pimenta	56,05	57,97	68,59	73,00	30%
41	Poço Fundo	55,66	57,07	67,52	72,88	31%
42	Santa Rita de Caldas	-	-	67,56	72,38	-
43	Santana da Vargem	52,84	58,03	63,79	70,47	33%
44	São João da Mata	-	-	69,59	74,59	-
45	São José da Barra	-	-	67,38	74,04	10%
46	São Pedro da União	-	-	64,42	71,85	-
47	Serrania	52,99	56,55	65,42	71,41	35%
48	Três Pontas	53,22	56,35	67,53	72,22	36%
<b>MÉDIA</b>		<b>52,24</b>	<b>58,30</b>	<b>67,30</b>	<b>72,41</b>	<b>39%</b>

Na unidade de gestão se observa um aumento no número de domicílios de 183% entre os anos de 1970 e 2007, apresentando naquele ano 2.259 domicílios, e neste 6.396, um aumento de 4.137 novas moradias (Tabela 4.10). Em 1970 somente Formiga tinha mais 8.000 domicílios (Figura 4.12). Em 2007, 10 municípios apresentam mais de 8.000 domicílios, sendo Alfenas com 26.866 e Formiga com 24.776 domicílios (Figura 4.13 e Tabela 4.10). Como pode ser observado na Figura 4.12, eram 27 municípios com menos de 2.000 domicílios em 1970, caindo para apenas 6 em 2007 (Figura 4.13), sendo eles: Camacho (1.145 domicílios), Fama (1.213 domicílios), Espírito Santo do Dourado (1.650 domicílios), Aguanil (1.931 domicílios), Divisa Nova (1.979 domicílios) e São João da Mata (953 domicílios). Os municípios de Três Pontas e Alfenas tiveram aumento considerável de moradias no período analisado, com 385% e 364%, respectivamente.

Esse comportamento deve ser acompanhado de investimento para a melhoria dos sistemas de saneamento, habitação e infra-estrutura, pois o que se tem observado é que esse crescimento tem sido de forma desordenada, causando uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais, principalmente na degradação dos recursos hídricos urbanos, com a retirada das matas ciliares, lançamento de esgotos nos córregos e canalização dos cursos d'água, entre outros problemas.

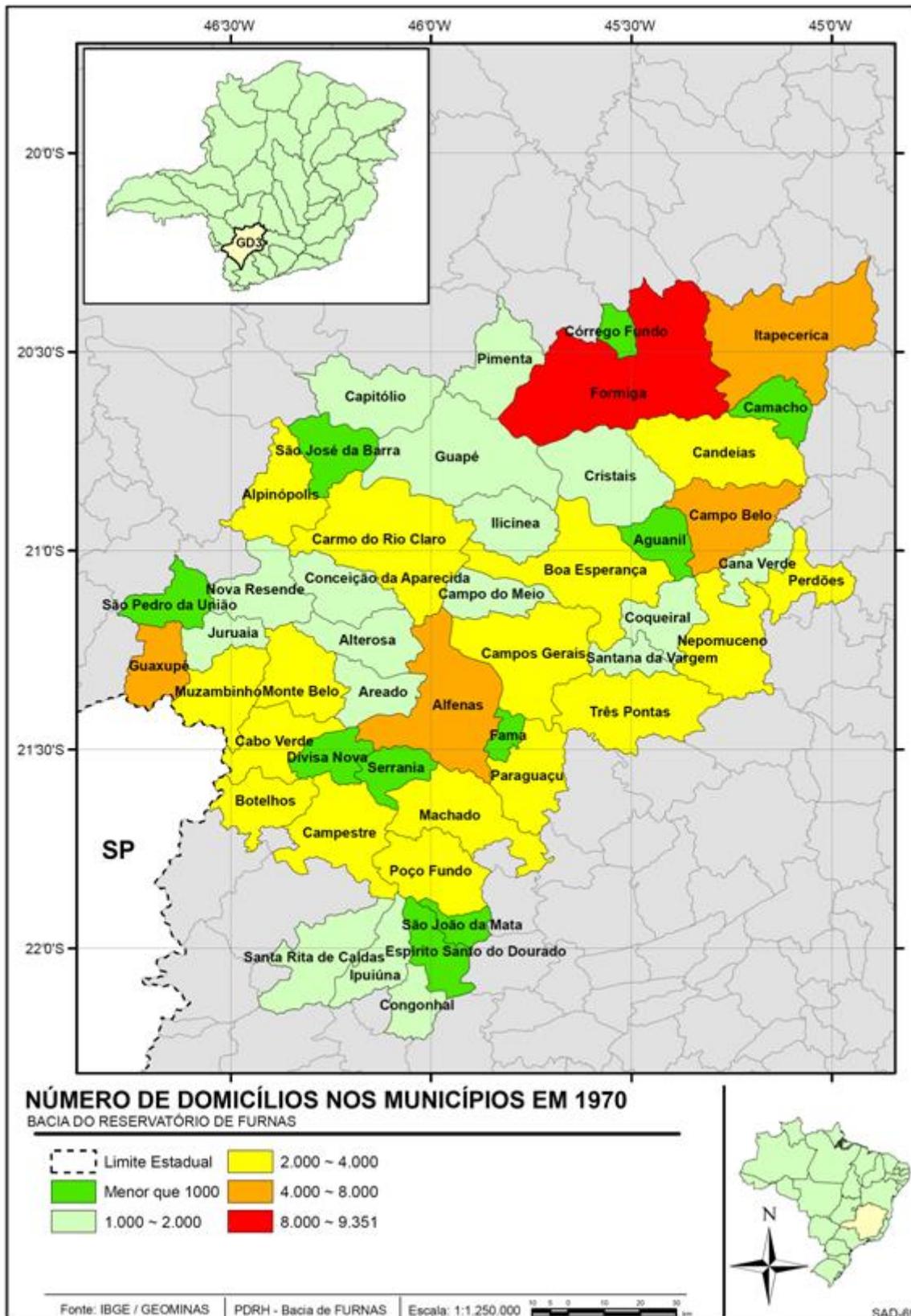


Figura 4.12. Número de Domicílios nos municípios da bacia GD3 em 1970 (Fonte: IBGE, 2009).

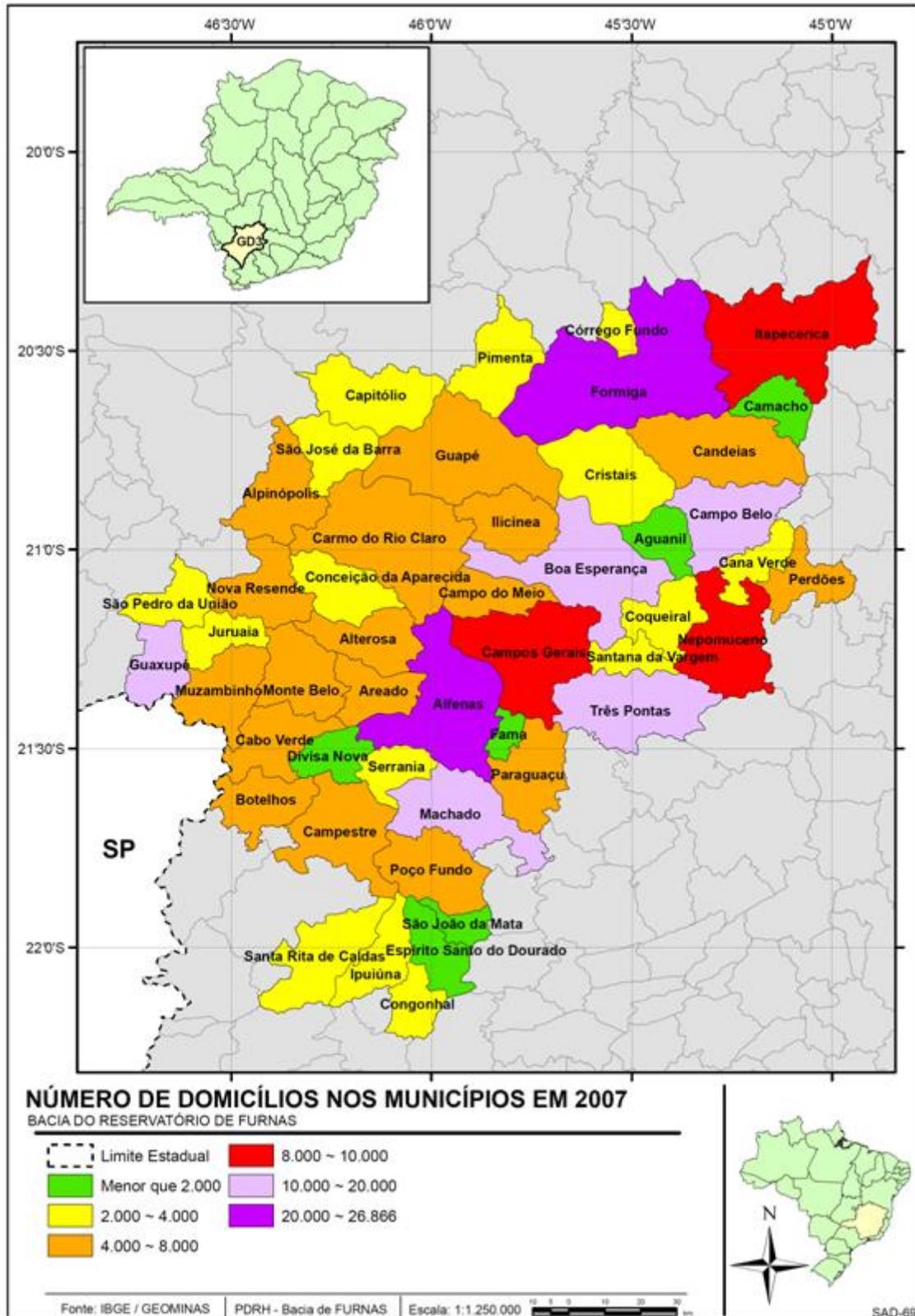


Figura 4.13. Número de Domicílios nos municípios da bacia GD3 em 2007 (Fonte: IBGE, 2009).

Tabela 4.10. Número de Domicílios nos municípios da bacia GD3 entre os anos de 1970 e 2007

ORDEM	MUNICÍPIOS	NÚMERO DE DOMICÍLIOS					EVOLUÇÃO NO PERÍODO
		1.970	1.980	1.991	2.000	2.007	
1	Aguanil	594	769	884	1.749	1.931	225%
2	Alfenas	5.543	8.469	13.106	25.566	26.866	385%
3	Alpinópolis	2.847	3.651	4.930	5.945	6.381	124%
4	Alterosa	1.609	2.291	2.993	4.663	5.089	216%
5	Areado	1.175	2.092	2.748	4.466	4.872	315%
6	Boa Esperança	3.928	5.446	7.914	11.618	12.505	218%
7	Botelhos	2.549	2.973	3.629	5.294	5.739	125%
8	Cabo Verde	2.089	2.506	2.941	4.735	4.937	136%
9	Camacho	625	731	893	1.122	1.145	83%
10	Campestre	2.941	3.814	4.470	6.769	7.412	152%
11	Campo Belo	5.925	8.742	11.852	17.425	18.827	218%
12	Campo do Meio	1.537	1.913	2.546	3.750	4.002	160%
13	Campos Gerais	3.496	4.319	5.576	8.755	9.738	179%
14	Cana Verde	968	1.175	1.406	2.067	2.179	125%
15	Candeias	2.776	3.031	3.653	5.549	6.118	120%
16	Capitólio	1.101	1.250	1.846	3.711	3.613	228%
17	Carmo do Rio Claro	2.665	3.146	4.275	7.007	7.434	179%
18	Conceição da Aparecida	1.464	1.756	2.223	3.457	3.587	145%
19	Congonhal	1.014	1.185	1.682	3.074	3.665	261%
20	Coqueiral	1.364	1.725	2.193	3.283	3.328	144%
21	Córrego Fundo	-	-	-	1.805	2.015	12%
22	Cristais	1.658	1.905	2.294	3.705	3.947	138%
23	Divisa Nova	679	843	1.186	1.980	1.979	191%
24	Espírito Santo do Dourado	635	734	992	1.571	1.650	160%
25	Fama	400	439	540	1.136	1.213	203%
26	Formiga	9.351	11.719	15.893	22.369	24.776	165%
27	Guapé	1.784	2.346	2.859	4.854	5.076	185%
28	Guaxupé	4.915	6.896	9.889	15.137	16.570	237%
29	Ilicínea	1.250	1.658	2.222	3.743	4.142	231%
30	Ipuiúna	1.183	1.441	1.898	3.018	3.144	166%
31	Itapecerica	4.140	4.755	5.489	7.543	8.306	101%
32	Juruiaia	971	1.133	1.533	2.431	2.652	173%
33	Machado	3.915	5.581	7.307	11.505	12.896	229%
34	Monte Belo	2.342	2.658	3.269	4.459	4.546	94%
35	Muzambinho	2.842	3.403	4.530	7.137	7.492	164%
36	Nepomuceno	3.647	4.494	5.739	7.964	8.601	136%
37	Nova Resende	1.810	2.214	2.970	4.713	5.098	182%
38	Paraguaçu	2.332	3.105	4.068	6.525	6.402	175%
39	Perdões	2.504	3.146	4.114	6.392	6.568	162%
40	Pimenta	990	1.179	1.691	3.021	3.372	241%
41	Poço Fundo	2.428	2.793	3.553	5.142	5.569	129%
42	Santa Rita de Caldas	1.807	2.027	2.402	-	3.435	90%
43	Santana da Vargem	956	1.253	1.513	2.355	2.451	156%
44	São João da Mata	398	419	623	-	953	139%
45	São José da Barra	-	-	-	2.175	2.421	11%
46	São Pedro da União	954	1136	1393	-	2284	139%
47	Serrania	875	1.214	1.555	2.351	2.548	191%
48	Três Pontas	2.927	7.758	10.622	15.725	17.524	499%
<b>MÉDIA</b>		<b>2.259</b>	<b>2.983</b>	<b>3.954</b>	<b>6.195</b>	<b>6.396</b>	<b>183%</b>

## 4.2 Aspectos socioeconômicos

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é calculado a partir de dados relacionados ao nível de educação, expectativa de vida e renda. Os resultados apresentados na Tabela 4.11 mostram que a média do IDH da região é de 0,76. Todos os municípios da bacia, com exceção de Alfenas e Muzambinho, apresentam IDH abaixo de 0,8, classificando-os como IDH médio. O sub-índice educação e longevidade foram os que mais contribuíram na qualificação final dos municípios. Já o sub-índice renda foi o que apresentou os menores valores. São vários os fatores que ajudam a explicar os baixos valores do sub-índice renda, entre os quais se destaca a concentração da terra e baixo nível de escolaridade. Em relação à educação, todos os municípios possuem estabelecimentos de ensino fundamental e médio ofertados, principalmente pelos setores público, estadual e municipal. O ensino superior é oferecido em alguns municípios por instituições privadas e do Estado. Neste último se destacam a Universidade Federal de Alfenas e as Escolas Agrotécnicas Federais de Machado e Muzambinho. Apesar da boa oferta de serviços educacionais, a região apresenta taxas de analfabetismo significativas. Ao se analisar a Tabela 4.12 pode-se observar que em 1991 a média de analfabetos entre adultos com mais de 25 anos e jovens entre 7 e 24 anos é de 23,38% e 23,31%, respectivamente. É importante destacar que essas taxas tiveram uma melhora no ano de 2000, quando a taxa de analfabetismo caiu para 16,01 entre os adultos com mais de 25 anos e 8,96 entre os jovens de 7 a 24 anos

Quando se analisa a taxa de escolarização por grupos de idade (Tabela 4.13) pode-se observar que em média a maior percentagem está entre 7 e 14 anos (94,2%). Levando-se em consideração esta faixa etária, este resultado sugere que na região a maior parte população entre 7 a 14 anos possui ensino fundamental. Já a população entre 15 e 17 anos apresenta uma taxa média de escolaridade de 63,9%, o que sugere que mais da metade desta população possui ensino médio. As taxas de escolarização são menores entre os grupos de idade com mais de 25 anos. O total de resultados sobre taxa de escolarização mostra que, em média na região, 24,5% da população possui algum nível de escolarização. Este baixo nível de escolaridade sugere que uma parte da população tem pouco acesso à informação fornecida nos centros de educação sobre temas ambientais. A afirmação parte do pressuposto que, em todos os centros educacionais em alguns dos níveis educacionais, sejam oferecidos - ou como disciplina ou como tema de aula - assuntos relacionados à educação ambiental, o qual nem sempre é verdadeiro. Estes resultados nos dão idéia de que, de forma geral, a população tem

pouco acesso à informação sobre meio ambiente e que seu comportamento, em relação a estas questões, poderia ser modificado incorporando esta temática nas grades curriculares das escolas e por meio de campanhas maciças de educação ambiental para toda a população.

Tabela 4.11. Índice de Desenvolvimento Humano por Municípios

MUNICÍPIOS	IDH SUBÍNDICE EDUCAÇÃO	IDH SUBÍNDICE LONGEVIDADE	IDH SUBÍNDICE RENDA	IDH MUNICIPAL
Aguanil	0,771	0,797	0,654	0,741
Alfenas	0,869	0,864	0,754	0,829
Alpinópolis	0,839	0,81	0,688	0,779
Alterosa	0,799	0,754	0,655	0,736
Areado	0,841	0,785	0,713	0,78
Boa Esperança	0,832	0,805	0,713	0,783
Botelhos	0,792	0,824	0,745	0,787
Cabo Verde	0,781	0,725	0,74	0,749
Camacho	0,764	0,756	0,574	0,698
Campestre	0,806	0,79	0,681	0,759
Campo Belo	0,83	0,808	0,69	0,776
Campo do Meio	0,803	0,788	0,657	0,749
Campos Gerais	0,798	0,789	0,665	0,751
Cana Verde	0,785	0,808	0,649	0,747
Candeias	0,749	0,757	0,664	0,723
Capitólio	0,841	0,817	0,696	0,785
Carmo do Rio Claro	0,831	0,816	0,669	0,772
Conceição da Aparecida	0,811	0,816	0,724	0,784
Congonhal	0,773	0,743	0,661	0,726
Coqueiral	0,812	0,788	0,655	0,752
Córrego Fundo	0,805	0,756	0,63	0,73
Cristais	0,781	0,797	0,685	0,754
Divisa Nova	0,792	0,754	0,659	0,735
Espírito Santo do Dourado	0,79	0,776	0,66	0,742
Fama	0,84	0,816	0,702	0,786
Formiga	0,855	0,825	0,698	0,793
Guapé	0,82	0,788	0,649	0,752
Guaxupé	0,852	0,811	0,725	0,796
Ilicínea	0,807	0,788	0,68	0,758
Ipuiúna	0,803	0,814	0,735	0,784
Itapecerica	0,819	0,794	0,676	0,763
Juruáia	0,794	0,787	0,685	0,755
Machado	0,85	0,785	0,733	0,789
Monte Belo	0,791	0,725	0,667	0,728
Muzambinho	0,859	0,802	0,742	0,801
Nepomuceno	0,798	0,772	0,672	0,747
Nova Resende	0,762	0,725	0,695	0,727
Paraguaçu	0,839	0,816	0,71	0,788
Perdões	0,836	0,828	0,687	0,784
Pimenta	0,817	0,8	0,687	0,768
Poço Fundo	0,827	0,798	0,696	0,774
Santa Rita de Caldas	0,828	0,79	0,687	0,768
Santana da Vargem	0,795	0,758	0,694	0,749
São João da Mata	0,815	0,826	0,678	0,773
São José da Barra	0,848	0,817	0,712	0,792
São Pedro da União	0,78	0,781	0,673	0,745
Serrania	0,805	0,773	0,658	0,745
Três Pontas	0,821	0,787	0,711	0,773
<b>Média da região</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,69</b>	<b>0,76</b>

Tabela 4.12. Taxa de analfabetismo nos anos 1991 e 2000

MUNICÍPIOS	1991		2000	
	MAIS DE 25 ANOS	7 A 24 ANOS	MAIS DE 25 ANOS	7 A 24 ANOS
	ADULTOS	JOVENS	ADULTOS	JOVENS
Aguanil	29,13	24,88	19,87	10,22
Alfenas	13,91	22,75	10,11	6,51
Alpinópolis	21,29	22,57	13,59	9,3
Alterosa	27,92	27,69	17,37	7,86
Areado	21,04	20,33	14,77	7,23
Boa Esperança	20,34	22,38	15,49	9,56
Botelhos	23,65	18,67	16,66	5,7
Cabo Verde	26,96	30,05	17,29	7,79
Camacho	38,25	40,2	26,09	7,08
Campestre	22,44	15,92	12,64	9,99
Campo Belo	21,61	16,64	13,78	10,44
Campo do Meio	24,26	25,27	19,09	9,34
Campos Gerais	24,61	30,34	19,72	9,01
Cana Verde	29,26	26,63	18,91	8,79
Candeias	34,54	30,24	22,52	10,41
Capitólio	18,82	15,45	12,81	6,31
Carmo do Rio Claro	23,02	18,15	13,41	10,94
Conceição da Aparecida	20,38	19,45	15,38	6,47
Congonhal	28,79	24,74	17,04	13,68
Coqueiral	21,96	25,71	14,56	7,23
Córrego Fundo	26,23	20,84	14,53	5,96
Cristais	25,04	24,64	18,69	9,74
Divisa Nova	26,27	34,07	21,34	14,47
Espírito Santo do Dourado	27,04	18,88	19,36	8,49
Fama	16,02	19,5	13,64	7,89
Formiga	17,53	14,24	10,97	6,61
Guapé	22,9	19,91	15,25	6,91
Guaxupé	17,35	15,42	12,32	10,55
Ilicínea	24,42	20,62	19,42	9,49
Ipuiúna	27,73	24,81	17,15	12,33
Itapeçerica	22,69	23,21	14,91	3,99
Juruáia	21,11	16,37	15,17	7,92
Machado	19,57	21,41	13,83	10,72
Monte Belo	29,96	29,88	18,67	10,15
Muzambinho	14,3	20,21	11,02	6,86
Nepomuceno	23,67	35,13	16,64	13,73
Nova Resende	27,69	25,17	17,85	8,72
Paraguaçu	17,85	25,33	10,64	4,66
Perdões	21,77	21,09	14,03	6,67
Pimenta	23,47	30,71	14,79	10,37
Poço Fundo	16,07	17,9	12,09	6,2
Santa Rita de Caldas	20,46	19,64	12,87	6,01
Santana da Vargem	26,07	23,25	18,42	10,48
São João da Mata	21,82	27,1	16,1	8,5
São José da Barra	16,07	11,35	11,49	5,26
São Pedro da União	29,78	23,08	20,69	12,75
Serrania	25,7	35,3	19,61	11,74
Três Pontas	21,63	21,84	15,67	10,09
<b>Média da região</b>	<b>23,38</b>	<b>23,31</b>	<b>16,01</b>	<b>8,96</b>

(Fonte: Fundação João Pinheiro, 2003b)

Tabela 4.13. Taxa de escolarização (%) por grupos de idade

MUNICÍPIOS	TOTAL	GRUPOS DE IDADE				
		0 A 6 ANOS	7 A 14 ANOS	15 A 17 ANOS	18 A 24 ANOS	25 ANOS OU +
Aguanil	23,2	32,1	91,8	58,2	20,6	2,1
Alfenas	28,3	31,6	96,8	72,3	29,6	2,7
Alpinópolis	25,3	23,5	96,0	66,0	20,3	2,3
Alterosa	23,8	25,7	95,1	50,0	19,4	2,0
Areado	25,9	32,9	97,4	70,5	22,4	1,0
Boa Esperança	27,8	28,9	93,9	65,9	27,1	2,2
Botelhos	20,5	14,3	90,3	53,8	15,3	0,8
Cabo Verde	22,3	24,2	89,8	51,4	16,9	1,2
Camacho	26,5	9,8	96,1	74,0	22,2	2,3
Campestre	21,7	24,3	92,2	52,0	16,4	1,9
Campo Belo	25,3	31,4	96,5	66,7	26,0	2,6
Campo do Meio	24,6	25,1	95,9	64,0	14,5	1,2
Campos Gerais	26,9	25,4	93,6	65,4	24,7	1,8
Cana Verde	23,5	22,5	95,3	71,4	15,6	1,4
Candeias	21,8	24,9	90,8	56,9	18,5	2,1
Capitólio	22,4	25,9	96,3	59,1	22,0	1,9
Carmo do Rio Claro	25,2	17,6	96,1	75,9	23,1	2,6
Conceição da Aparecida	22,7	26,3	88,5	57,4	15,6	2,3
Congonhal	22,1	29,3	96,9	60,4	14,5	1,6
Coqueiral	26,1	28,3	91,7	60,1	20,9	2,6
Córrego Fundo	23,4	14,5	97,7	67,4	14,4	1,1
Cristais	22,8	30,9	93,5	51,3	18,2	1,2
Divisa Nova	27,3	36,9	90,4	53,6	19,9	2,6
Espírito Santo do Dourado	21,2	23,9	92,7	65,2	18,8	1,7
Fama	24,5	26,8	97,0	69,3	26,0	1,6
Formiga	25,5	29,8	96,9	73,5	25,5	2,2
Guapé	24,5	25,7	93,2	65,9	16,5	1,5
Guaxupé	28,4	36,4	95,4	71,5	31,5	3,3
Illicínea	25,3	20,8	95,6	62,8	18,7	2,3
Ipuiúna	23,2	23,5	93,3	71,0	18,6	1,7
Itapecerica	26,9	40,6	97,4	78,2	25,0	2,1
Juruáia	22,8	20,0	90,8	50,1	11,3	0,9
Machado	28,6	27,5	93,8	70,4	28,7	4,4
Monte Belo	23,1	24,4	92,2	61,2	19,1	1,8
Muzambinho	24,3	16,9	96,6	69,9	27,7	1,9
Nepomuceno	25,8	23,0	95,1	68,2	25,0	1,3
Nova Resende	19,4	12,4	83,8	45,3	11,0	1,0
Paraguaçu	25,8	26,9	96,6	56,6	20,1	2,2
Perdões	26,6	31,1	98,4	78,7	27,0	2,2
Pimenta	23,6	24,1	95,4	55,8	21,3	2,1
Poço Fundo	21,0	23,4	92,3	52,8	22,5	1,6
Santa Rita de Caldas	20,0	24,1	95,2	65,0	15,2	0,8
Santana da Vargem	24,1	22,6	93,2	58,0	16,0	1,6
São João da Mata	26,3	33,0	97,2	86,9	24,4	1,3
São José da Barra	31,1	27,5	98,7	78,7	36,6	2,2
São Pedro da União	21,9	25,3	89,7	57,2	13,9	1,5
Serrania	25,8	26,9	94,3	62,5	17,6	1,3
Três Pontas	26,9	27,9	92,4	67,6	26,4	2,4
<b>Média da região</b>	<b>24,5</b>	<b>25,6</b>	<b>94,2</b>	<b>63,9</b>	<b>20,9</b>	<b>1,9</b>

(Fonte: IBGE, 2009).

\* Percentagem dos estudantes de um grupo etário em relação ao total de pessoas de um mesmo grupo etário.

Com relação às atividades econômicas da região, a Tabela 4.14 mostra a conformação do Produto Interno Bruto (PIB) por setor econômico (Agropecuária, Indústria e Serviço). Como se pode observar, o setor serviço é responsável por 53% de toda a riqueza gerada, seguido das atividades agropecuárias (28%) e indústria (19%).

Tabela 4.14. Produto Interno Bruto por setores da economia

MUNICÍPIOS	PIB AGROPECUÁRIA	%	PIB INDÚSTRIA	%	PIB SERVIÇO	%	PIB TOTAL
Aguanil	9.098	39,2	1.881	8,1	12.251	52,7	23.230
Alfenas	116.523	16,5	152.727	21,6	438.184	61,9	707.434
Alpinópolis	41.139	29,0	25.491	18,0	75.116	53,0	141.746
Alterosa	25.438	34,2	6.103	8,2	42.870	57,6	74.412
Areado	25.410	30,9	7.450	9,0	49.491	60,1	82.352
Boa Esperança	106.032	33,2	23.317	7,3	189.936	59,5	319.285
Botelhos	53.825	47,8	7.394	6,6	51.385	45,6	112.604
Cabo Verde	79.966	57,9	6.166	4,5	52.000	37,6	138.132
Camacho	22.391	64,2	1.183	3,4	11.293	32,4	34.867
Campestre	72.281	41,3	11.929	6,8	90.966	51,9	175.175
Campo Belo	41.298	12,3	72.282	21,5	221.867	66,1	335.446
Campo do Meio	30.506	43,6	4.029	5,8	35.404	50,6	69.939
Campos Gerais	87.000	43,6	13.695	6,9	98.781	49,5	199.476
Cana Verde	12.110	39,8	2.476	8,1	15.856	52,1	30.442
Candeias	29.512	32,4	10.873	12,0	50.571	55,6	90.956
Capitólio	17.435	28,7	8.325	13,7	34.908	57,5	60.668
Carmo do Rio Claro	98.624	50,6	11.447	5,9	84.845	43,5	194.917
Conceição da Aparecida	46.309	54,2	4.170	4,9	34.952	40,9	85.432
Congonhal	7.056	11,0	23.896	37,4	33.008	51,6	63.961
Coqueiral	40.561	54,9	3.206	4,3	30.108	40,8	73.875
Córrego Fundo	4.659	7,2	33.339	51,5	26.763	41,3	64.762
Cristais	41.370	50,1	5.523	6,7	35.747	43,3	82.640
Divisa Nova	17.489	47,1	2.442	6,6	17.215	46,3	37.147
Espírito Santo do Dourado	13.102	47,5	2.058	7,5	12.395	45,0	27.555
Fama	8.667	45,7	1.102	5,8	9.191	48,5	18.960
Formiga	50.129	10,6	69.426	14,7	352.097	74,7	471.653
Guapé	30.432	40,8	5.291	7,1	38.779	52,1	74.503
Guaxupé	49.731	6,9	261.504	36,4	406.518	56,6	717.752
Ilicínea	40.663	51,4	5.436	6,9	32.973	41,7	79.071
Ipuiúna	27.889	43,9	4.534	7,1	31.088	48,9	63.511
Itapecerica	18.541	16,1	23.045	20,1	73.350	63,8	114.937
Juruáia	28.564	49,2	4.525	7,8	25.008	43,0	58.097
Machado	91.790	21,5	106.702	24,9	229.310	53,6	427.802
Monte Belo	35.127	37,1	18.139	19,1	41.489	43,8	94.754
Muzambinho	51.069	28,2	16.821	9,3	112.905	62,4	180.795
Nepomuceno	113.592	51,3	12.426	5,6	95.482	43,1	221.500
Nova Resende	70.966	55,1	6.070	4,7	51.683	40,2	128.719
Paraguaçu	60.232	35,4	25.714	15,1	84.403	49,5	170.349
Perdões	31.908	19,5	34.685	21,2	97.110	59,3	163.703
Pimenta	27.503	42,3	3.537	5,4	34.006	52,3	65.046
Poço Fundo	31.748	34,1	11.736	12,6	49.646	53,3	93.129
Santa Rita de Caldas	30.933	44,6	6.394	9,2	32.067	46,2	69.394
Santana da Vargem	49.617	55,2	4.133	4,6	36.150	40,2	89.900
São João da Mata	9.427	48,3	946	4,9	9.129	46,8	19.502
São José da Barra	28.033	7,4	307.324	81,5	41.603	11,0	376.960
São Pedro da União	28.195	55,9	2.280	4,5	19.922	39,5	50.397
Serrania	22.819	41,2	8.016	14,5	24.515	44,3	55.350
Três Pontas	135.067	26,5	52.860	10,4	322.503	63,2	510.429
<b>Total</b>	<b>2.111.775</b>	<b>28,0</b>	<b>1.434.047</b>	<b>19,0</b>	<b>3.996.844</b>	<b>53,0</b>	<b>7.542.666</b>

(Fonte IBGE, 2009)

É importante destacar que a participação percentual dos setores econômicos varia entre os municípios. Dos 48 municípios que formam a bacia hidrográfica, 15 (31,3%) tem nas atividades agropecuárias sua principal fonte de riqueza, nos restantes 33 municípios a principal atividade econômica é o setor serviço. As atividades desenvolvidas por este setor estão estreitamente relacionadas com as atividades agropecuárias. Em nenhum dos 48 municípios a principal atividade econômica é o setor industrial.

No setor agrícola (Tabela 4.15) o destaque são as culturas anuais: milho (13.020ha), feijão (35.839ha), cana-de-açúcar (Figura 4. 14) com 14.971ha e arroz (6.633ha). Entre as culturas permanentes o destaque é o café (Figura 4. 15), com 296.679ha. Nas culturas anuais é comum o uso de maquinários agrícolas na preparação do solo e de pesticidas para o controle de doenças. Estes últimos são também muito utilizados na cultura de café. A utilização de maquinário agrícola tem provocado na região crescentes problemas de compactação e erosão do solo o que, por sua vez, tem favorecido o assoreamento de córregos e rios da região. O alto uso de pesticidas tem provocado contaminação com metais pesados nas diversas fontes de água, que em sua maioria desembocam no lago de Furnas.

Além das culturas mencionadas acima, na região tem-se percebido também o cultivo de culturas de girassol e mamona, assim como se pode observar nas Figura 4. 16 e Figura 4. 17.

Tabela 4.15. Principais Produtos agrícolas/ Plantação por hectare

MUNICÍPIOS	PRODUTOS AGRÍCOLAS				
	ARROZ	FEIJÃO	CANA	CAFÉ	MILHO
Aguanil	100	350	10	1.300	1.000
Alfenas	109	1.120	2.433	12.700	5.100
Alpinópolis	30	100	909	4.600	1.500
Alterosa	350	130	373	3.340	3.800
Areado	160	170	1.771	2.400	1.400
Boa Esperança	0	1.250	10	15.500	6.800
Botelhos	30	300	90	12.000	1.600
Cabo Verde	360	420	48	11.200	2.300
Camacho	42	1.200	100	1.450	1.000
Campestre	150	950	150	11.600	2.600
Campo Belo	71	1.080	90	4.600	3.000
Campo do Meio	140	360	20	5.200	3.600
Campos Gerais	550	900	0	17.200	5.200
Cana Verde	30	780	12	1.440	1.100
Candeias	140	1.600	37	6.000	3.400
Capitólio	10	450	40	670	900
Carmo do Rio Claro	460	3.750	70	15.300	7.700
Conceição da Aparecida	70	160	35	9.300	1.100
Congonhal	50	128	37	230	388
Coqueiral	0	960	15	7.200	2.000
Córrego Fundo	300	120	0	700	700
Cristais	500	1.600	5	7.200	4.000

Divisa Nova	110	140	472	2.400	800
Espírito Santo do Dourado	60	120	0	1.560	700
Fama	10	270	10	1.280	400
Formiga	450	1.800	150	3.566	8.000
Guapé	200	285	0	4.000	1.500
Guaxupé	60	90	1.275	5.550	1.300
Ilicínea	100	1.000	10	6.180	1.500
Ipuiúna	4	370	0	5	2.200
Itapecerica	70	90	500	370	2.300
Juruáia	222	280	80	5.280	2.180
Machado	130	1.000	60	15.100	5.000
Monte Belo	350	800	4.743	4.500	3.200
Muzambinho	280	2.000	30	7.000	6.050
Nepomuceno	220	1.400	35	17.500	2.500
Nova Resende	165	828	10	10.355	4.500
Paraguaçu	100	2.750	45	6.390	5.100
Perdões	30	1.000	70	4.750	1.800
Pimenta	55	530	70	1.563	4.100
Poço Fundo	50	370	100	5.900	1.807
Santa Rita de Caldas	0	700	26	150	3.000
Santana da Vargem	20	600	0	8.350	1.200
São João da Mata	30	73	60	900	530
São José da Barra	60	220	800	2.300	2.815
São Pedro da União	160	340	42	3.200	2.300
Serrania	25	105	118	2.400	1.550
Três Pontas	20	800	10	25.000	3.500
<b>TOTAL</b>	<b>6.633</b>	<b>35.839</b>	<b>14.971</b>	<b>296.679</b>	<b>130.020</b>

(Fonte: IBGE, 2009)



Figura 4. 14. Plantação de cana-de-açúcar em Areado



Figura 4. 15. Plantação de café na Rodovia BR 369, entre Ilicínea e Campo Belo



Figura 4. 16. Plantação de girassol na BR 369, entre Campos Gerais e Boa Esperança



Figura 4. 17. Plantação de mamona na Rodovia MG 179, entre Machado e Alfenas

O estudo das águas nos balneários do lago do reservatório de Furnas, realizado pelo Prof. Msc. Eduardo Luiz Tanure (Tanure, 2007) identificou níveis de contaminação com metais pesados acima dos permitidos pela Organização Mundial de Saúde. Observa-se também na região, além do alto uso de maquinários e pesticidas, um crescente uso de sistemas de irrigação tanto nas lavouras anuais quanto nas permanentes. Segundo o Perfil do Agronegócio Mineiro (2009), apresentado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais revelou que a região está passando por uma rápida e crescente substituição de culturas. Em muitos municípios, áreas com plantio de café e pastagens estão sendo substituídas pelo plantio da cana-de-açúcar. Esta substituição está provocando mudanças nas relações com os recursos naturais especialmente água.

Pequenos e médios produtores estão alugando suas terras às grandes usinas que estão se instalando na região. Aproveitando-se da pouca ou inexistente fiscalização estas empresas plantam a cana-de-açúcar muitas vezes perto de córregos provocando nestes assoreamentos e contaminação.

Além do processo de substituição de culturas, a região tem aumentado suas áreas agrícolas. Os dados da Tabela 4.16 mostram que entre os anos de 1995 e 2006 houve um aumento de 19,9% no plantio de lavouras permanentes / temporárias. Ao que tudo indica este aumento tem acontecido sobre as áreas de pastagens naturais e artificiais as quais apresentaram, no mesmo período (Tabela 4.16), uma redução de 24,4%.

As áreas de matas naturais e plantadas também apresentam mudanças, os dados da Tabela 4.16 mostram que entre os anos de 1995 e 2006 houve um aumento de 27,8% destas áreas, isto provavelmente acontece em razão do aumento das áreas de plantio de eucalipto. As mudanças no uso e ocupação do solo e o crescente uso de maquinários agrícolas e de pesticidas sugerem que os recursos hídricos da região passem por processos de redução, assoreamento e contaminação.

Tabela 4.16. Ocupação do Solo por Hectare (1995 e 2006)

MUNICÍPIOS	LAVOURAS PERMANENTES E TEMPORÁRIAS		PASTAGENS NATURAIS E ARTIFICIAIS		MATAS NATURAIS E PLANTADAS	
	1995	2006	1995	2006	1995	2006
	Aguanil	2.376	2.576	10.938	8.293	1.490
Alfenas	23.173	20.974	31.663	25.674	4.407	4.936
Alpinópolis	15.264	9.426	31.903	15.149	5.158	4.194
Alterosa	7.101	6.513	20.236	16.805	2.242	1.656
Areado	4.990	5.307	10.494	8.002	1.238	1.640
Boa Esperança	23.125	21.805	25.560	19.900	4.554	4.168
Botelhos	9.944	74.820	14.438	8.593	2.391	3.435
Cabo Verde	12.910	15.165	16.222	11.557	2.554	4.715
Camacho	2.401	2.474	15.190	10.013	1.370	1.888
Campestre	14.370	17.548	26.455	21.561	3.101	4.727
Campo Belo	6.823	6.139	30.402	23.768	2.555	4.287
Campo do Meio	9.632	6.758	4.111	3.552	2.151	828
Campos Gerais	23.701	33.416	27.136	19.008	3.290	4.978
Cana Verde	2.960	2.847	11.121	10.325	1.132	1.633
Candeias	9.154	10.212	40.699	20.846	5.397	4.726
Capitólio	3.239	3.605	20.942	14.838	1.468	3.156
Carmo do Rio Claro	18.959	14.493	35.766	20.588	4.144	4.587
Conceição da Aparecida	8.386	8.319	20.528	11.341	2.000	1.842
Congonhal	2.566	1.808	9.551	8.245	1.379	1.247
Coqueiral	8.289	8.490	10.505	10.726	1.236	1.911
Córrego Fundo	Sem dados	1.669	Sem dados	2.465	Sem dados	445
Cristais	9.172	8.737	32.947	22.768	2.961	3.228
Divisa Nova	4.545	5.040	12.359	7.320	1.484	2.167
Espírito Santo do Dourado	5.615	2.303	11.687	10.189	1.721	2.162
Fama	1.906	1.378	3.686	2.219	341	601
Formiga	12.735	14.236	71.712	47.973	9.762	14.965
Guapé	10.966	10.758	31.339	22.214	5.265	6.196
Guaxupé	12.243	8.953	7.991	5.980	2.702	3.301
Ilicínea	10.030	8.540	13.826	11.212	2.097	3.907
Ipuiúna	2.332	2.245	8.899	11.205	1.713	2.337
Itapecerica	7.845	27.791	41.484	50.897	10.707	15.549
Juruáia	5.626	5.568	9.887	8.947	736	1.398
Machado	20.101	23.830	24.832	17.364	3.734	5.379
Monte Belo	13.004	11.762	20.244	14.839	2.743	2.170
Muzambinho	9.948	11.295	16.332	13.189	1.348	1.832
Nepomuceno	16.517	16.326	23.810	15.297	2.815	2.784
Nova Resende	15.687	13.416	13.931	10.878	1.820	2.788
Paraguaçu	12.069	9.006	14.778	9.112	3.016	2.023
Perdões	5.891	5.489	14.413	10.074	1.319	1.862
Pimenta	5.405	8.346	23.158	14.916	2.441	4.104
Poço Fundo	10.546	11.007	24.867	16.533	3.460	3.051
Santa Rita de Caldas	7.248	7.282	29.358	25.148	4.084	4.710
Santana da Vargem	7.914	6.883	4.931	4.079	948	1.536
São João da Mata	2.473	2.079	7.324	4.962	884	963
São José da Barra	Sem dados	9.243	Sem dados	5.138	Sem dados	1.442
São Pedro da União	6.740	8.317	14.714	13.520	2.010	3.044
Serrania	5.903	5.236	10.630	13.750	1.360	1.896
Três Pontas	22.146	24.905	23.235	19.701	2.718	4.526
<b>TOTAL</b>	<b>453.970</b>	<b>544.335</b>	<b>926.234</b>	<b>700.673</b>	<b>127.446</b>	<b>162.938</b>

(Fonte: IBGE, 2009)

### 4.3 Aspectos socioculturais

A significativa quantidade de recursos hídricos que a região apresenta tem recriado na população, ao longo do tempo, a “cultura da abundância, a cultura da fartura” em relação a este recurso vital. Este aspecto cultural contribui para o uso irracional dos recursos hídricos. A prática do uso irracional da água, junto com o crescimento vertiginoso da maioria das cidades, faz com que este recurso natural se torne mais escasso.

Além do aumento populacional e do uso irracional, contribuem também para a escassez:

- a) A poluição dos recursos hídricos, o que implicará na diminuição da disponibilidade de água com qualidade para os diversos tipos de usos;
- b) O incremento na melhoria do bem-estar da população, item diretamente relacionado com o aumento do consumo individual de água.

A percepção sobre uma crescente escassez deste recurso tem levado uma pequena parte da população da região, a mudar o comportamento em relação a este recurso. As eventuais campanhas desenvolvidas contribuem para elevar a consciência da população sobre a importância de preservar a quantidade e a qualidade da água.

Observa-se que a consciência sobre a necessidade de preservação da água é maior na população rural, isto porque, a escassez é mais presente, com o desaparecimento de córregos e minas de água.

A crescente consciência em favor da preservação da quantidade e qualidade deste recurso tem levado as instituições públicas federais, estaduais e municipais, com interesse regional, a desenvolver eventuais campanhas de conscientização e ações que visam à redução da contaminação.

Para o desenvolvimento das campanhas de conscientização as instituições utilizam de serviços de comunicação da região e para redução da contaminação da água, destaca-se o diagnóstico ambiental da região do Lago de Furnas e o Programa de Saneamento, Drenagem Fluvial e Tratamento de resíduos, coordenados pela Associação dos Municípios do Lago de Furnas (ALAGO) em parceria com o Ministério das Cidades, Furnas Centrais Elétricas, COPASA, prefeituras da região, o Comitê de Bacia Hidrográfica e o Fórum das Instituições de Ensino, Pesquisa e Extensão para revitalização dos Municípios do Entorno do Lago de Furnas (FÓRUM LAGO), entre outras.

#### 4.4 Aspectos institucionais e legais

Levantamentos realizados junto a ALAGO - Associação dos Municípios do Lago de Furnas mostram que os municípios que compõem a região do GD3 têm como referencial legal à legislação federal e estadual, para orientar a gestão dos seus recursos hídricos. A Lei nº 9.433 de janeiro de 1997 (Brasil, 2009b), conhecida como Lei das Águas é o referencial federal, pois institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentando a estrutura de gestão dos recursos hídricos no país.

No estado de Minas Gerais a Política Estadual de Recursos Hídricos, está prevista na Lei 13.199/99 (Minas Gerais, 1999), cujo objetivo é estabelecer princípios básicos e diretrizes para o planejamento e o controle adequado do uso da água no Estado de Minas Gerais, sendo essa, e a lei federal a base legal usada nos municípios para o gerenciamento das águas.

Nos instrumentos da Lei das Águas tem-se a estruturação dos Planos de Recursos Hídricos que devem ser elaborados em três níveis: Nacional - Plano Nacional de Recursos Hídricos; Estadual - Plano Estadual de Recursos Hídricos e o das Bacias Hidrográficas - Plano de Bacia Hidrográfica.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais faz parte da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13.199/99) e está na sua segunda fase de elaboração, com término previsto para o final de 2009. Através desse plano e do Plano Diretor de Recursos Hídricos da região do GD3, os municípios terão um referencial institucional e legal para a gestão dos recursos hídricos no âmbito da bacia, tendo como base o contexto regional, respeitando as potencialidades e fragilidades do entorno de Furnas.

No entanto, outros instrumentos legais interferem diretamente na gestão das águas, tais como o Plano Diretor Municipal, obrigatório para municípios com população acima de 20.000 habitantes, inseridos em regiões metropolitanas e municípios de considerável potencial turístico, entre outras, conforme o Art. 41 da Lei 10.257 de 10/07/2001, denominada como Estatuto da Cidade por estabelecer as diretrizes gerais da política urbana nos municípios brasileiros (Brasil, 2009a).

Em 2006 a ALAGO coordenou as atividades para a execução dos Planos de Diretores dos 52 municípios lindeiros ao lago, com exceção de Paraguaçu que já tinha aprovado o seu Plano Diretor. Segundo informações da ALAGO (comunicação verbal) todos os Planos Diretores foram concluídos em 2007, sendo elaborados de forma individualizados para cada município,

tendo ampla participação da sociedade, e contendo um levantamento técnico valioso dos principais aspectos da realidade de cada município, além de propostas para a solução de problemas locais e regionais. Embora os Planos Diretores Municipais tenham sido finalizados em 2007, contactou-se, através de consultas às administrações municipais, que nem todos implantaram efetivamente aprovados e implantados, conforme mostrado na Tabela 4.1.

Segundo a ALAGO, nos planos diretores a temática dos recursos hídricos não foi priorizada, sendo somente abordado em 2004 a questão do saneamento básico nos 52 municípios. Em 2009 a ALAGO está coordenando a elaboração dos projetos executivos de tratamento de esgoto, destinação adequada de resíduo sólido e drenagem pluvial urbana, sendo assinado um contrato na ordem de R\$7.119.759,35, destinados principalmente a projetos de tratamento de esgoto. Em cidades que já fazem tratamento, serão elaborados projetos para destinação adequada de resíduos sólidos. Onde estes projetos ou obras já existem serão elaborados projetos de drenagem pluvial urbana (ALAGO, 2009).

Dessa forma, se observam que nos 48 municípios que compõem a GD3 a gestão dos recursos hídricos não é enfocada de forma específica e que as questões ambientais nos planos diretores participativos tiveram enfoque geral como os demais temas dos planos. Com isso, os municípios e a ALAGO aguardam a conclusão do Plano Diretor dos Recursos Hídricos na região GD3 para de forma específica organizar a estrutura institucional e legal no tocante ao gerenciamento e gestão adequada dos recursos hídricos municipais.

Tabela 4.1: Legislação sobre ocupação urbana nos municípios do GD3.

Ordem	Município	Lei Orgânica	Plano Diretor	Código de Obras
1	Aguanil	Sim	sim	sim
2	Alfenas	Sim	sim	sim
3	Alpinópolis	Sim	sim	sim
4	Alterosa	Sim	não	sim
5	Areado	Sim	-	-
6	Boa Esperança	Sim	sim	sim
7	Botelhos	Sim	sim	sim
8	Cabo Verde	Sim	sim	sim
9	Camacho	Sim	sim	sim
10	Campestre	Sim	sim	sim
11	Campo Belo	Sim	sim	sim
12	Campo do Meio	Sim	sim	sim
13	Campos Gerais	Sim	sim	não
14	Cana Verde	Sim	sim	não
15	Candeias	Sim	sim	não
16	Capitólio	Sim	não	sim
17	Carmo do Rio Claro	Sim	sim	sim
18	Conceição da Aparecida	Sim	não	não
19	Congonhal	Sim	não	sim
20	Coqueiral	Sim	sim	sim
21	Córrego Fundo	Sim	sim	sim
22	Cristais	Sim	-	-
23	Divisa Nova	Sim	sim	sim
24	Espírito Santo do Dourado	Sim	sim	não
25	Fama	Sim	não	não
26	Formiga	Sim	sim	não
27	Guapé	Sim	sim	sim
28	Guaxupé	Sim	sim	sim
29	Ilicínea	Sim	sim	sim
30	Ipuíúna	Sim	sim	sim
31	Itapecerica	Sim	-	-
32	Juruáia	Sim	-	-
33	Machado	Sim	sim	sim
34	Monte Belo	Sim		sim
35	Muzambinho	Sim	sim	sim
36	Nepomuceno	Sim	sim	sim
37	Nova Resende	Sim	não	não
38	Paraguaçu	Sim	sim	sim
39	Perdões	Sim	sim	sim
40	Pimenta	Sim	sim	-
41	Poço Fundo	Sim	sim	sim
42	Santa Rita de Caldas	Sim	não	sim
43	Santana da Vargem	Sim	Sim	sim
44	São João da Mata	Sim	não	-
45	São José da Barra	sim	sim	sim
46	São Pedro da União	sim	não	sim
47	Serrania	sim	sim	sim
48	Três Pontas	sim	sim	sim

## 4.5 Análise do Capítulo

Os dados apresentados nesse capítulo mostram que cresceram os municípios com população superior a 20.000 habitantes, que com tendências de maior aglomeração urbana, exercendo maior pressão sobre os recursos hídricos, devido ao aumento das demandas de abastecimento e saneamento básico. Dessa forma, torna-se cada vez mais necessário que os municípios incorporem a gestão dos recursos hídricos nas leis relativas ao uso e ocupação do solo. A maioria dos municípios da unidade de gestão possui Planos Diretores, e caberá ao Plano de Bacia propor instrumentos de integração com os planos municipais, tais como mecanismos de incentivo a proteção de produção de água.

Relacionando o aumento da densidade demográfica e das taxas de urbanização na bacia GD3 nota-se que nas últimas décadas tem-se intensificado a pressão nos recursos naturais não somente na zona urbana, mas também na área rural da bacia. Esse processo evidencia a necessidade de um melhor planejamento ambiental, priorizando o uso racional e a conservação dos recursos hídricos na região do entorno de Furnas. Esses fatores demográficos influenciam diretamente na qualidade de vida e na saúde da população da bacia, pois o comportamento descrito anteriormente influencia diretamente nos aspectos ambientais e sanitários na região, que inevitavelmente poderão interferir em indicadores como mortalidade, perspectiva de vida, entre outros.

Esse comportamento deve ser acompanhado de investimento para a melhoria dos sistemas de saneamento, habitação e infra-estrutura, pois o que se tem observado é que esse crescimento tem sido de forma desordenada, causando uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais, principalmente na degradação dos recursos hídricos urbanos, com a retirada das matas ciliares, lançamento de esgotos nos córregos e canalização dos cursos d'água, entre outros problemas. Por conseqüência, as ações e programas do Plano de Bacia deverão contemplar metas redução da degradação dos recursos hídricos nos ambientes urbanos.

Uma característica das áreas rurais dos municípios da unidade de gestão é a mudança da propriedade para grandes produtores, muitas vezes vindo de fora da bacia, que nem sempre tem a preocupação em preservar os recursos naturais, pois a maioria deles não mora nas unidades de produção. Além disso, se nota a passagem de atividades diversificadas para o estabelecimento de monoculturas como café ou cana-de-açúcar, com menor preocupação

como os recursos naturais. Nas culturas anuais é comum o uso de maquinários agrícolas na preparação do solo e de pesticidas para o controle de doenças. Estes últimos são também muito utilizados na cultura de café. A utilização de maquinário agrícola tem provocado na região crescentes problemas de compactação e erosão do solo o que, por sua vez, tem favorecido o assoreamento de córregos e rios da região. O alto uso de pesticidas tem provocado contaminação com metais pesados nas diversas fontes de água. Por esses motivos, é essencial que o Plano defina instrumentos para monitorar a qualidade dos recursos hídricos, além de conscientizar os produtores rurais para o manejo adequado dos solos.

Finalmente, verifica-se que a população da bacia ainda permanece com a “cultura da abundância, a cultura da fartura” em relação aos recursos hídricos. Este aspecto cultural contribui para o uso irracional dos recursos hídricos. A percepção sobre uma crescente escassez deste recurso tem levado uma pequena parte da população da região, a mudar o comportamento em relação a este recurso. Observa-se que a consciência sobre a necessidade de preservação da água é maior na população rural, isto porque, a escassez é mais presente, com o desaparecimento de córregos e minas de água. Assim, constata-se que os incentivos as campanhas de educação ambiental serão parte integrante dos programas a serem propostos pelo Plano de Bacia, enfocando os recursos hídricos quanto aos aspectos de escassez e também de excessos.

## 5 Usos do Solo e Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal primitiva da maioria dos estados brasileiros tem sido continuamente devastada desde o período colonial, mas algumas regiões ainda apresentam fragmentos, ou mesmo grandes extensões, deste tipo de vegetação. A urbanização, o crescimento populacional e a conseqüente necessidade de aumento da produção agroindustrial fazem com que o uso do solo se altere com o passar do tempo, em função das necessidades humanas, e junto com ela associam-se impactos ambientais de diferentes intensidades e magnitudes.

Neste sentido, juntamente com as alterações no padrão de cobertura do solo em uma região, há de se esperar mudanças na qualidade e disponibilidade de água neste local, isto porque a vegetação tem grande importância na manutenção destes fatores, seja na redução do assoreamento, no controle da poluição difusa ou ainda manutenção das condições de recarga de mananciais. Neste sentido, o presente capítulo se preocupa em diagnosticar o uso e a ocupação atual do solo ao longo da Unidade de Gestão GD3, a partir da identificação e quantificação dos principais tipos de cobertura observados na unidade, ilustrados em mapas que permitirão a projeção de cenários futuros.

### 5.1 Cobertura Vegetal

No estado de Minas Gerais ocorrem três Domínios Fitogeográficos: Domínio Atlântico, Domínio do Cerrado e Domínio da Caatinga. Os Remanescentes Florestais encontrados na área da Unidade de Gestão GD3 consistem em formações florestais (primárias e secundárias) de Floresta Estacional Semidecidual Montana, Campo, Campo Rupestre e Campo Cerrado encontrados nos Domínios Atlântico e Cerrado (Scolforo e Carvalho, 2008).

A classificação das fisionomias vegetais foi realizada através de consultas bibliográficas ao Catálogo das Árvores Nativas de Minas Gerais: Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e

dos Reflorestamentos de Minas Gerais (Oliveira-Filho, 2006), ao Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007 (Carvalho e Scolforo, 2008) e do Mapeamento e Inventário da Flora nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (Scolforo e Carvalho, 2006) e análises do Mapa dos Biomas do Brasil (IBGE, 2004), do Mapa da Vegetação e Recursos Florísticos (IBGE, 1997) para cada município. A caracterização florística foi realizada através de consulta *online* ao site speciesLink obtendo-se os seguintes Herbários:

1. EAC. Herbário “Prisco Bezerra”, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE.
2. ESA. Herbário da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Piracicaba/SP.
3. FUEL. Herbário da Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR.
4. HRCB. Herbário Rioclarense, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP.
5. JBRJ-RB. Herbário “Dimitri Sucre Benjamin”, Instituto de Pesquisa do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ.
6. MBM. Herbário do Museu Botânico Municipal, Curitiba/PR.
7. NYBG-BR. The New York Botanical Garden – Brazilian records, Bronx/NY.
8. SPF. Herbário do Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
9. UEC. Herbário da Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP.
10. UPCB. Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR.

Após a obtenção dos dados referentes às espécies coletadas nos municípios situados nos limites da unidade de gestão e depositados nos Herbários citados acima, os nomes científicos, identificação de autores, classificação quanto a Família segundo APGII (2003), de cada espécie foi verificado e quando necessário, atualizado segundo o *International Plant Names Index* (IPNI) através do Royal Botanic Gardens, KEW (2002).

As espécies registradas foram analisadas quanto ao hábito de vida, segundo dois parâmetros: a lenhosidade e o grau de ramificação. Caracterizou-se como hábito de vida arbóreo, plantas lenhosas sustentadas por tronco ou fuste; como arbustivo, plantas lenhosas sem tronco ou fuste, com ramificações desde a base; como herbáceo, plantas não lenhosas; como Lianas, plantas lenhosas escandentes, com caule volúvel; e epífitas, plantas herbáceas que utilizam outras plantas como suporte (Gonçalves & Lorenzi, 2007).

Os critérios de ameaça de extinção foram baseados em Fundação Biodiversitas (2007) onde as espécies ameaçadas são enquadradas em três níveis de ameaça:

**-Críticamente em Perigo:** Táxon que corre um risco extremamente alto de extinção na natureza como definido pelos critérios de A até E da IUCN apud BIODIVERSITAS (2001).

**-Em Perigo:** Táxon que corre um risco muito alto de extinção na natureza como definido por qualquer dos critérios A até E da IUCN apud BIODIVERSITAS (2001).

**-Vulnerável:** Táxon que corre um risco alto de extinção na natureza como definido por um dos critérios de A até E do quadro 2 para esta categoria.

Além da classificação acima, há espécies enquadradas como “Quase Ameaçada” onde um Táxon que não atinge, mas está próximo de atingir os critérios de ameaça, ou provavelmente estará ameaçada em um futuro próximo. Quanto à fisionomia vegetal, na área em estudo, encontram-se:

A **Floresta Estacional Semidecidual**, que se caracteriza por apresentar duas épocas distintas ao longo do ano: uma no verão, com chuvas intensas e outra no inverno, com seca fisiológica provocada pela temperatura média inferior a 15°C. A fisionomia florestal apresenta dossel de 4 a 25 metros de altura, com sub-bosque denso. Entre 30% e 60% da massa foliar é liberada na estação mais seca e fria. Há densidade variável de lianas, taquaras e bambus. Sua ocorrência no Estado de Minas Gerais é ampla, tanto no Domínio Atlântico como no Domínio Cerrado. Tal fisionomia vegetal foi registrada em todos os municípios pertencentes à Unidade de Gestão GD3. Da área original ocupada pelos municípios da Unidade de Gestão GD3, originalmente 1.039.049 ha eram ocupados por florestas, hoje existe apenas 51.994 ha, ou seja, 5% de florestas remanescentes (SOS Mata atlântica, 2008).

Os **Campos**, que são caracterizados por vegetação herbácea e ocorrem em afloramentos graníticos e gnáissicos formando um relvado com fisionomia muito variável, entre compacta e contínua até rala e descontínua. Pode haver variações fisionômicas ligadas às flutuações do ambiente. Há predomínio das Famílias Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae e Fabaceae. Esta fisionomia foi registrada nos municípios de Alfenas, Alpinópolis, Boa Esperança, Botelhos, Cabo Verde, Camacho, Campestre, Capitólio, Carmo do Rio Claro, Congonhal, Cristais, Divisa Nova, Espírito Santo do Dourado, Fama, Formiga, Guapé, Ilicínea, Ipiúna, Itapeçerica, Machado, Pimenta, Poço Fundo, Santa Rita de Caldas, São João da Mata, São José da Barra, Serrania e Três Pontas.

O **Campo Rupestre**, uma formação campestre. Ocorre em afloramentos areníticos e quartzíticos, associados a áreas de declive de altas montanhas (em altitudes superiores a 900m). Apresenta vegetação arbustiva e herbácea, com árvores de até dois metros de altura, além dos candeais (formação onde se destaca a abundância da espécie *Eremanthus erythropappus* (DC) Asteraceae). Em muitos locais a vegetação arbustiva se apresenta como uma transição para o Cerrado. Formações vegetais de campos rupestres foram registradas nos municípios de Campestre, Capitólio, Carmo do Rio Claro, Guapé, Santa Rita de Caldas, São José da Barra, Serrania e Três Pontas.

Por fim, o **Campo Cerrado** apresenta estratos herbáceo-arbustivo ou campestre e arbustivo-arbóreo ou lenhoso. A altura média das árvores pode chegar a 7m. Tais regiões apresentam estação chuvosa e seca bem definidas. A vegetação caracteriza-se por possuir troncos tortuosos, de baixo porte, ramos retorcidos, cascas espessas e folhas grossas. Botelhos, Cabo Verde, Campestre, Capitólio, Machado e Serrania foram os municípios da Unidade de Gestão GD3 que apresentaram formações florestais com esta fisionomia vegetal.

O estudo sobre a Flora apontou 452 espécies vegetais distribuídas em 67 Famílias, sendo a Divisão Pteridophyta (Pteridófitas) com uma família e uma espécie; Divisão Magnoliophyta - Classe Liliatae (Monocotiledôneas) com 11 famílias e 38 espécies e Divisão Magnoliophyta - Classe Magnoliatae (Dicotiledôneas) com 55 famílias e 413 espécies). A pesquisa registrou espécies coletadas em 50% dos municípios da área em estudo. As famílias com maior número de espécie foram Fabaceae Lindl. (90 espécies) e Asteraceae Mart. (66 espécies). Na Figura 3.1 observa-se a distribuição das espécies nas Famílias da Classe Magnoliatae, o que também é apresentado na Tabela 3.1.

Quanto ao hábito de vida, verificou-se a seguinte distribuição: 36,5% das espécies registradas apresentaram o hábito arbustivo; 29,6%, o hábito arbóreo; 21,5%, o hábito herbáceo; 9,7%, foram registradas como lianas; 2,4%, como epífitas e 0,2% não foram classificadas devido à ausência de dados nas bases analisadas.

As espécies *Hippeastrum reginae* Herb. (Amaryllidaceae Juss) e *Lippia oxycnemis* Schauer (Verbenaceae J.St.-Hil) apresentam-se classificadas como espécies “criticamente em perigo”, segundo a Lista de espécies ameaçadas de extinção de Minas Gerais (BIODIVERSITAS, 2007); a espécie *Alstroemeria julieae* M.C.Assis (Alstroemeriaceae Dum.) está classificada como “em perigo”; a espécie *Myroxylon peruiferum* L.f. (Fabaceae Lindl.) como “quase

ameaçada” e as espécies *Eremanthus seidelii* MacLeish & H.Schumach. (Asteraceae Mart.) e *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (Lauraceae Juss.) estão classificadas como “vulnerável”.

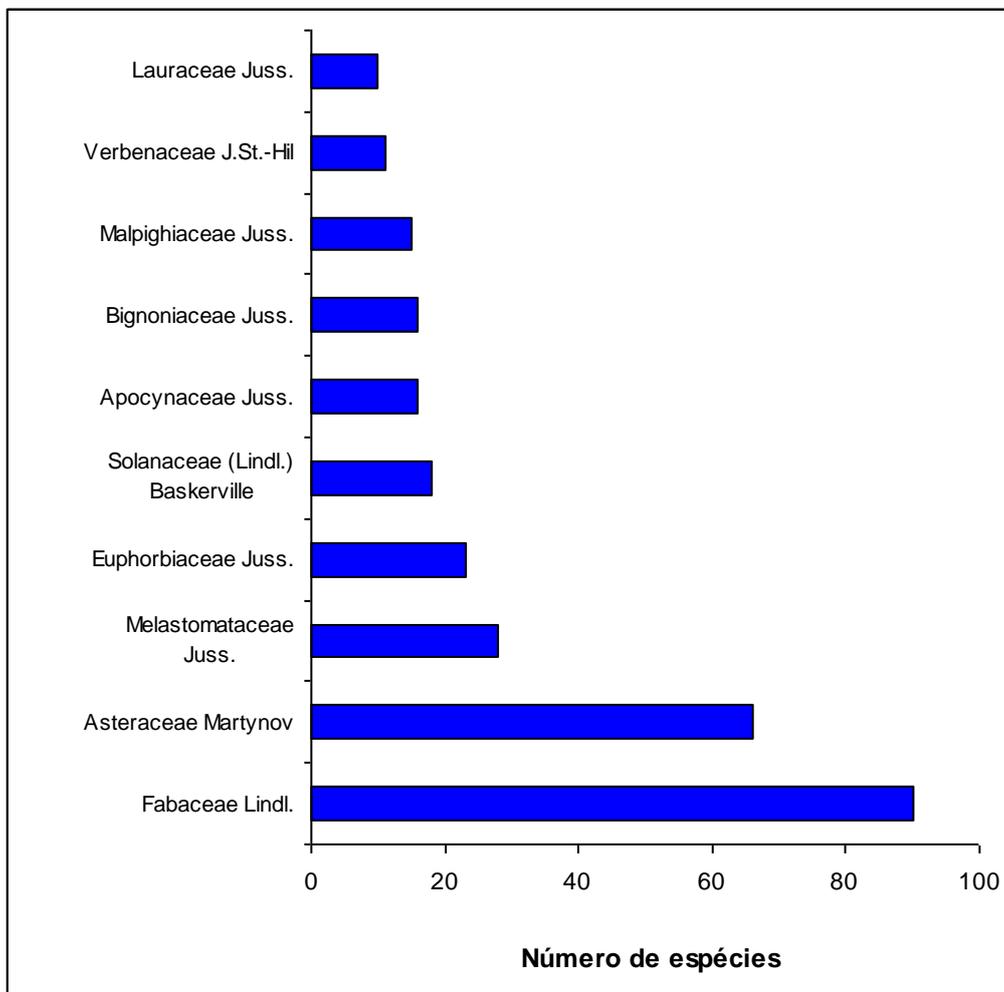


Figura 3.1. Famílias da Divisão Magnoliophyta, da Classe Magnoliatae

Tabela 3.1. Espécies da flora encontradas na Unidade de Gestão GD3

REINO PLANTAE. DIVISÃO MAGNOLIOPHYTA. CLASSE MAGNOLIATAE	
Número de espécies	Famílias
90	Fabaceae Lindl.
66	Asteraceae Martynov
28	Melastomataceae Juss.
23	Euphorbiaceae Juss.
18	Solanaceae (Lindl.) Baskerville
16	Apocynaceae Juss.
16	Bignoniaceae Juss.
15	Malpighiaceae Juss.
11	Verbenaceae J.St.-Hil
10	Lauraceae Juss.

## 5.2 Quantificação dos Usos do Solo

O mapeamento do uso do solo da Unidade de Gestão GD3 foi realizado por meio de técnicas de geoprocessamento, fundamentado, principalmente, no emprego de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). O procedimento adotado (Figura 5.1) consiste em:

1. Processamento digital das imagens de satélite e tratamento dos dados cartográficos;
2. Criação de um banco de dados;
3. Sobreposição das informações apoiada pelo Sistema de Informação Geográfica;
4. Elaboração do mapa temático.

Conforme apresentado pela Figura 5.1, tal mapeamento se deu, basicamente, em duas fases. Na primeira, foram empregados dados primários obtidos em campo e na segunda dados cartográficos secundários. Tais informações adquiriram grande importância ao serem utilizadas juntamente com técnicas de sensoriamento remoto e SIG. Assim, por meio da análise da radiação refletida pela superfície e a verificação, em campo, da cobertura do solo responsável por tal reflexão, foi possível gerar o Mapa de Uso do Solo da Unidade de Gestão GD3.

Conforme mencionado anteriormente, a base de dados para o mapeamento foi proveniente de dados secundários e primários, estes últimos obtidos em levantamentos realizados em campo. Deste modo, foram utilizadas as seguintes informações:

- Imagens de satélites LANDSAT 5 – TM, dos meses de agosto e setembro de 2008, correspondentes à área de interesse;
- Imagem georreferenciada LANDSAT 5 da região de interesse – NASA – 2000;
- Imagem de satélite da região de interesse – *Google Earth*™;
- Pontos de localização das sedes municipais presentes na região de interesse;
- Pontos de controle levantados em campo, incluindo fotografias do local – julho de 2009.

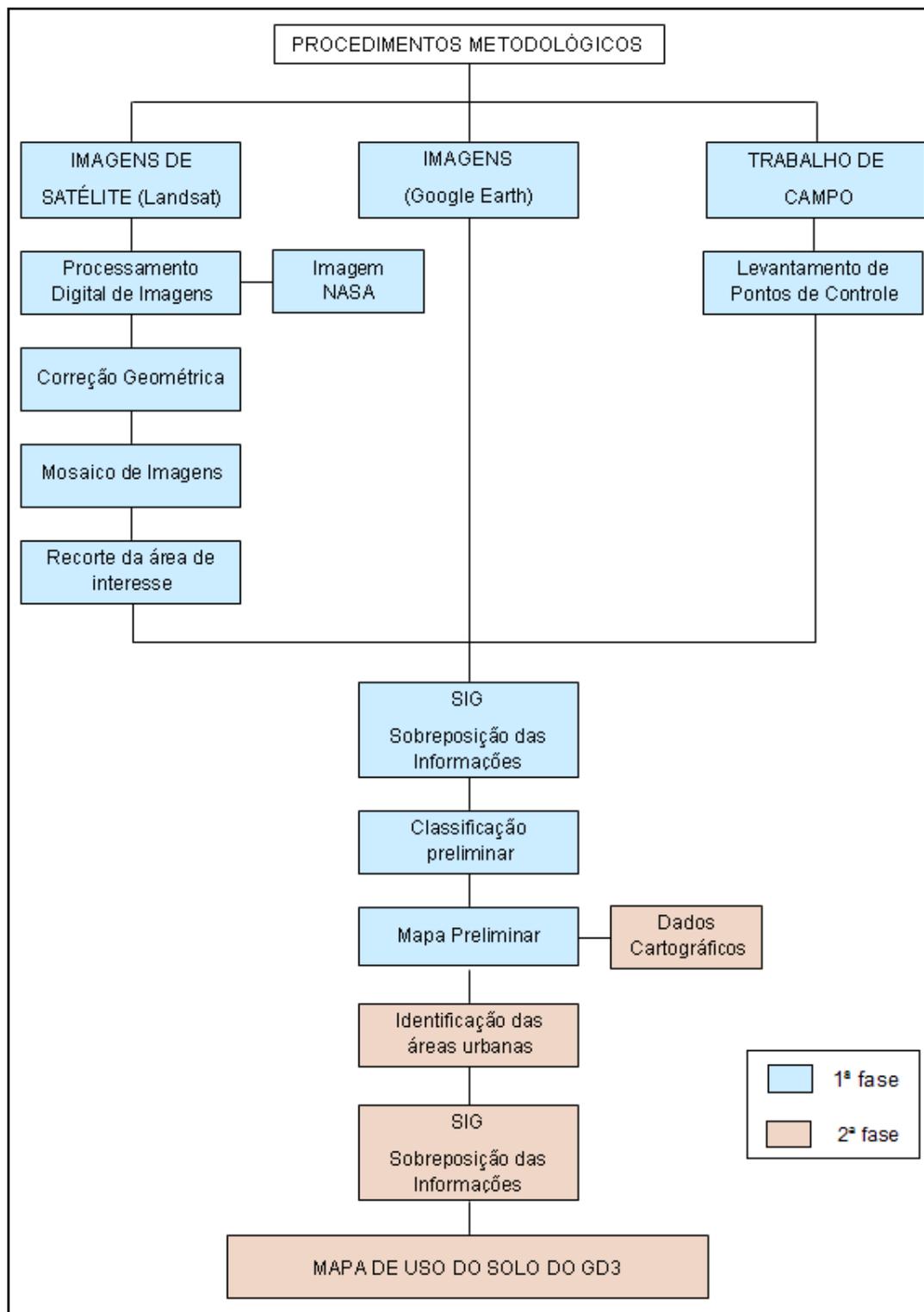


Figura 5.1. Procedimento metodológico para o mapeamento do uso solo da Unidade de Gestão GD3

Com o objetivo de aumentar a confiabilidade da classificação supervisionada, foi realizado em julho de 2009, um levantamento de campo na área estudada, a fim de coletar pontos de controle, de forma a abranger parte significativa da bacia e obter informações de todos os usos mapeados. A partir destes dados primários, torna-se possível identificar os diferentes tipos de cobertura do solo e corrigir erros de classificação, devido problemas na resposta espectral das coberturas.

Para a classificação supervisionada, foram consideradas oito categorias do uso e cobertura do solo, sendo elas: Água, Área Urbana, Cultivo Anual, Cultivo Perene, Mata, Pastagem, Reflorestamento e Solo exposto. Desta forma, a delimitação das áreas de cada tipo de cobertura baseou-se na sobreposição de informações de dados secundários provenientes, sobretudo, do programa computacional Google Earth TM e dados primários obtidos em levantamento de campo. As áreas urbanas, devido à proximidade com outras coberturas de respostas espectrais semelhantes, foram identificadas com o auxílio do mapa de localização das sedes municipais inseridas na área da Unidade de Gestão GD3, sendo, em seguida, delimitadas sobre o mosaico de imagens de satélite e incorporadas ao mapa temático com o auxílio de um sistema de informações geográficas.

O mapa de uso do solo gerado para a Unidade de Gestão GD3 é apresentado na Figura 5.2. É importante relatar certas considerações para a melhor interpretação dos valores apresentados nesta quantificação. Isto porque a resolução das imagens obtidas do LANDSAT 5 - TM pode favorecer situações onde haja conflitos durante a classificação supervisionada, tanto no momento da coleta de amostras, quanto no momento da expansão desta classificação para toda a imagem, realizada pelo SIG.

Destaca-se que, o Cultivo Anual é composta, em grande parte, por plantações de cana-de-açúcar, sendo ainda muito comuns os cultivos de girassol, batata inglesa e feijão. Por sua vez, pelo fato do café ser predominante em toda a região e facilmente identificável, considera-se que o mapeamento de Cultivo Perene foi gerado a partir da amostragem de cafezais em estágio, aparentemente, médio de desenvolvimento. Assim, torna-se provável que haja conflito na classificação de culturas de pequeno porte e Matas menos densas, pois a refletância destas coberturas pode apresentar valores semelhantes, superestimando a área deste tipo de cultivo. Da mesma forma, as Pastagens mais densas podem apresentar refletância semelhante à de culturas anuais rasteiras, como a de batata. Porém, este tipo de conflito foi raramente observado. Já a cobertura Reflorestamento foi classificada com base em plantações de eucalipto encontradas em diversos locais na unidade, mas pode englobar,

ocasionalmente, alguns cultivos perenes de café em estágio avançado de desenvolvimento, quando o cafezal se apresenta mais denso. Também esta situação foi raramente observada.

A partir destas considerações, conforme apresenta a Tabela 5.1 e a Figura 5.3, na Unidade de Gestão GD3 observa-se o predomínio de áreas de pastagem, cultivos anuais e cultivos perenes, correspondendo a mais de 85% da área da unidade de gestão. As culturas predominantes são café, no caso de culturas perenes, e cana-de-açúcar, no que se refere a culturas anuais.

Tabela 5.1. Usos do solo da Unidade de Gestão GD3

TEMAS	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	%
Água	1223.0	7,4
Área Urbana	116.8	0,7
Cultivo Anual	3677.7	22,3
Cultivo Perene	3690.6	22,4
Mata	1387.9	8,4
Pastagem	5999.1	36,3
Reflorestamento	114.9	0,7
Solo Exposto	298.5	1,8
<b>Total</b>	<b>16508.5</b>	<b>100,0</b>

A partir do diagnóstico individual dos temas na extensão da unidade, observa-se na Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7 a distribuição homogênea das pastagens e dos cultivos, entremeada com áreas onde não foram detectados estes temas. Os aglomerados urbanos, ou seja, as sedes municipais, distribuem-se pontualmente, tendo sido delimitados por meio dos 36 contornos das sedes situadas nos limites da unidade. Na parte sul da região, observa-se a concentração deste tema, em contraposição a parte norte, onde foram detectadas seis sedes, referentes aos municípios de Formiga, Camacho, Candeias, Campo Belo, Aguanil e Cristais.

Áreas de mata aparecem, sobretudo, em regiões montanhosas ou em pequenos fragmentos ao longo de toda a área (Figura 5.8). Os reflorestamentos (Figura 5.9) com cultivo de eucalipto acontecem especialmente nas regiões ao norte da unidade, próximas ao Lago de Furnas que, por sua vez, corresponde a praticamente toda a área contabilizada com *Água*.

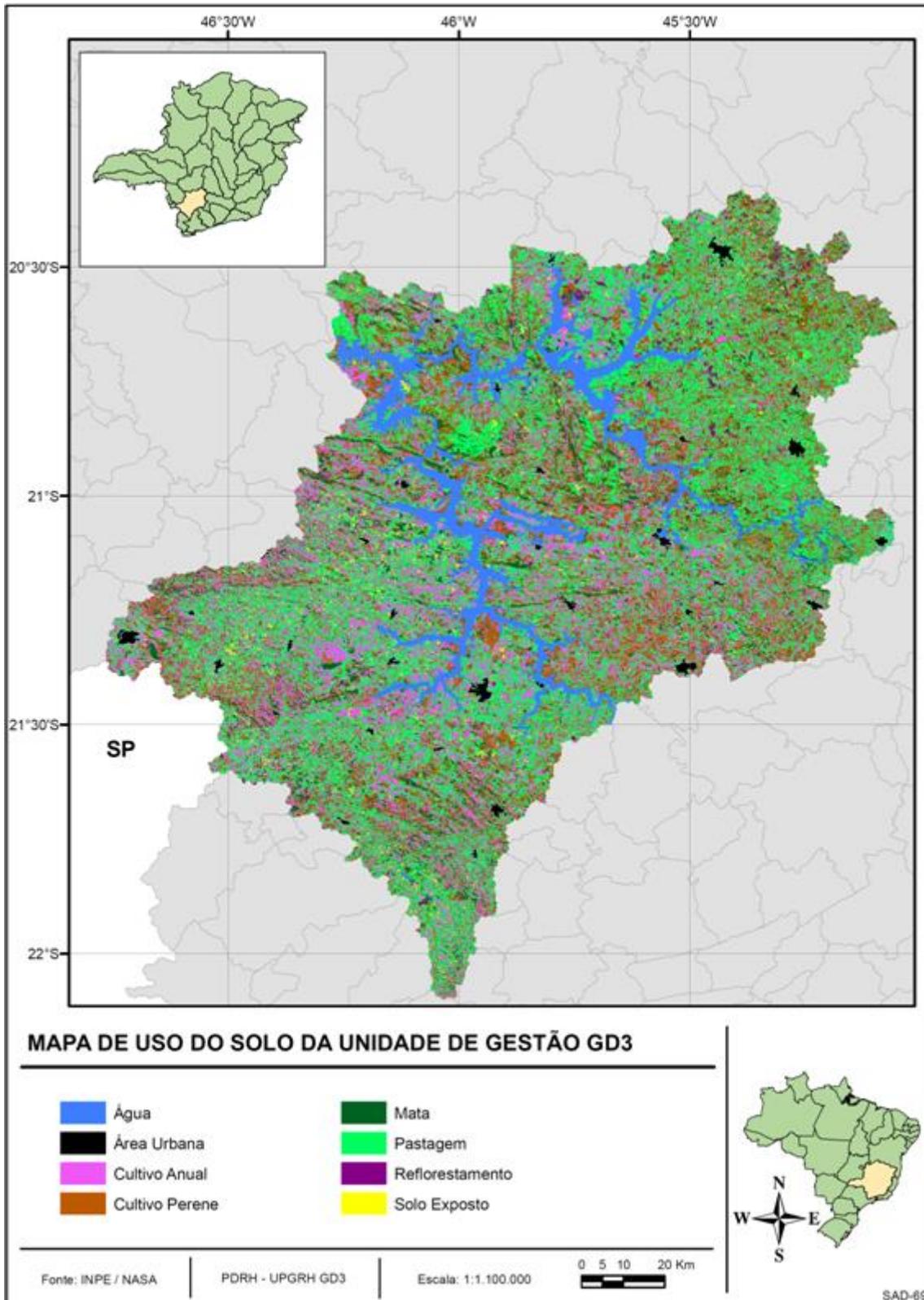


Figura 5.2. Mapa de uso se solo na Unidade de Gestão GD3

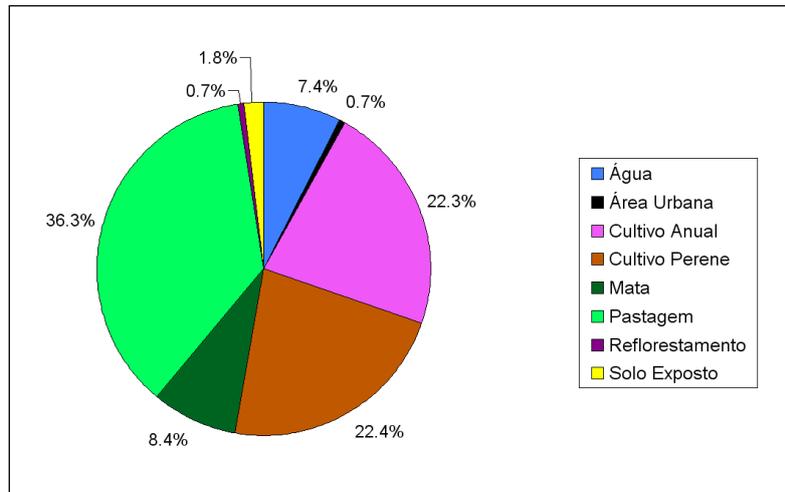


Figura 5.3. Quantificação percentual de usos do solo da Unidade de Gestão GD3

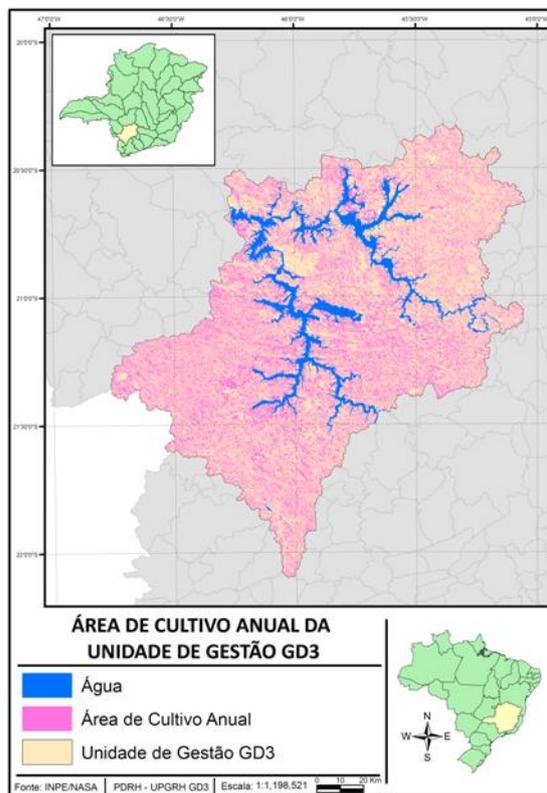


Figura 5.4. Distribuição dos Cultivos Anuais na Unidade de Gestão GD3

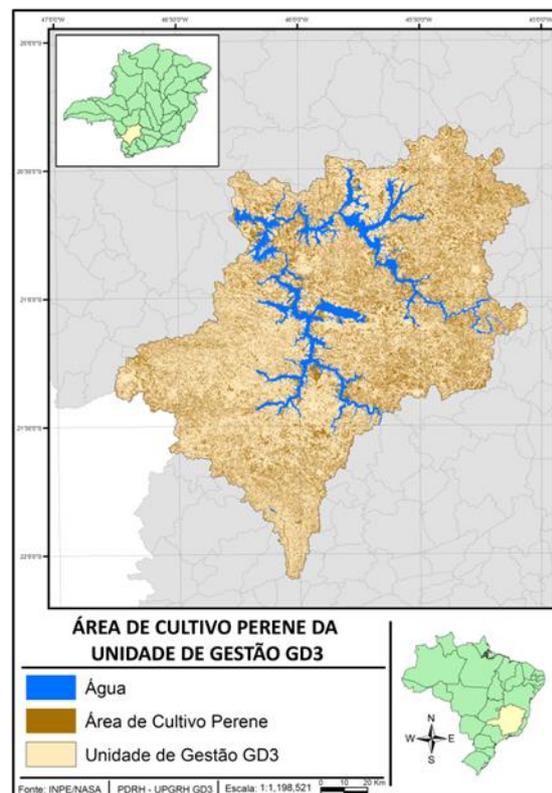


Figura 5.5. Distribuição dos Cultivos Perenes na Unidade de Gestão GD3

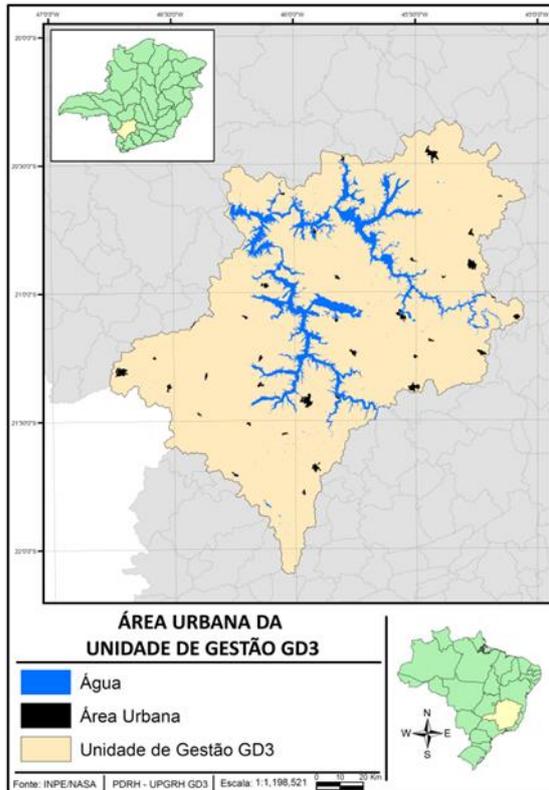


Figura 5.6. Distribuição das Áreas Urbanas na Unidade de Gestão GD3

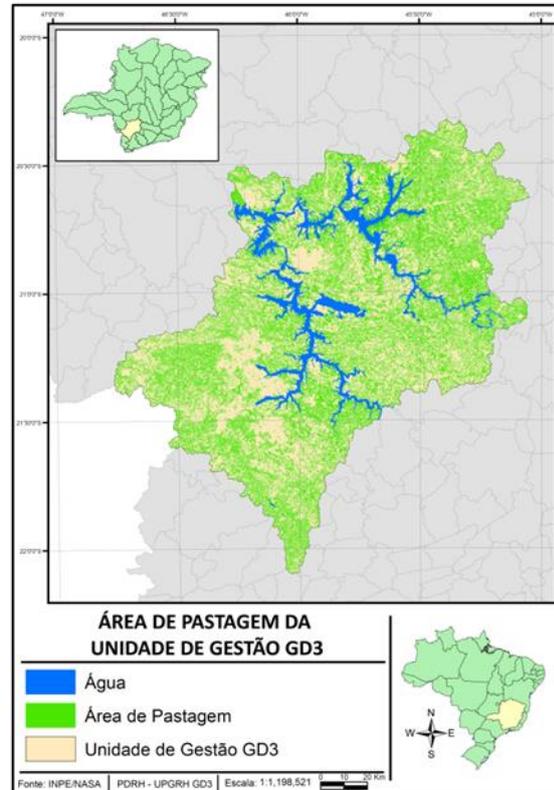


Figura 5.7. Distribuição das Áreas de Pastagem na Unidade de Gestão GD3

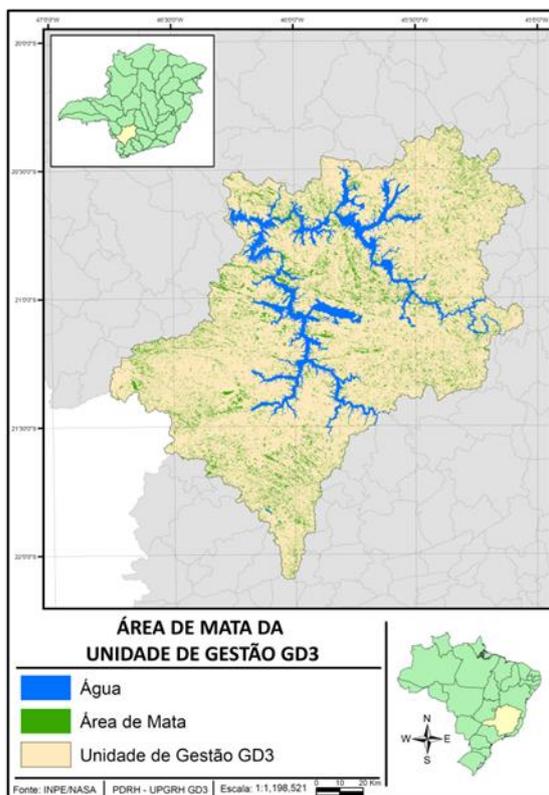


Figura 5.8. Distribuição das Matas na Unidade de Gestão GD3

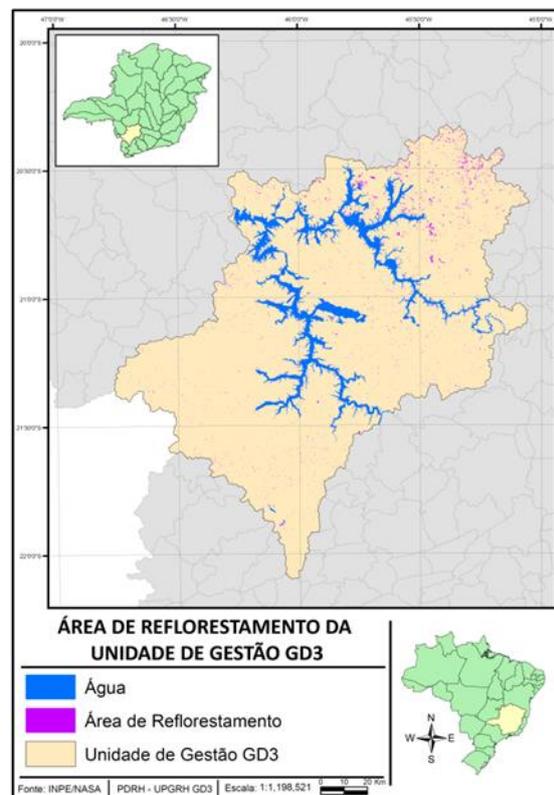


Figura 5.9. Distribuição dos Reflorestamentos na Unidade de Gestão GD3

Por fim, o *Solo Exposto*, está levemente concentrada no sudoeste da unidade, refere-se tanto às áreas agrícolas descobertas quanto às áreas de mineração (Figura 5.10). Segundo os dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), dos cinco empreendimentos de extração registrado na unidade, dois localizam-se nesta região. Atenta-se para a ocorrência deste tema ao norte da região e nas proximidades do Lago de Furnas por conta do expressivo número de empreendimentos em fase de Autorização para Pesquisa e Requerimento de Lavra.

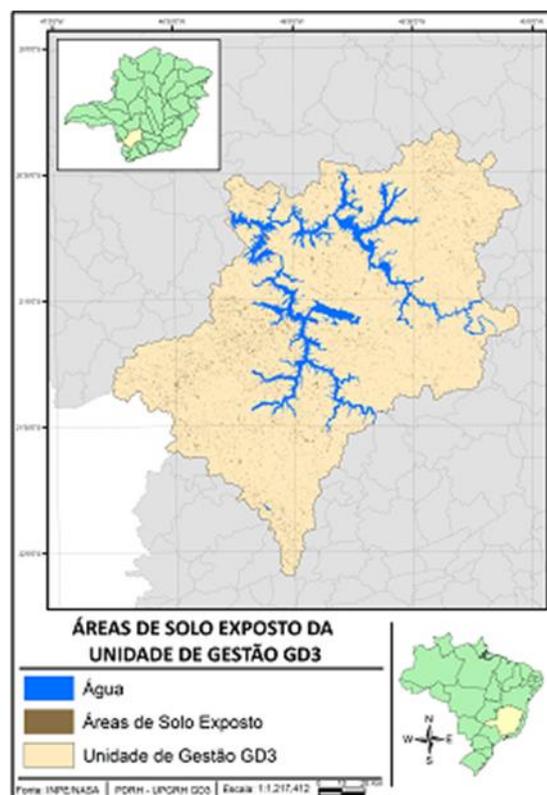


Figura 5.10. Distribuição das áreas de Solo Exposto na Unidade de Gestão GD3

### 5.3 Áreas de Preservação Permanente

Segundo a Lei nº 4.771/65, as Áreas de Preservação Permanente (APP) constituem áreas protegidas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Por esse motivo, é importante que seja efetuada uma análise do uso do solo especificamente nestas

áreas, dada a grande influência destas, sobretudo em faixas marginais dos cursos d'água e reservatórios, sobre a quantidade e qualidade da água em uma unidade de gestão.

Baseado nestas observações e considerando as limitações, já mencionadas, dos dados disponíveis para a avaliação do uso do solo na unidade, realizou-se a estimativa de quantificação das APP's de faixa marginal nos corpos d'água da Unidade de Gestão. Para isso, foram avaliadas as larguras dos corpos d'água dentro dos limites da unidade de gestão. Assim, em diferentes regiões da unidade, foram estabelecidas as larguras mínimas de 30,0 m (para rios de até 10,0 m de largura), 50,0 m (para rios com largura de 10,0 m a 50,0 m) e 100,0 m (para rios de 50,0 m a 200,0 m de largura), segundo as recomendações da Resolução CONAMA 303/2002. Dessa forma, foram obtidos os valores de áreas apresentados a seguir na Tabela 5.2 e na Figura 5.11.

Tabela 5.2. Quantificação do uso do solo na APP de faixa marginal de cursos d'água da Unidade de Gestão GD3

TEMAS	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	%
Água	0,5	0,2
Área Urbana	2,4	1,0
Cultivo Anual	64,6	27,3
Cultivo Perene	54,3	23,0
Mata	7,8	3,3
Pastagem	101,2	42,8
Reflorestamento	1,1	0,5
Solo Exposto	4,8	2,0
<b>Total</b>	<b>236,6</b>	<b>100,0</b>

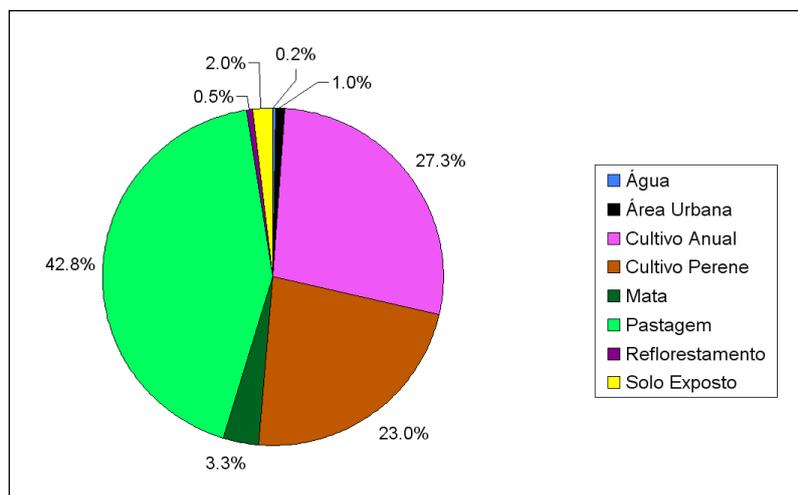


Figura 5.11. Quantificação percentual do uso do solo nas APP de faixa marginal de cursos d'água da Unidade de Gestão GD3

Diante dos valores apresentados, observa-se a pequena cobertura destas áreas com mata. Este valor pode ser inferior ao real, pois matas menos densas ou em faixas mais estreitas apresentam, durante a confecção do mapa, refletâncias semelhantes às de culturas perenes de café, por exemplo. A partir desta quantificação, alerta-se para o avanço da ocupação, sobretudo com pastagens em cultivos, em áreas que devem, por força de lei, ser preservadas.

Para reservatórios artificiais, a resolução CONAMA 302/2002, em seu artigo 3º (inciso I), determina como uma faixa mínima de 30,0 m para aqueles situados em áreas urbanas consolidadas e 100,0 m para os reservatórios localizados em áreas rurais. Já a legislação estadual, através da lei 18.023/2009 que altera o artigo 10 da lei nº 14.309/2002, determina que a área de preservação permanente de represa hidrelétrica será definida pelo plano diretor da bacia hidrográfica, respeitando-se a legislação vigente e sem prejuízo da compensação ambiental. E na ausência do plano diretor, a APP do reservatório hidrelétrico terá largura de 30,0 m. Baseado nestas determinações legais avaliou-se um cenário com faixa de preservação de 30,0 m e outro com faixa de 100,0 m. O uso do solo para estes dois cenários estão apresentados na Tabela 5.3, Tabela 5.4, Figura 5.12 e Figura 5.13.

Tabela 5.3. Quantificação do uso do solo nas APP de faixa marginal de 30 m do reservatório de FURNAS na Unidade de Gestão GD3

TEMAS	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	%
Água	0,0	0,0
Área Urbana	0,1	0,1
Cultivo Anual	3,0	3,1
Cultivo Perene	3,1	3,2
Mata	40,4	41,8
Pastagem	48,9	50,6
Reflorestamento	0,2	0,2
Solo Exposto	1,0	1,0
<b>Total</b>	<b>96,6</b>	<b>100,0</b>

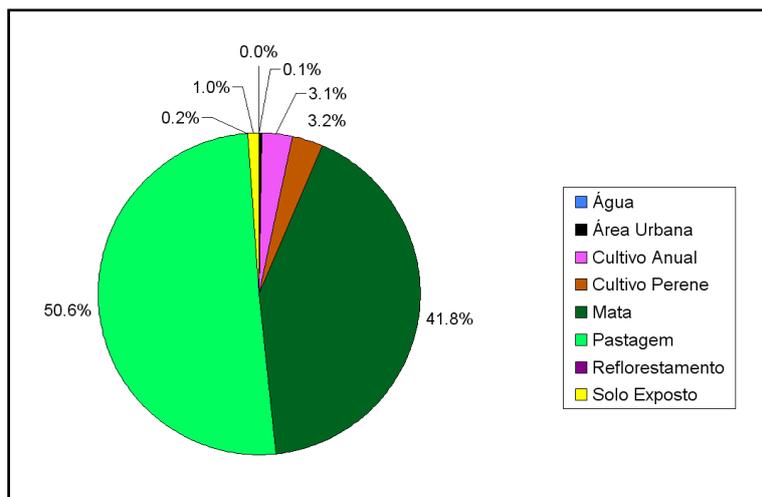


Figura 5.12. Quantificação percentual do uso do solo nas APP de faixa marginal de 30 m do reservatório de FURNAS na Unidade de Gestão GD3

Tabela 5.4. Quantificação do uso do solo nas APP de faixa marginal de 100 m do reservatório de FURNAS na Unidade de Gestão GD3

TEMAS	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	%
Água	0,0	0,0
Área Urbana	0,5	0,2
Cultivo Anual	45,2	13,9
Cultivo Perene	50,8	15,6
Mata	70,0	21,5
Pastagem	155,4	47,8
Reflorestamento	0,6	0,2
Solo Exposto	2,5	0,8
<b>Total</b>	<b>325,0</b>	<b>100,0</b>

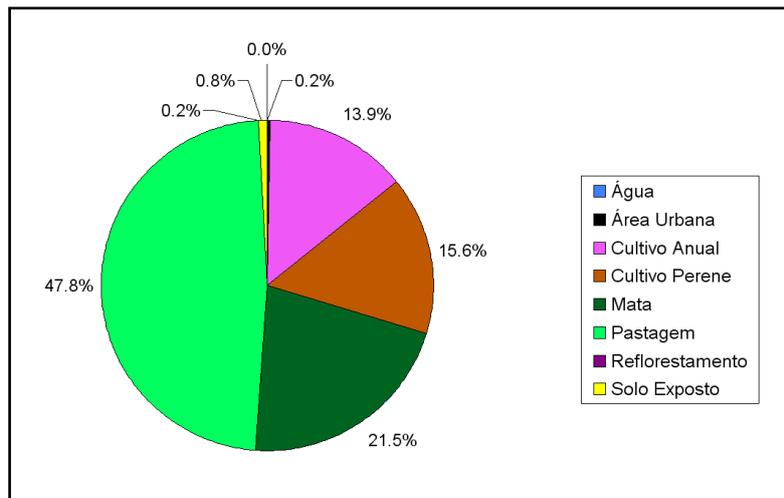


Figura 5.13. Quantificação percentual de uso do solo nas APP de faixa marginal de 100 m do reservatório de FURNAS na Unidade de Gestão GD3

A partir destes valores, ressalta-se a importância de programas de preservação de matas ciliares, visto que estas têm grande importância na manutenção da qualidade da água nos mananciais e ocorrem em dimensões inferiores às ideais, como pode ser visto nos altos percentuais de ocupação antrópica nas áreas de preservação permanente. Numa extensão mínima, observa-se que as práticas antrópicas ocupam valores próximos a 60% da área, registrando-se para o restante, a expressiva presença de mata, que pode ser inferior ao detectado, por conta de respostas espectrais semelhantes à cultura de café. Quando esta extensão é extrapolada para 100,0 m a configuração muda sensivelmente, com o aumento da área ocupada por cultivo, e a diminuição da área ocupada por mata.

Com objetivo de ilustrar os usos mais comuns às margens do Lago de Furnas, foram utilizadas imagens do Google Earth® para visualização. A cobertura do solo de APP por pastagens é preponderante na região, como mostram a Figura 5.15, Figura 5.16 e Figura 5.17, em diferentes estados: pastagens sujas, pastagens degradadas e pastagens bem conservadas. Conforme pode ser visto na Figura 5.15 e na Figura 5.17, as faixas marginais cobertas por matas apresentam-se normalmente em pequenos fragmentos ao longo de todo o reservatório, ou de forma contínua. Na região de Fama, observa-se a manutenção de uma faixa de aproximadamente 100,0 m de largura.

Por sua vez, os cultivos de café, representantes da maior parte de área plantada de cultivos perenes na unidade de gestão são encontrados em vários municípios, atingindo áreas de preservação permanente em algumas localidades. De forma a ilustrar este tipo de situação, a Figura 5.18 e a Figura 5.19 apresentam alguns destes cultivos nos municípios de Areado,

Campos Gerais e Alfenas. Já as culturas anuais, por sua vez, são constituídas em sua maioria por canaviais. Da mesma forma que o café, estes cultivos podem ser observados em vários pontos da unidade e por vezes avançam sobre áreas de preservação de faixa marginal. Tal fato pode ser visto na Figura 5.14, Figura 5.17 e Figura 5.18, nas áreas municipais de Boa Esperança, Alfenas e Areado, que não constituem os únicos onde se percebe esta situação. Alguns pontos de solo exposto são diagnosticados nas margens do reservatório, especialmente por conta do rebaixamento do nível d'água em determinadas épocas do ano (Figura 5.14 e Figura 5.19). A degradação de pastagens e o preparo do solo para cultivo também podem expor o solo de determinados locais na unidade.

O avanço da urbanização exerce sua parcela de pressão sobre os recursos hídricos, tanto pelos resíduos gerados quanto pela ocupação desordenada de áreas de preservação permanente. Na Unidade de Gestão GD3, os municípios de Boa Esperança, Campo do Meio, Capitólio, Fama, Guapé e Pimenta têm suas sedes às margens do reservatório de FURNAS (Figura 5.14, Figura 5.16 e Figura 5.19). A exploração turística e imobiliária favorece a ocupação destas áreas, com a criação de condomínios, restaurantes e outros.

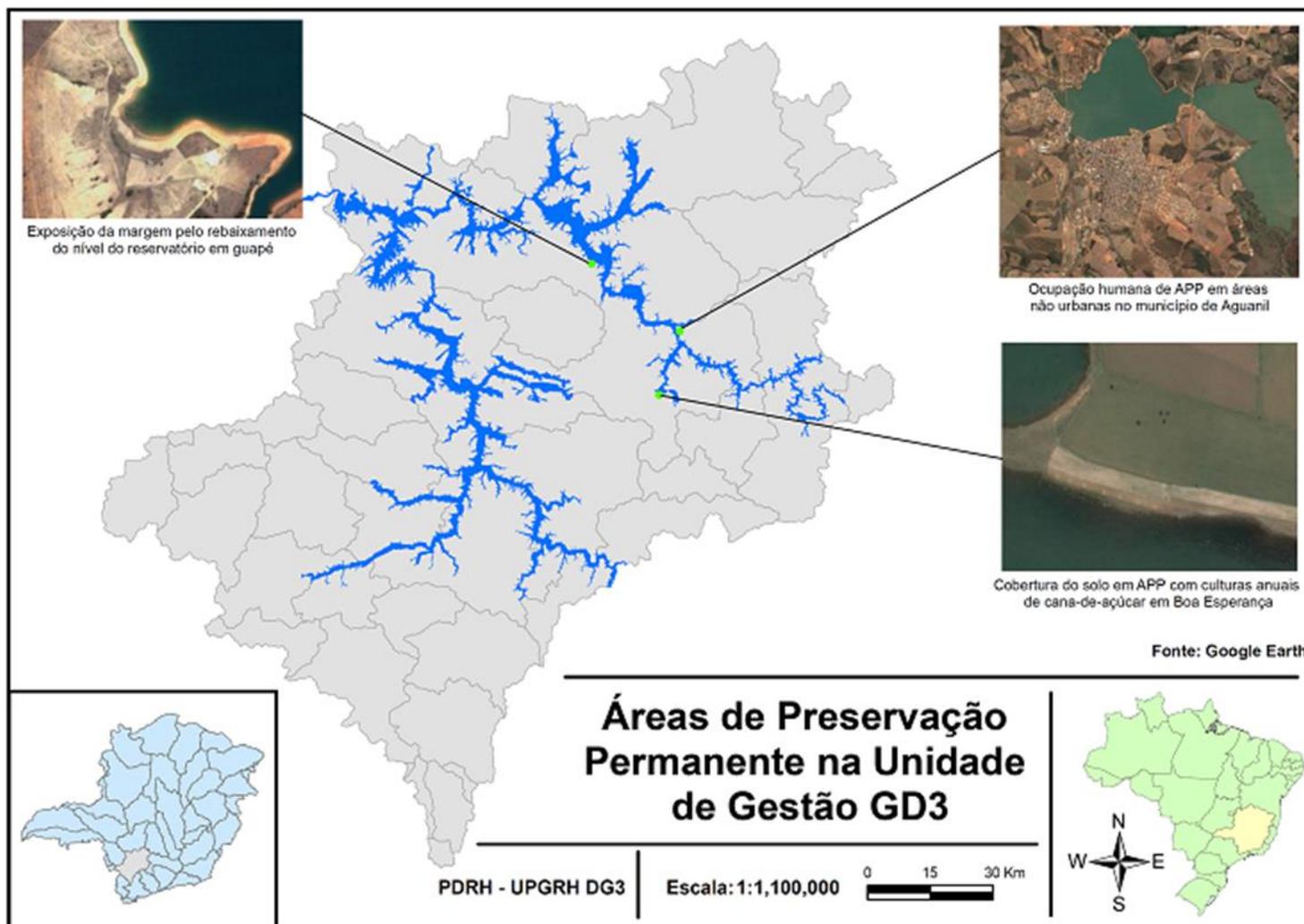


Figura 5.14. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de Guapé, Boa Esperança e Aguanil (Adaptado SILVA, 2006)

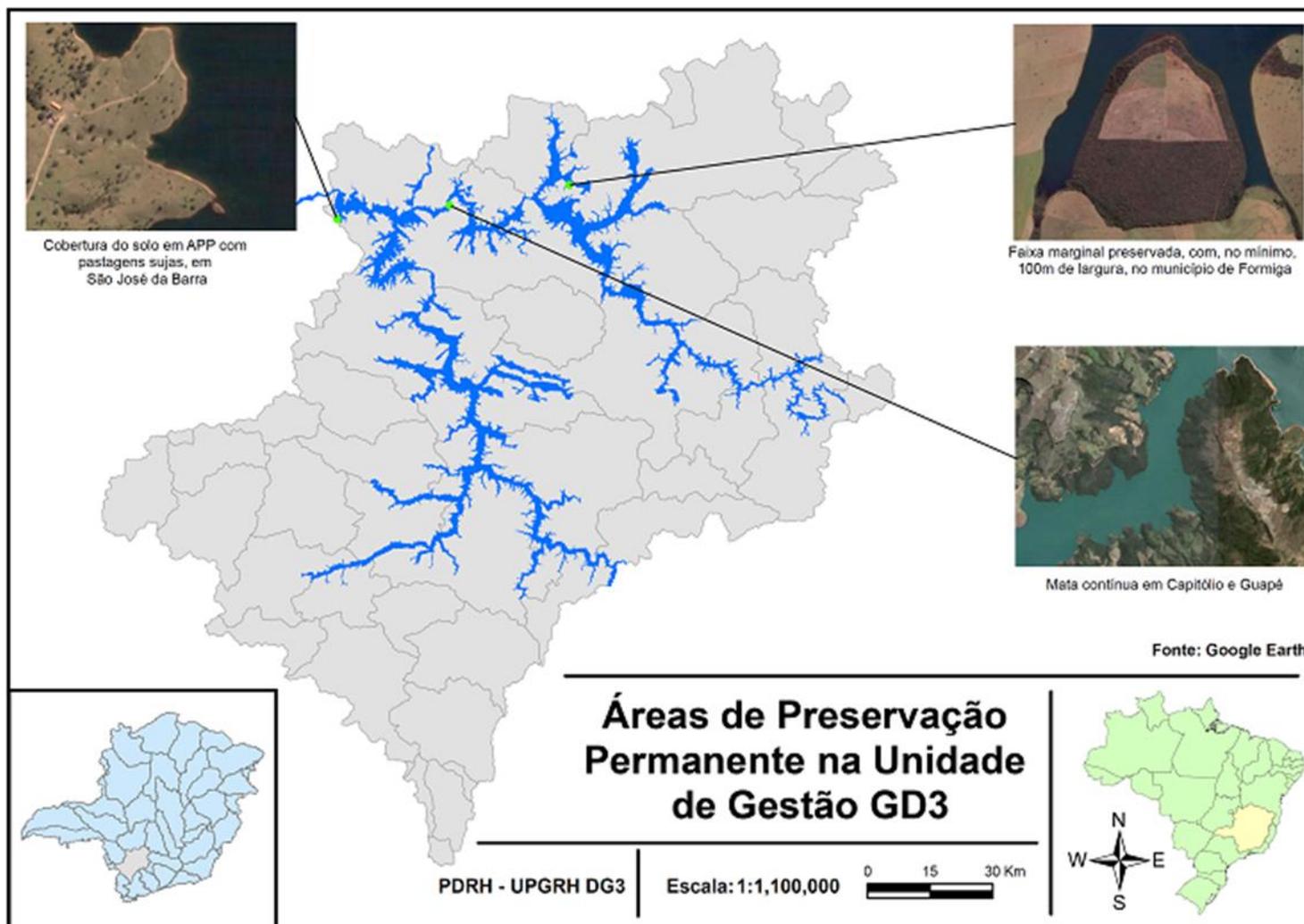


Figura 5.15. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de São José da Barra, Formiga, Capitólio e Guapé (Adaptado SILVA, 2006)

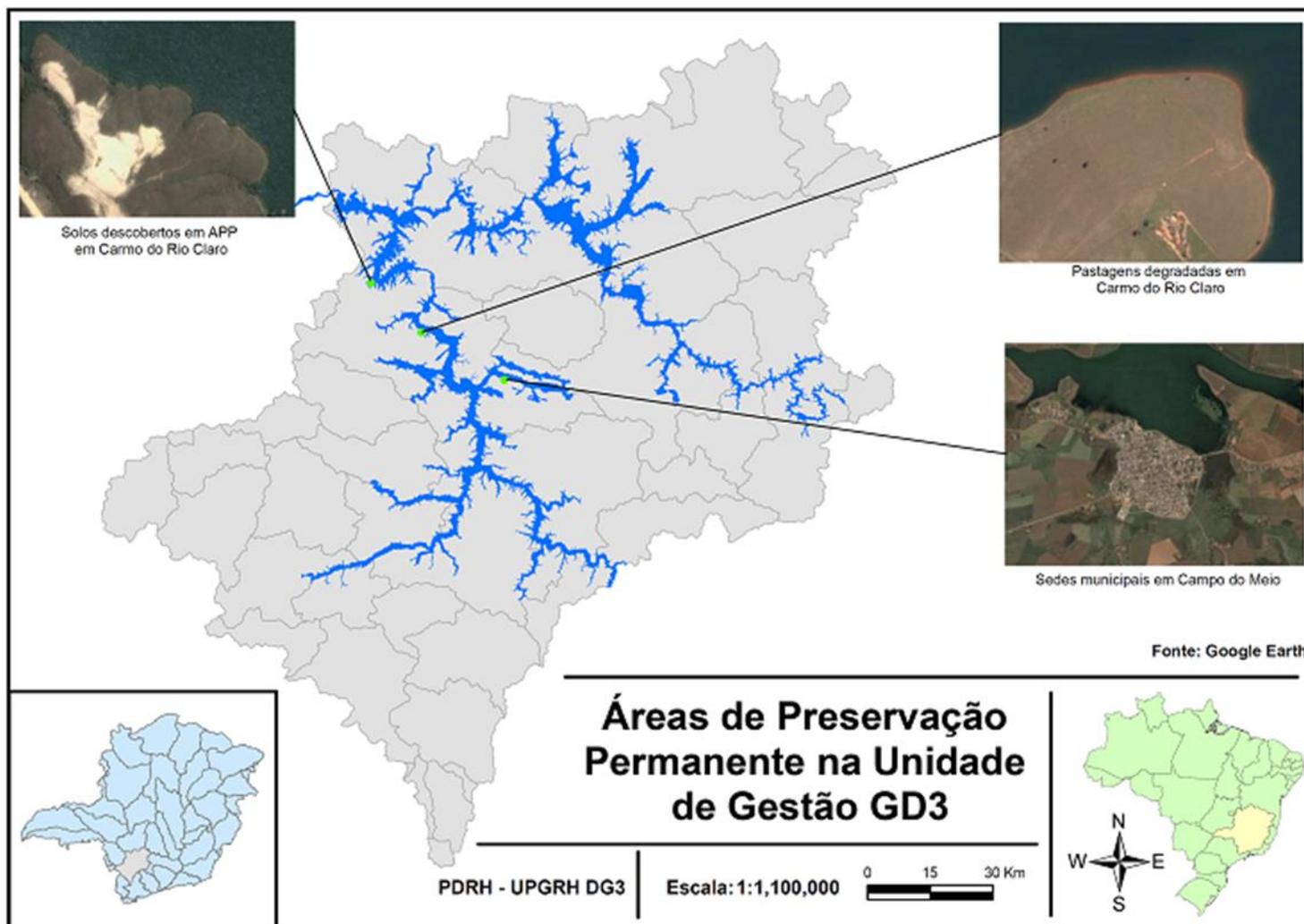


Figura 5.16. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de Carmo do Rio Claro, e Campo do Meio (Adaptado SILVA, 2006)

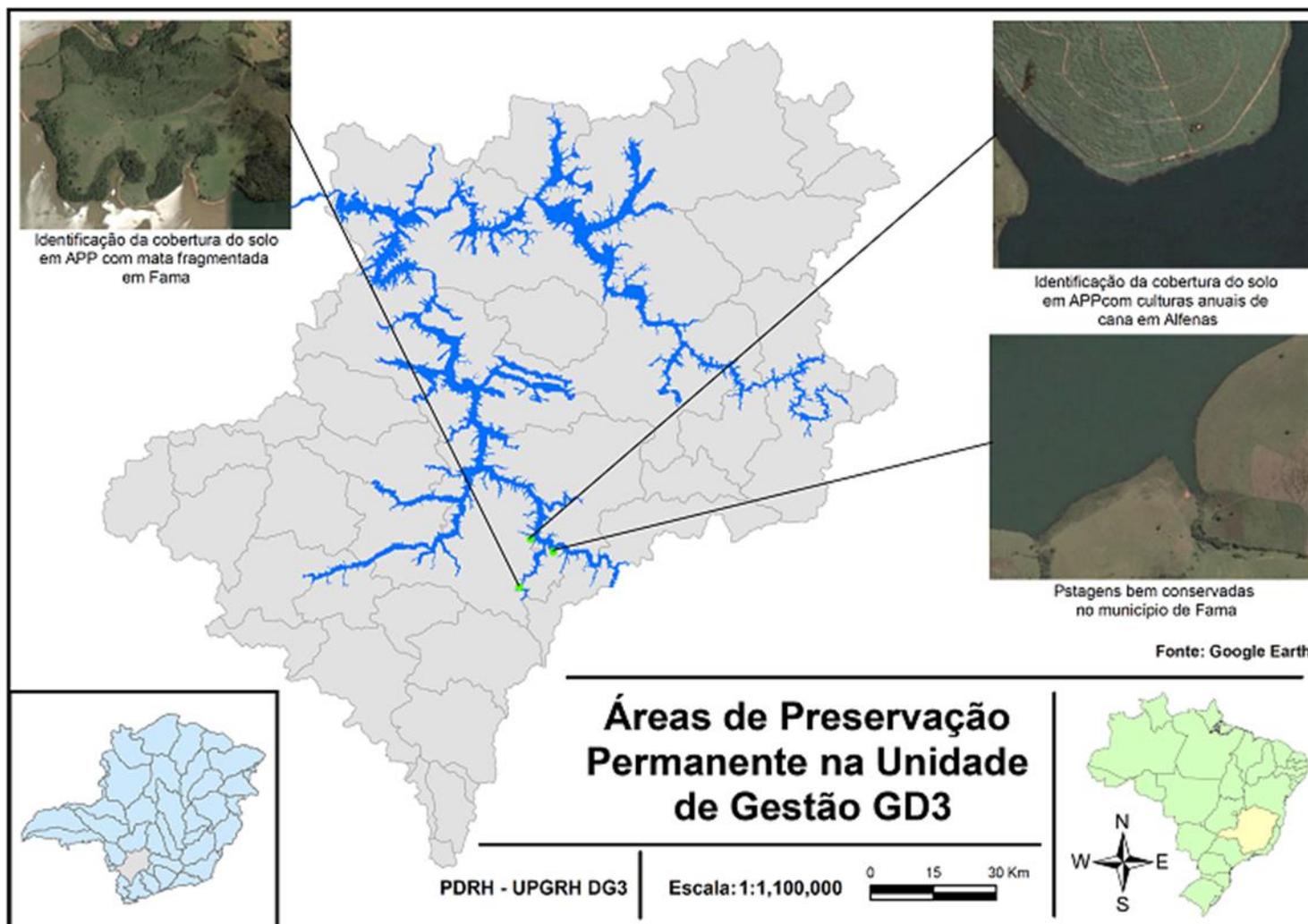


Figura 5.17. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de Fama e Alfenas (Adaptado SILVA, 2006)

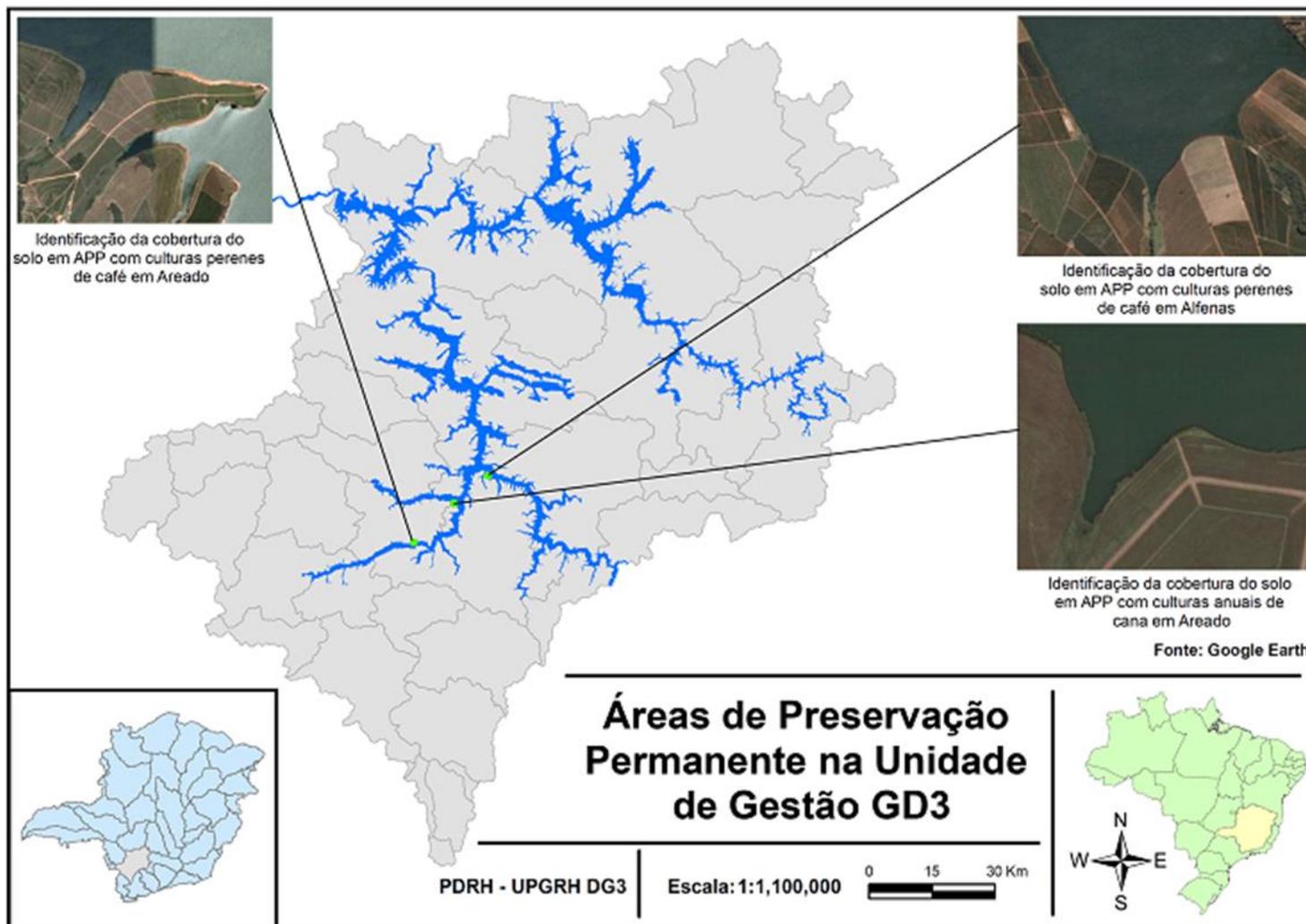


Figura 5.18. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de Areado e Alfenas (Adaptado SILVA, 2006)

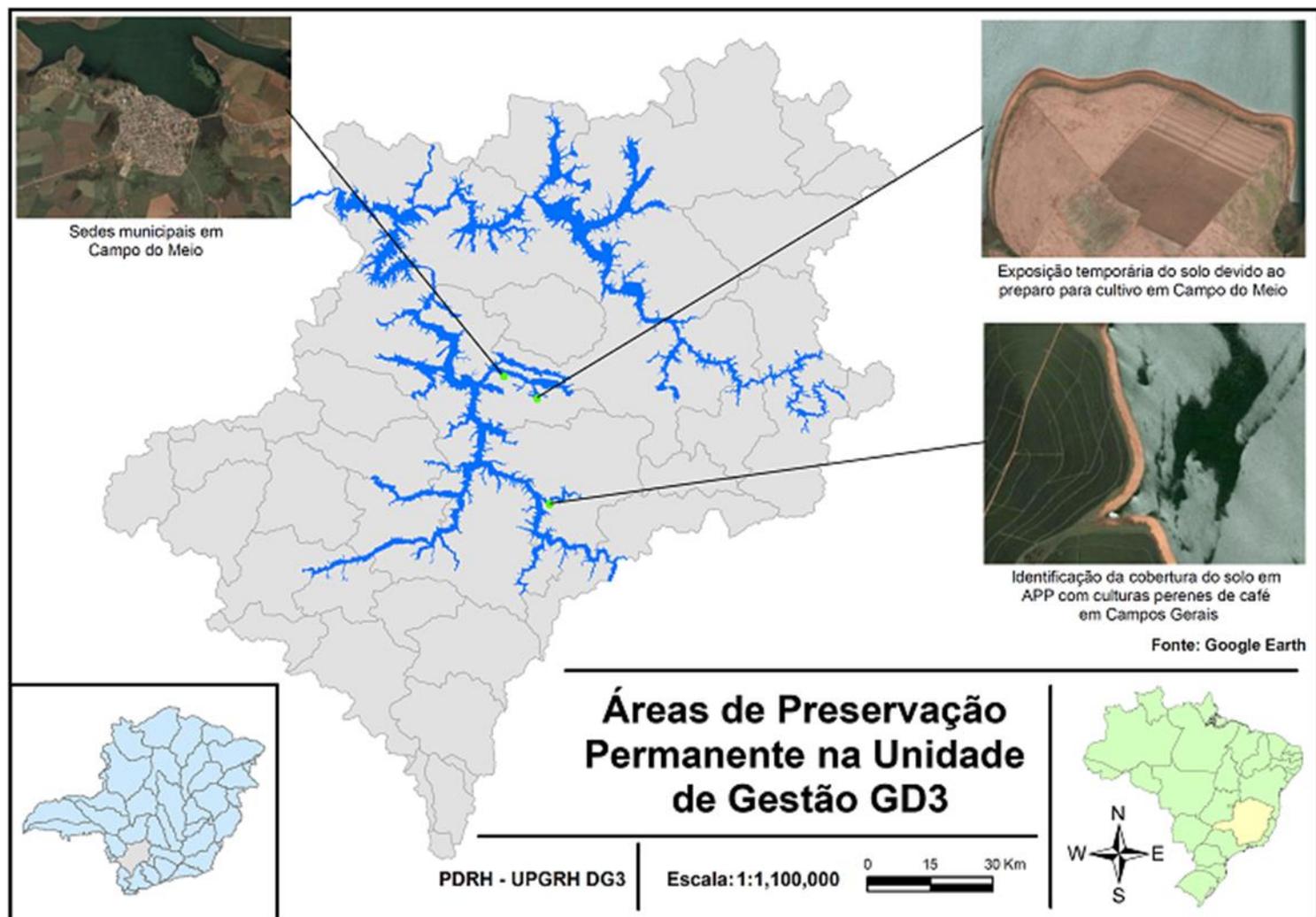


Figura 5.19. Ocupação das margens do reservatório de Furnas nos municípios de Campo do Meio e Campos Gerais (Adaptado SILVA, 2006)

## 5.4 Unidades de Conservação

Segundo a Lei 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), uma Unidade de Conservação (UC) é definida como espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. As Unidades de Conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

- I - Estação Ecológica;
- II - Reserva Biológica;
- III - Parque Nacional;
- IV - Monumento Natural;
- V - Refúgio de Vida Silvestre.

As Unidades de Uso Sustentável tem como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. O Grupo das Unidades de Uso Sustentável é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

- I - Área de Proteção Ambiental;
- II - Área de Relevante Interesse Ecológico;
- III - Floresta Nacional;
- IV - Reserva Extrativista;
- V - Reserva de Fauna;

VI – Reserva de Desenvolvimento Sustentável;

VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Segundo o Instituto Estadual de Florestas (IEF), as Unidades de Conservação localizadas dentro dos limites da Unidade de Gestão do GD3 correspondem principalmente à Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), como mostra a Tabela 5.5. Sabe-se que esta categoria de Unidade de Conservação consiste numa área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica. Um termo de compromisso e assinado entre o proprietário da área e o IEF, que verifica a existência de interesse público e averba a área. Na RPPN é permitida, conforme o seu regulamento, a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais. O IEF presta orientação técnica e científica aos proprietário para a criação das RPPNs, para a elaboração de um Plano de Manejo ou de Proteção e de Gestão da unidade.

Tabela 5.5. Reserva Particular do Patrimônio Natural na Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIO	NOME DA RPPN	PROPRIETÁRIO	ÁREA (ha)	BIOMA	PORTARIA	AVERBAÇÃO
Alfenas	Fazenda Jequitibá	Maria Cristina Weyland Vieira	19,32	Mata Atlântica	Nº 127 28/10/03	10/12/2003
Alterosa	Instituto Olho D'água	David Ricci Justio	2,10	Mata Atlântica	Nº 148 26/12/01	30/01/2002
Alterosa	Josepha Mendes Ferrão	Fábio Ferrão Videira/ Dineila C. Ribeiro Videira	0,50	Mata Atlântica	Nº 149 26/12/01	30/01/2002
Alterosa	São Francisco de Assis	Fábio Ferrão Videira/ Dineila C. Ribeiro Videira	4,20	Mata Atlântica	Nº 145 26/12/01	30/01/2002
Carmo do Rio Claro	Fazenda Alegria	Irineu Checchia Neto	22,44	Cerrado	Nº 08 05/01/07	09/03/2007
Formiga	Paneleiros	Fontex Importadora e Exportador Ltda.	8,15	Cerrado	Nº 160 30/12/02	23/01/2003
Itapecerica	Mata do Tuffi	Nacional de Grafite Ltda.	56,93	Mata Atlântica	Nº 71 06/10/00	28/11/2000
Machado	Sítio Du Tileco	Alex Nogueira Nanneti/ Dulcimara Carvalho Nanneti	7,40	Mata Atlântica	Nº 90 24/07/02	21/08/2002
Monte Belo	Fazenda Lagoa	Maria Cristina Wesland Vieira	291,56	Mata Atlântica	Nº 16 04/02/05	15/06/2005
Três Pontas	Sítio Som e Poesia	Maria Consuelo de Resende Veiga	3,50	Mata Atlântica	Nº 146 26/12/01	09/01/2002

(Fonte: IEF, 2009)

Em relação às Unidades de Conservação Federais, a unidade de gestão conta com o Parque Nacional da Serra da Canastra. O parque, localizado na região sudoeste do estado de Minas Gerais, compreende uma área de aproximadamente 200 mil hectares e foi criado por meio do Decreto nº 70.355/72, abrangendo seis municípios: São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, São João Batista do Glória, Vargem Bonita e Capitólio, o qual pertence à Unidade de Gestão GD3 e possui 18,78% de sua área dentro do Parque (IBAMA, 2009).

Os Parques Nacionais tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. São de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites são desapropriadas, de acordo com o que dispõe a lei. A visitação pública está sujeita às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração, e àquelas previstas em regulamento. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas em regulamento. As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal.

Ainda Segundo dados do IEF, existem duas Unidades de Conservação Estaduais localizadas nos limites da unidade de gestão: APA do Rio do Machado e Parque Estadual Serra da Boa Esperança.

A APA do Rio Machado possui área de 125,4 mil hectares e foi criada a partir da Lei 13.373/99, abrangendo 11 municípios, todos pertencentes a Unidade de Gestão GD3, a saber: Alfenas, Campestre, Congonhal, Espírito Santo do Dourado, Fama, Ipuiúna, Machado, Paraguaçu, Poço Fundo, Santa Rita de Caldas e São João da Mata (IEF, 2009).

As APAs são áreas em geral extensas, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. São constituídas por terras públicas ou privadas. Respeitados os limites constitucionais e os zoneamento, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção

Ambiental. As condições para a realização de pesquisa científica e visitação pública nas áreas sob domínio público serão estabelecidas pelo IEF. Nas áreas sob propriedade privada, cabe ao proprietário estabelecer as condições para pesquisa e visitação pelo público, observadas as exigências e restrições estabelecidas pelo IEF. As Áreas de Proteção Ambiental devem dispor de um Conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente, conforme está disposto no SNUC.

O Parque Estadual Serra da Boa Esperança foi criado pelo Decreto nº 44.520 e publicado no dia 16 de maio de 2007. Localiza-se no município de Boa Esperança, e possui área de 5.873 hectares. O processo de criação do Parque foi iniciado pela Prefeitura de Boa Esperança e por lideranças locais preocupadas com o avanço da ocupação humana que ameaçava o patrimônio natural formado pela Serra. A ampliação da agricultura e a criação do reservatório de Furnas tornaram pequena a disponibilidade de terras no município para a expansão da atividade agropecuária, o que levou agricultores, sitiantes e pecuaristas a expandirem atividades para áreas inadequadas da Serra. A conservação dos abundantes recursos hídricos da região é um dos principais motivos da criação do Parque. A área abriga várias nascentes e cursos d'água de tributários do Rio Grande e do Lago de Furnas (IEF, 2009).

Ne esfera municipal, a unidade de gestão conta com cinco Unidades de Conservação, segundo dados das secretarias das prefeituras. São elas: APA de Coqueiral, APA Pau d'Álho, APA Cabo Verde, Refúgio de Vida Silvestre Mata Lagoa do Fundão e Monumento Natural da Ilha das Pedras.

A APA de Coqueiral foi criada em 17 de maio de 2002, possui área de 6837,5 hectares e está localizada no extremo norte do município de Coqueiral, limitando-se com os municípios de Boa Esperança, Aguanil, Campo Belo e Nepomuceno. A administração da APA de Coqueiral e as demais atividades a ela referentes são reguladas e exercidas pelo Conselho Municipal de Conservação e Defesa do Meio Ambiente de Coqueiral – CODEMA/Coqueiral (IEF, 2009).

As APAs Pau d'Álho e Cabo Verde localizam-se no município de Cabo Verde e foram criadas em 24 de novembro de 2000, possuindo áreas de 5650 e 990 hectares, respectivamente. A administração da APA Cabo Verde, e as demais atividades a ela referentes, são reguladas e exercidas pelo Poder Público Municipal, através do Gabinete do Prefeito.

Por sua vez, o Refúgio de Vida Silvestre Mata Lagoa do Fundão e o Monumento Natural da Ilha das Pedras encontram-se no município de Formiga e foram ambos criados em 07 de agosto de 2009. Possuem áreas de 258 e 143 hectares, respectivamente.

## 5.5 Análise do Capítulo

O presente capítulo apresenta uma breve descrição dos usos do solo e da cobertura vegetal na Unidade de Gestão GD3, realizado através da classificação e análise de imagens de satélite de diferentes fontes. Os resultados mostram que a unidade de gestão apresenta os mesmos problemas encontrados na maioria das bacias brasileiras, tais como ocupação de áreas de APP's por diferentes usos, vegetação natural escassa e com distribuição irregular, aumento de áreas plantadas com culturais anuais e ausências de planejamento na ocupação e uso do solo, tanto urbano como rural.

Conforme já mencionado no Capítulo 4, as áreas com cultivos anuais, principalmente cana-de-açúcar, estão em processo de expansão na região. A tendência natural de crescimento desse tipo de cultivo são as regiões mais planas, que facilitam a mecanização do plantio e colheita. As áreas mais próximas ao Lago de Furnas apresenta essa característica, sendo predominantes os solo do tipo Latossolo, favorável a esse tipo de cultivo. Além disso, o entorno mais próximo ao lago apresenta a vantagens da abundância de água e poderá se beneficiar da possível implantação de um sistema hidroviário no reservatório.

A ocupação das margens do reservatório foi avaliada e mostra que existem regiões onde são respeitados os limites de APP, mas também existem muitas áreas onde a ocupação se estende até a lâmina d'água. Os usos mais comuns dentro das áreas de APP's do Lago são as pastagens, culturas anuais e perene, e áreas urbanas. Algumas cidades, se situam as margens do reservatório e fazem uso direto das águas para abastecimento público, lançamento de efluentes, lazer, turismo, dentre outras atividades a econômicas.

A ocupação das margens do Lago de Furnas será certamente um dos temas mais importantes nas discussões do plano, devido a sua importância econômica para a região. Além disso, exerce influência direta sobre a qualidade das águas do reservatório, podendo contribuir positiva ou negativamente, dependendo da forma como for realizada. Por isso, a definição de

regras claras é essencial para que se consiga recuperar a vegetação natural nas margens do reservatório em compatibilização com os usos atuais e futuros na região.

Em relação às APP's, também se verifica que será necessária uma atuação especial em relação as nascentes e margens de rios, que apresentam um percentual muito baixo de mata ciliar. Tal situação contribui para a perda de qualidade das águas dos rios, facilitando a contaminação por metais pesados oriundos de áreas de cultivo e de mineração. Em termos de quantidade, é preocupante a situação das áreas de nascentes, por sua capacidade de manutenção das águas em áreas rurais. Muitos dos rios da bacia são de pequeno porte e fornecem água para diferentes finalidades. Por isso, a redução do volume das águas das nascentes traz consequências negativas imediatas aos usos rurais, e também urbanos. Assim, caberá ao Plano de Bacia identificar mecanismos para que essa situação seja revertida, preferencialmente através de ferramentas de incentivos aos produtores rurais e empresas para desenvolverem projetos de recuperação dos recursos hídricos.

## 6 Saneamento Ambiental

### 6.1 Atendimento de Água e Esgoto

A COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) é responsável pelo abastecimento de 68,75% dos municípios que fazem parte da Unidade de Gestão GD3, isto é, possui concessão em trinta e três deles, dos quais a sede de oito se localizam fora da Unidade de Gestão GD3 (Tabela 6.1). Os demais municípios são atendidos por prestadores do próprio poder público municipal pelo SAAE's (Serviço Autônomo de Água) e DEMAÉ's (Departamento Municipal de Água e Esgoto), excetuando-se o caso específico do município de Paraguaçu onde o serviço de abastecimento de água é realizado pela COSÁGUA – Concessionária de Saneamento Básico Ltda, empresa terceirizada.

As Figura 6.1 e Figura 6.2 mostram as concessionárias de água para uso doméstico e esgoto, respectivamente, distribuídas nos municípios da unidade. Doze desses municípios possuem suas sedes municipais fora dos limites da Unidade de Gestão GD3. A Tabela 6.2 mostra a extensão da rede de abastecimento de água e de coleta de esgoto dos municípios pertencentes a Unidade de Gestão GD3, conforme dados do SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), criado e desenvolvido pelo PMSS (Programa de Modernização do Setor Saneamento).

De acordo com o banco de dados do SNIS, pode-se caracterizar a unidade a partir dos indicadores operacionais de água referentes a cada município. Estes indicadores computam informações desde o ano de 1995 até 2006 de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade. Segundo SNIS (2008), a Tabela 6.3 apresenta os valores médios dos indicadores operacionais de água, obtidos entre os anos de 2004 a 2006, abrangendo entre 85% a 100% dos municípios da Unidade de Gestão GD3.

Tabela 6.1. Prestadores de água e esgoto dos municípios da Unidade de Gestão GD3

MUNICÍPIO	PRESTADOR ÁGUA	PRESTADOR ESGOTO
Aguanil	Prefeitura (SEMAE)	Prefeitura (SEMAE)
Alfenas	COPASA	COPASA
Alpinópolis	COPASA	Prefeitura
Alterosa	COPASA	Prefeitura
Areado	COPASA	Prefeitura
Boa Esperança	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Botelhos	COPASA	COPASA
Cabo Verde	COPASA	Prefeitura
Camacho	COPASA	Prefeitura
Campestre	COPASA	Prefeitura
Campo Belo	Prefeitura (DEMAE)	Prefeitura (DEMAE)
Campo do Meio	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Campos Gerais	COPASA	Prefeitura
Cana Verde	COPASA	Prefeitura
Candeias	COPASA	Prefeitura
Capitólio	COPASA	Prefeitura
Carmo do Rio Claro	COPASA	COPASA
Conceição da Aparecida	COPASA	Prefeitura
Congonhal	COPASA	COPASA
Coqueiral	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Córrego Fundo	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Cristais	COPASA	Prefeitura
Divisa Nova	COPASA	Prefeitura
Espírito Santo do Dourado	Prefeitura	Prefeitura
Fama	COPASA	COPASA
Formiga	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Guapé	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Guaxupé	COPASA	Prefeitura
Ilicínea	COPASA	Prefeitura
Ipuiúna	COPASA	COPASA
Itapecerica	COPASA	COPASA
Juruiaia	COPASA	Prefeitura
Machado	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Monte Belo	COPASA	Prefeitura
Muzambinho	COPASA	Prefeitura
Nepomuceno	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Nova Resende	COPASA	Prefeitura
Paraguaçu	COSÁGUA	COSÁGUA
Perdões	COPASA	Prefeitura
Pimenta	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)
Poço Fundo	COPASA	Prefeitura
Santa Rita de Caldas	COPASA	COPASA
Santana da Vargem	COPASA	COPASA
São João da Mata	Prefeitura	Prefeitura
São José da Barra	COPASA	Prefeitura
São Pedro da União	COPASA	Prefeitura
Serrania	COPASA	Prefeitura
Três Pontas	Prefeitura (SAAE)	Prefeitura (SAAE)

Fonte: COPASA, COSÁGUA e Prefeituras Municipais



Figura 6.1. Concessionárias de água para uso doméstico por município

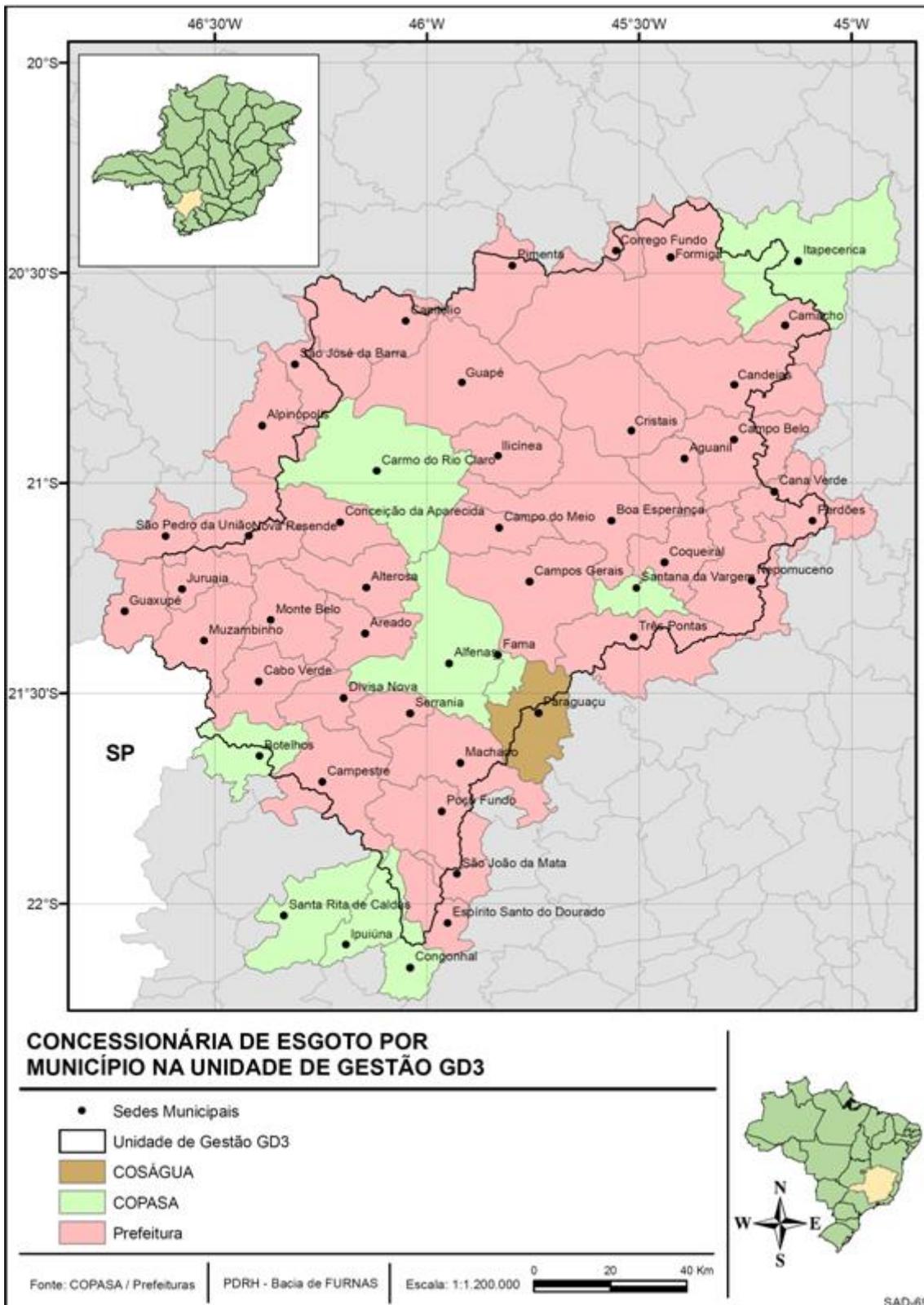


Figura 6.2. Concessionárias de esgoto por município

Tabela 6.2. Extensão da rede de água e esgoto

CIDADE	EXTENSÃO DA REDE DE ÁGUA (km)	EXTENSÃO DA REDE DE ESGOTO (km)
Aguanil	11	8
Alfenas	296	238
Alpinópolis	41	ND
Alterosa	50	ND
Areado	52	ND
Boa Esperança	160	151
Botelhos	45	ND
Cabo Verde	29	ND
Camacho	7	ND
Campestre	49	ND
Campo Belo	169	62
Campo do Meio	35	42
Campos Gerais	99	ND
Cana Verde	21	ND
Candeias	57	ND
Capitólio	47	ND
Carmo do Rio Claro	67	ND
Conceição da Aparecida	33	ND
Congonhal	27	29
Coqueiral	29	30
Córrego Fundo	42	16
Cristais	33	ND
Divisa Nova	26	ND
Espírito Santo do Dourado	15	ND
Fama	18	6
Formiga	310	265
Guapé	40	28
Guaxupé	206	ND
Ilicínea	45	ND
Ipuiúna	21	ND
Itapecerica	97	ND
Juruáia	13	ND
Machado	99	91
Monte Belo	43	ND
Muzambinho	87	ND
Nepomuceno	52	46
Nova Resende	36	ND
Paraguaçu	62	67
Perdões	60	ND
Pimenta	53	36
Poço Fundo	35	ND
Santa Rita de Caldas	25	ND
Santana da Vargem	20	14
São João da Mata	ND	ND
São José da Barra	31	ND
São Pedro da União	21	ND
Serrania	28	ND
Três Pontas	192	182

Fonte: SNIS (2007)

ND – Dados não disponíveis

Tabela 6.3. Resultados obtidos para os indicadores selecionados

INDICADOR	VALOR OBTIDO
Consumo Médio Per Capita de Água	134 L/(hab.dia)
Índice de Atendimento Urbano de Água	98,5%
Índice de Perdas na Distribuição	23%
Índice Bruto de Perdas Lineares	12 m <sup>3</sup> /(dia.km)
Índice de Consumo de Água	76,5%
Índice de Atendimento Total de Água	76%

Comparando o consumo médio per capita de água verificado na unidade de gestão com o valor referente ao estado de Minas Gerais, percebe-se que está abaixo da média estadual, a qual é de 142,5 L/(hab.dia). As médias da região Sudeste e do Brasil são de 173,8 e 149,6 L/(hab.dia), respectivamente, de acordo com SNIS (2008).

Em relação ao índice de perdas na distribuição, isto é, a quantidade de água que não chega ao consumidor em função de vazamentos nos ramais prediais e no sistema de abastecimento, observa-se que o valor obtido está abaixo da faixa esperada para o estado de Minas Gerais (25% a 40%). O índice médio de perda no Brasil é de 39,8%, segundo SNIS (2008).

O índice de atendimento urbano de água calculado para a Unidade de Gestão GD3 está acima dos índices da região Sudeste e do Brasil, que são, respectivamente, de 98,2% e 94,2%. E o índice de atendimento total de água está abaixo dos valores observados para as mesmas regiões, enquanto contabiliza-se 90,9% para a região Sudeste e 80,9% para o Brasil.

Quanto à coleta e tratamento de esgoto, de acordo com a Tabela 6.1, a COPASA é responsável por apenas nove municípios da unidade. Os demais municípios são atendidos por prestadores do próprio poder público municipal (SAAE's, DEMAÉ's, etc.) excetuando-se o município de Paraguaçu onde o serviço de coleta e tratamento de esgoto doméstico também é realizado pela COSÁGUA. Salienta-se que nem todos os municípios possuem tratamento de esgoto, no entanto vale ressaltar que a COPASA está investindo cerca de R\$ 2,7 bilhões num extenso programa de saneamento em Minas Gerais, visando garantir o fornecimento pleno de água tratada nas cidades onde a empresa atua, além da ampliação da coleta de esgoto sanitário para, no mínimo, 95% delas. Com este programa estima-se que o volume de esgoto tratado no estado deve triplicar, passando de 25% para cerca de 75%, conforme informações Divisão de Planejamento Estratégico da companhia (COPASA, 2009).

O projeto de Diagnóstico de Saneamento Ambiental no Entorno do Lago de Furnas realizado pela ALAGO – Associação dos Municípios do Lago de Furnas, fez um levantamento

da situação do saneamento básico nos 52 municípios que a constituem, dos quais 45 destes pertencem à Unidade de Gestão GD3, excetuando Santa Rita de Caldas, São João da Mata e São Pedro da União. Foram verificados vários problemas, que serão relacionados a seguir.

No que diz respeito aos sistemas de abastecimento de água, o problema citado pelo diagnóstico foi que em todas as estações de tratamento de água, o lodo gerado é disposto de forma inadequada nos corpos receptores. Transformando em números, estudos apontados pelo projeto estimam que, para adequar os sistemas de abastecimento de água nas normas ambientais e ainda atender a demanda por um período de 30 anos, o investimento está na ordem dos R\$208 milhões nas sedes municipais e R\$ 7,5 milhões nos distritos.

Quanto aos sistemas de esgotamento sanitário, o maior problema é a falta de tratamento do esgoto. De acordo com dados da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) de outubro de 2009, verifica-se que em apenas 15 municípios há o tratamento de esgoto, sendo que em 11 municípios há o tratamento maior que 80% do esgoto (ou já previsto) e em 4 existe o tratamento até 80% do esgoto (ou já previsto), como mostra a Figura 6.3. O fato do não tratamento do esgoto gera um impacto muito negativo ao ambiente, além de uma imagem ruim das cidades envolvidas perante a sociedade. A estimativa de investimentos para que seja ampliado, implantado e melhorado o sistema de esgoto sanitário, de acordo com dados levantados pela ALAGO, está na casa dos R\$760 milhões nas sedes municipais e dos R\$28 milhões nos distritos.

Tendo em mãos os dados que dizem respeito à situação de obras de saneamento nas cidades que fazem parte da ALAGO, esta associação, através de um questionário que foi passado às prefeituras, fez um levantamento da prioridade de projetos de saneamento que cada município necessita.

Segundo estabelecido no convênio FURNAS/ALAGO, foi priorizado a elaboração de projetos para tratamento de esgoto. No entanto, quando for constatado que existem projetos executivos de esgotamento sanitário, com tecnologias que se enquadram dentro das normas e legislação em vigor, tal associação juntamente com o Fórum Lago recebeu autonomia para determinar a elaboração de projetos executivos de sistema de abastecimento de água, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais, obedecendo esta ordem e priorizando a sede urbana e, posteriormente, os distritos e povoados.

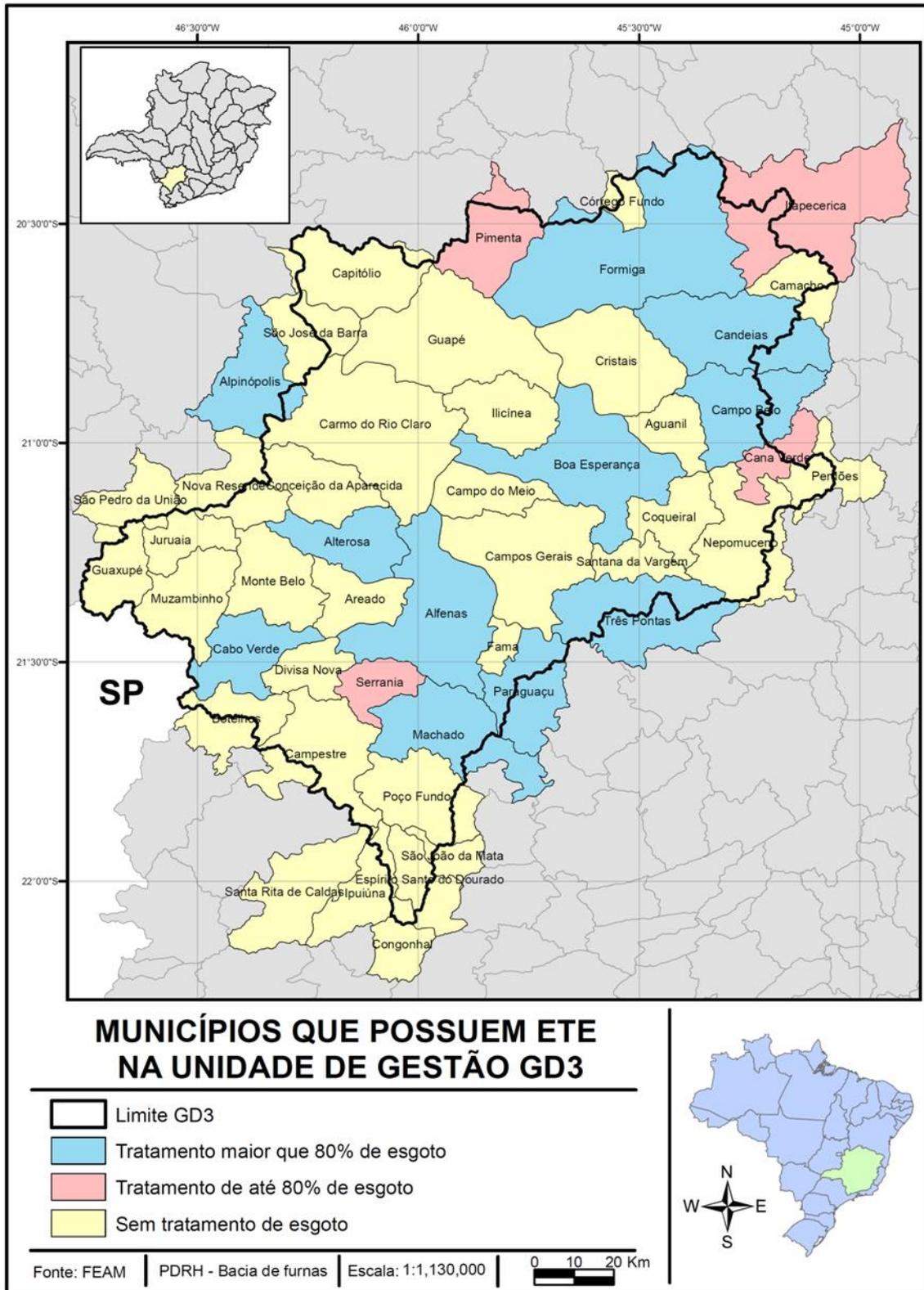


Figura 6.3. Municípios que possuem ETE

Os resultados encontrados para as cidades que compõem a Unidade de Gestão GD3, excetuando Santa Rita de Caldas, São João da Mata e São Pedro da União, que não fazem parte da ALAGO, estão demonstrados na Figura 6.4. Percebe-se que existem 19 projetos de estação de tratamento de esgoto em sedes municipais, 2 projetos de melhorias no sistema de esgoto já existentes, 6 projetos de tratamento de esgoto em distritos e povoados, 8 projetos de tratamento e destinação final de resíduos sólidos e 10 projetos de drenagem urbana.

Deve-se ressaltar que, nos municípios que priorizam projetos para disposição final de resíduos, Boa Esperança, Córrego Fundo, Guaxupé e Machado têm prioridade em projeto de aterro sanitário, Cabo Verde, Congonhal, Ipuiúna e Serrania priorizam UTC (Usina de triagem e compostagem).

## 6.2 Resíduo Sólido

Com a expansão das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover o lixo de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados. Desta forma, as principais formas de disposição dos resíduos sólidos são:

- **Lixão:** Consiste na disposição do resíduo sólido diretamente no solo sem qualquer tipo de tratamento do lixo e do solo, representando, em média o principal destino dos resíduos sólidos no Brasil.
- **Aterro Sanitário:** Consiste na forma mais correta e eficiente de destino final dos resíduos sólidos urbanos, a partir da disposição e compactação do lixo em local selecionado, onde o mesmo é confinado em camadas impermeáveis segundo normas operacionais específicas, com a coleta do chorume e gás.
- **Aterro Controlado:** Trata de um aterro sanitário simplificado, pois não prescinde da coleta do chorume e do gás, apenas compactando o lixo em células sobrepostas recobertas com camadas de solo.
- **Usinas:** Estão ligadas mais ao tratamento do lixo, a fim de reduzir o volume ou o potencial poluidor, do que à sua disposição final. Neste caso, encontram-se as usinas de compostagem, onde a matéria orgânica constituinte do lixo é decomposta por microorganismos e passível de ser usada como adubo; as usinas de incineração, aconselhada

para resíduos hospitalares; usinas de triagem, nas quais o lixo é separado em função do material constituinte, visando à reciclagem ou reuso; e as usinas que realizam tanto a triagem quanto a compostagem, conhecidas como Unidade de Triagem e Compostagem (UTC).

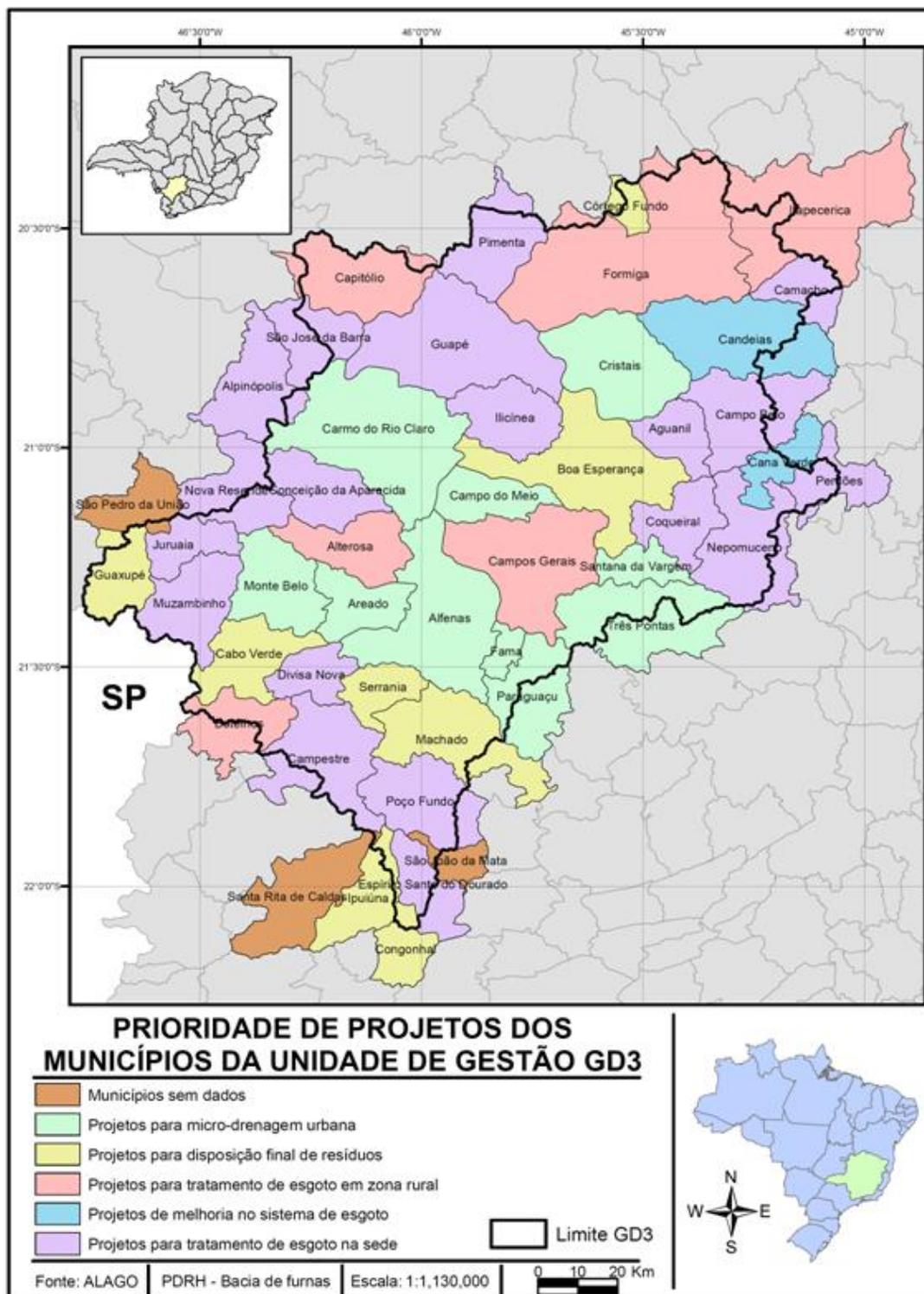


Figura 6.4. Prioridade de projetos de saneamento dos municípios da Unidade de Gestão GD3

Na maioria dos municípios mineiros ainda verifica-se que a disposição final dos resíduos sólidos urbanos é feita em lixões a céu aberto. Sabe-se, no entanto, dos sérios impactos ambientais associados a esta prática a partir da lixiviação do chorume que, além de poluir o solo, ao alcançar as águas subterrâneas e superficiais implica na diminuição de sua qualidade. A contaminação de corpos hídricos acarreta no encarecimento de seu tratamento para o abastecimento urbano e também provoca a proliferação de doenças, como a diarreia infecciosa e hepatite A, por exemplo.

Como pode ser observado na Tabela 6.4, as cidades de Campo Belo e Formiga são as únicas que utilizam aterro sanitário, vinte municípios ainda adotam o lixão como a disposição final do resíduo sólido, outros seis utilizam a unidade de triagem e compostagem e os vinte municípios restantes dispõem seus resíduos sólidos em aterros controlados. A Figura 6.5 ilustra a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios da Unidade de Gestão GD3.

O destino final das embalagens vazias de agrotóxicos, de acordo com a ANDEF (Associação Nacional de Defesa Vegetal), é um procedimento complexo que requer a participação efetiva de todos os agentes envolvidos na fabricação, comercialização, utilização, licenciamento, fiscalização e monitoramento das atividades relacionadas com o manuseio, transporte, armazenamento e processamento dessas embalagens.

A Lei Federal n.º 9.974 de 06/06/00 disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos e determina as responsabilidades para o agricultor, o revendedor, o fabricante e para o governo na questão de educação e comunicação. O Decreto n.º 4.074 de 08/01/02, Regulamenta a Lei nº. 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. O não cumprimento destas responsabilidades poderá implicar em penalidades previstas na legislação específica e na lei de crimes ambientais (Lei n.º 9.605 de 13/02/98), como multas e até pena de reclusão (ANDEF, 2009).

A partir da Lei 9.974/2000, as indústrias fabricantes de agrotóxicos estabelecidas no Brasil criaram o INPEV (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias) para gerenciar o sistema de destinação de embalagens.

Tabela 6.4. Situação da disposição final dos resíduos sólidos

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>TIPOS DE DISPOSIÇÃO</b>
Aguanil	Aterro Controlado
Alfenas	Aterro Controlado
Alpinópolis	Lixão
Alterosa	Lixão
Areado	Lixão
Boa Esperança	Lixão
Botelhos	Aterro Controlado
Cabo Verde	Aterro Controlado
Camacho	UTC
Campestre	Aterro Controlado
Campo Belo	Aterro Sanitário
Campo do Meio	Lixão
Campos Gerais	Lixão
Cana Verde	Lixão
Candeias	UTC
Capitólio	Lixão
Carmo do Rio Claro	Lixão
Conceição da Aparecida	Aterro Controlado
Congonhal	Aterro Controlado
Coqueiral	Aterro Controlado
Córrego Fundo	Aterro Controlado
Cristais	UTC
Divisa Nova	Aterro Controlado
Espírito Santo do Dourado	Lixão
Fama	Lixão
Formiga	Aterro Sanitário
Guapé	UTC
Guaxupé	Aterro Controlado
Ilicínea	UTC
Ipuiúna	Aterro Controlado
Itapecerica	Aterro Controlado
Juruáia	Aterro Controlado
Machado	Lixão
Monte Belo	Lixão
Muzambinho	Aterro Controlado
Nepomuceno	Lixão
Nova Resende	UTC
Paraguaçu	Lixão
Perdões	Lixão
Pimenta	Aterro Controlado
Poço Fundo	Lixão
Santa Rita de Caldas	Aterro Controlado
Santana da Vargem	Lixão
São João da Mata	Lixão
São José da Barra	Aterro Controlado
São Pedro da União	Aterro Controlado
Serrania	Lixão
Três Pontas	Aterro Controlado

Fonte: FEAM

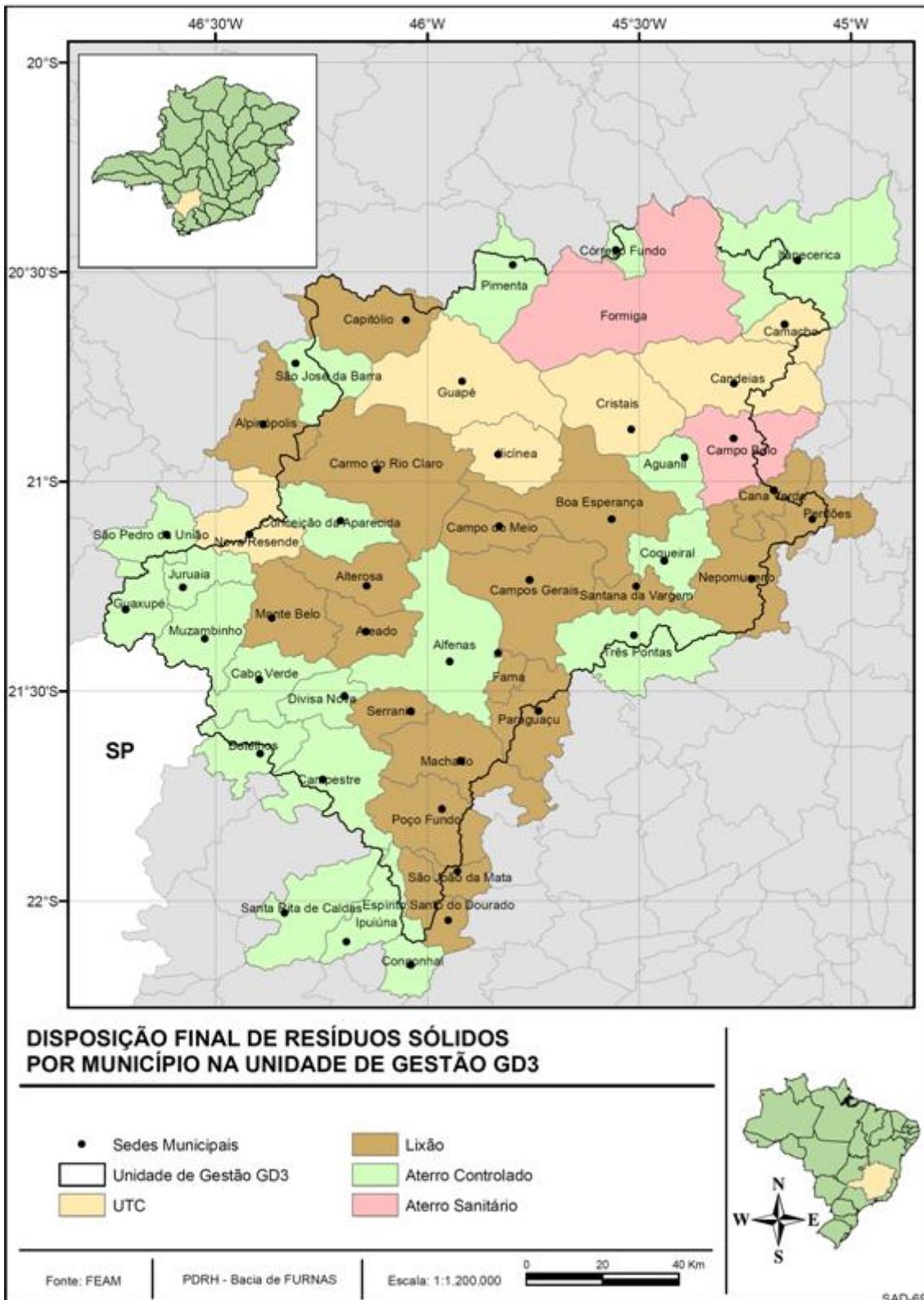


Figura 6.5. Disposição final de resíduos sólidos por municípios

Antes dessa lei, havia pouco controle sobre o descarte de embalagens vazias de agrotóxicos, com exceção de alguns programas pontuais estaduais e municipais. Porém, a prática mais freqüente era de enterrá-las, queimá-las ou mesmo reutilizá-las, na propriedade, com diferentes finalidades, algumas inadequadas.

As embalagens vazias de agrotóxicos, quando abandonadas no ambiente ou descartadas em aterros e lixões, constituem potenciais fontes de contaminação. Se estiverem com resto de agrotóxicos, aumentam seu potencial de contaminação, uma vez que esses resíduos químicos tóxicos nelas contidos, sob ação da chuva, podem migrar para o solo e para as águas superficiais e subterrâneas (INPEV, 2009).

O IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) é o instituto responsável pela fiscalização do comércio, do armazenamento e do uso de agrotóxicos registrados para uso na agricultura e proteção de florestas plantadas no estado de Minas Gerais. Para serem comercializados dentro do estado de Minas Gerais, os agrotóxicos devem ser cadastrados no IMA e registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ou no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). O estabelecimento que comercializa agrotóxico, componentes e afins deve estar credenciado a uma central ou posto de recebimento de embalagens vazias licenciado no órgão estadual do meio ambiente e situado em local cujo acesso não dificulte a devolução pelos usuários (IMA, 2009).

Todos os elos da cadeia produtiva agrícola arcam com a sua parte dos custos como a seguir: o agricultor tem o custo de retornar as embalagens até a unidade ou ponto de devolução indicado na nota fiscal de venda; o comerciante (revendedores e cooperativas) os custos de construção e administração das unidades de recebimento, os quais são compartilhados com as empresas fabricantes; as empresas fabricantes também são responsáveis pelos custos de logística e destinação final e o governo deve participar em conjunto com os demais envolvidos dos custos da educação aos agricultores.

As unidades de recebimento de embalagens vazias são postos ou centrais de recebimento. A definição de posto de recebimento é um local que se restringe ao recebimento, registro, classificação quanto ao tipo de embalagem e armazenamento temporário de embalagens vazias de agrotóxicos e afins, que atendam aos usuários até a transferência das embalagens para uma central de recebimento que, por sua vez, é um local de recebimento, registro, classificação quanto ao tipo de embalagens vazias de agrotóxicos e afins, que atende aos usuários e postos de recebimento e possui equipamento para a redução

de volume para acondicionamento, até a retirada das embalagens para a destinação final adequada (INPEV, 2009).

A partir de dados do INPEV (2009), percebe-se que dos municípios que fazem parte da Unidade de Gestão GD3, apenas nove deles possuem unidades de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos. Oito são postos de recebimento e localizam-se nas cidades de Alfenas, Boa Esperança, Campo Belo, Campo Gerais, Carmo do Rio Claro, Formiga, Machado e Paraguaçu e uma é central de recebimento, localizada em Três Pontas. Atualmente, na região Sul de Minas Gerais operam, além da de Três Pontas, as centrais de recebimento de Pouso Alegre e a de São Sebastião do Paraíso, cidades próximas da unidade de gestão GD3.

Um incentivo para a sustentabilidade que não deve ser esquecido é o ICMS ecológico, que tem sido considerado uma importante ferramenta para o avanço de um modelo de gestão ambiental compartilhada entre os estados e municípios do Brasil, com reflexos objetivos em vários temas, com destaque no tratamento adequado do lixo e esgoto e na conservação da biodiversidade.

No critério de saneamento ambiental, para ter direito ao ICMS ecológico a administração municipal deve obter a Licença de Operação (LO) de aterro sanitário, usina de triagem e compostagem ou de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), concedida pelo COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. Tendo a concessão de LO, a FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente cadastra a devida prefeitura como apta a receber tal recurso. Sendo o ano dividido em quatro trimestres, tal recurso começa a ser recebido no trimestre posterior ao cadastro efetivado na FEAM.

A cidade de Campo Belo é vista pela FEAM como cidade modelo para o Estado de Minas Gerais. Isto porque, mesmo possuindo pouco mais de 50 mil habitantes, possui coleta seletiva adequada, além de uma UTC (Usina de Triagem e Compostagem) e um aterro sanitário. A cidade recolhe, mensalmente, 30 toneladas de lixo, sendo que a coleta, separação e venda do material reciclável é feita pela ASCARBE (Associação dos Catadores de Lixo de Campo Belo), que também administra a UTC. Vale destacar também que Campo Belo possui um programa de coleta de óleo de cozinha, que é encaminhado para a UFLA – Universidade Federal de Lavras para fins como matéria prima para a produção de biodiesel e sabão.

Como incentivo à implantação da coleta seletiva, foi aprovada, no início deste ano, lei que destina parte do ICMS Ecológico a municípios que incentivem a reciclagem. No entanto, a

lei só entrará em vigor quando for feito um decreto que regulamente a forma de qualificar os diferentes sistemas de coleta seletiva.

Outra cidade que merece destaque no âmbito de disposição final de resíduos sólidos é a cidade de Formiga, que no dia 8 de agosto de 2009 inaugurou o seu aterro sanitário que atende a todas as normas ambientais, dentre elas, o respeito às distâncias, que devem ser de, no mínimo, 500 metros das comunidades e de 300 metros de mananciais. Uma das sete plataformas que constam no projeto já está concluída e preparada para receber o lixo. Cada plataforma possui uma área média de 16.000 m<sup>2</sup>, e estudos mostram que tal obra atenderá o município de Formiga por 21 anos. Os custos da obra foram de, aproximadamente, R\$ 2 milhões e o tempo gasto para ser construído foi de 2 anos. As Figura 6.6 e Figura 6.7, demonstram, respectivamente, os aterros sanitários de Campo Belo e de Formiga.



Figura 6.6. Entrada do aterro sanitário em Campo Belo



Figura 6.7. Aterro sanitário de Formiga

### 6.3 Análise do Capítulo

As condições de saneamento dos municípios da bacia são fundamentais para entender a qualidade das águas na bacia, pois possui influência direta sobre as águas. Os dados da bacia mostram que todas as cidades possuem índices elevados de abastecimento de água potável, mas não tratam seus efluentes. Em todo eles existem redes de coleta de esgoto, mas grande parte ainda não possui estação de tratamento de esgoto, que são lançados diretamente nos cursos d'água ou no Lago de Furnas.

A disposição final dos resíduos sólidos também é inadequada em quase todas as cidades. O único município que possui aterro sanitário é Formiga, mas inaugurado recentemente. A grande maioria ainda dispõe os resíduos em lixões a céu aberto, que pode gerar contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

A consequência desse cenário é a degradação dos recursos hídricos, gerando níveis elevados de doenças de veiculação hídrica, aumento nos custos de tratamento de água e

prejuízos ao meio ambiente como um todo. No sentido de reverter esse quadro, os municípios da região vêm realizando estudos e projeto em conjunto, através da ALAGO, para melhoria das condições de saneamento. Já foi elaborado um diagnóstico e atualmente estão sendo executados projetos executivos dos sistemas de saneamento desses municípios. A fase seguinte será a execução das obras, que ainda dependerá da captação de recursos financeiros. Esse esforço está alinhado com os objetivos do Plano de Bacia, que deverá reforçar a necessidade de melhoria das condições de saneamento, colocando-a como tema prioritário na gestão dos recursos hídricos da bacia.

## 7 Análise da Qualidade Ambiental

### 7.1 Qualidade ambiental e Recursos Hídricos

As ações antrópicas sobre o ambiente podem prejudicar os ecossistemas quando não orientadas adequadamente, ou fiscalizadas por instituições que detêm competências para tal. A sociedade também possui papel fundamental na manutenção da qualidade do meio, sendo necessária sua colaboração na fiscalização e no desenvolvimento de programas e projetos originados tanto no âmbito dos poderes constituídos, quanto entre instituições públicas, privadas e não-governamentais. Nos capítulos anteriores foram diagnosticados vários aspectos referentes ao meio físico, biótico e antrópico que compõem a Unidade de Gestão GD3 a fim de orientar a formulação, especialmente neste caso, do Plano Diretor de Recursos Hídricos, para que cenários futuros sejam atingidos a partir da realidade do presente. Cabe, no entanto, resumir os aspectos diagnosticados a partir do levantamento da qualidade ambiental da área.

Os aspectos analisados nos capítulos anteriores foram sintetizados neste capítulo através do levantamento de índices que refletissem a fragilidade ambiental da área em estudo. Procurou-se associar o diagnóstico de certos parâmetros aos possíveis impactos ambientais conseqüentes, ligados a influências negativas na qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Para isso, foram listados 5 indicadores, e submetidos a uma equipe multidisciplinar que os avaliou, tomando como base dados primários e secundários, estudos específicos e a experiência profissional de cada um da equipe.

Nos capítulos seguintes serão discutidos, de maneira mais detalhada, aspectos referentes à disponibilidade hídrica e a qualidade dos recursos hídricos da região. Por hora, assinalam-se apenas alguns parâmetros que eventualmente possam interferir na qualidade ambiental dos recursos hídricos da unidade, para os quais deve atentar o futuro plano diretor pretendido.

## 7.2 Metodologia

A análise ambiental da Unidade de Gestão GD3 baseou-se em uma metodologia desenvolvida pelo Centro de Excelência em Eficiência Energética (EXCEN) – disposta no Manual de Inventário Hidrelétrico das Bacias Hidrográficas (CEPEL, 2007) – que inicialmente era utilizada na seleção de alternativas em aproveitamentos hidrelétricos de menor impacto ambiental.

De maneira geral, esta metodologia propõe a divisão da unidade em subáreas com características semelhantes, avaliando-as comparativamente entre si a partir de indicadores sócio-econômico-ambientais. As notas atribuídas aos indicadores foram obtidas de relações matemáticas entre os parâmetros considerados, e de consultas *ad hoc* à equipe técnica. A seguir apresenta-se de maneira mais detalhada o procedimento utilizado.

### 7.2.1. Divisão das subáreas de fragilidade

A fim de avaliar a fragilidade ambiental da Unidade de Gestão GD3, esta foi dividida em cinco subáreas de fragilidade (AF), que juntas recobrem toda a extensão da unidade. Para esta divisão, foi efetuada uma análise visual de seis parâmetros: hierarquia fluvial, fisionomia vegetal, precipitação, relevo, temperatura e tipo de solo. Tal análise buscou identificar áreas onde havia certa homogeneidade dos parâmetros, diferenciando-as das demais.

### 7.2.2. Cálculo da fragilidade segundo os indicadores sócio-ambientais

As subáreas foram avaliadas a partir de 5 indicadores apresentados a seguir. A cada indicador foi atribuída uma nota, variando de 0,0 (baixa fragilidade) a 1,0 (alta fragilidade), resultantes de relações matemáticas ou por meio de consultas *ad hoc* aos membros da equipe técnica. A composição da nota final de fragilidade se deu por meio de uma média aritmética das notas de cada indicador, ponderada por pesos de 1 (baixo impacto) a 3 (alto impacto) em função da relação entre o indicador e seu impacto negativo no meio. Vale salientar que a atribuição de notas a cada indicador foi feito a partir da comparação entre as subáreas definidas na Unidade de Gestão GD3, não sendo correta a extrapolação dos valores encontrados para a região com outra localidade ou unidade.

$$N_{AF} = \frac{\sum_{i=1}^{n=13} p_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^{n=13} p_i}$$

Onde:

$N_{AF}$  : Nota da Área de Fragilidade, variando de 0,0 a 1,0;

$p_i$  : Peso do indicador  $i$ , variando de 1 (baixo impacto) a 3 (alto impacto);

$I_i$  : Nota do indicador  $i$ , variando de 0,0 (baixa fragilidade) a 1,0 (alta fragilidade);

- *Hierarquia fluvial (Peso 2,0):*

A partir deste indicador, a fragilidade ambiental considerou o comprimento total de cursos d'água referentes a cada uma das sete ordens de magnitude fluvial. Supõe-se que quanto maior o comprimento de cursos d'água de ordens maiores, maior seria a capacidade de autodepuração dos mesmos, e conseqüentemente menor a fragilidade da região.

- *Ictiofauna (Peso 3,0):*

A partir de dados secundários dispostos em bibliografia específica, a atribuição de notas deste indicador foi feito por meio de consultas *ad hoc*, onde foi considerada a fragilidade das espécies aquáticas e a existência de espécies em extinção.

- *Faixa Marginal (Peso 3,0):*

De acordo com o capítulo 5 acima, foi diagnosticado o uso do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) nas margens de cursos d'água, com os seguintes temas: água, área urbana, cultivo anual, cultivo perene, mata, pastagem, reflorestamento e solo exposto. A média aritmética dos usos contabilizados em cada subárea, ponderados por pesos entre 1 (baixo impacto nos recursos hídricos) e 3 (alto impacto nos recursos hídricos) resultou na nota deste indicador.

- *Qualidade da água (Peso 3,0):*

Neste indicador foi considerada a média dos valores referentes ao Índice de Qualidade da Água (IQA) contabilizado nos três últimos anos, a partir das estações de monitoramento existentes na região. Em cada subárea foi encontrada ao menos uma estação de monitoramento, apenas na subárea que abrangeu o Lago de Furnas foram contabilizadas seis estações.

- *Aspectos econômicos (Peso 1,0):*

A avaliação deste indicador contou com a análise dos três aspectos seguintes, sendo que sua nota consistiu na média das notas atribuídas a estes aspectos. Por sua vez, a nota dos aspectos para cada subárea baseou-se na média dos parâmetros municipais, ponderados pela área municipal inserida na subárea.

- *Padrão de consumo:* Foi considerado como critério o Produto Interno Bruto per capita (PIB/capita) dos municípios que constituem a unidade de gestão.

- *Qualidade de vida:* Foi considerado os valores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de cada município presente na unidade de gestão.

- *Atividades econômicas:* Foi analisada a dependência econômica de cada município, com relação à agropecuária, indústria e serviços.

Supôs-se que quanto mais arrojados os aspectos econômicos, maiores os potenciais impactos negativos que as respectivas atividades poderiam trazer ao meio e aos recursos hídricos. Este indicador foi ponderado com o peso 1,0, pelo fato dos potenciais impactos não serem imediatos, e nem sempre configurarem aspectos de fragilidade.

### **7.3 Fragilidade ambiental da Unidade de Gestão GD3**

A partir dos procedimentos metodológicos acima mencionados, a Unidade de Gestão GD3 foi dividida em cinco subáreas de fragilidade (Figura 7.1), com suas respectivas áreas apresentadas na Tabela 7.1. Observa-se que o Lago de Furnas compõe apenas uma subárea, sendo a de maior dimensão. As outras quatro subáreas possuem dimensões próximas, cujos corpos d'água alimentam os braços do lago. A AF 2 e AF 4 abrangem considerável número de municípios da unidade, já a AF 1 é composta por apenas oito, dos quais seis tem sede dentro da unidade de gestão.

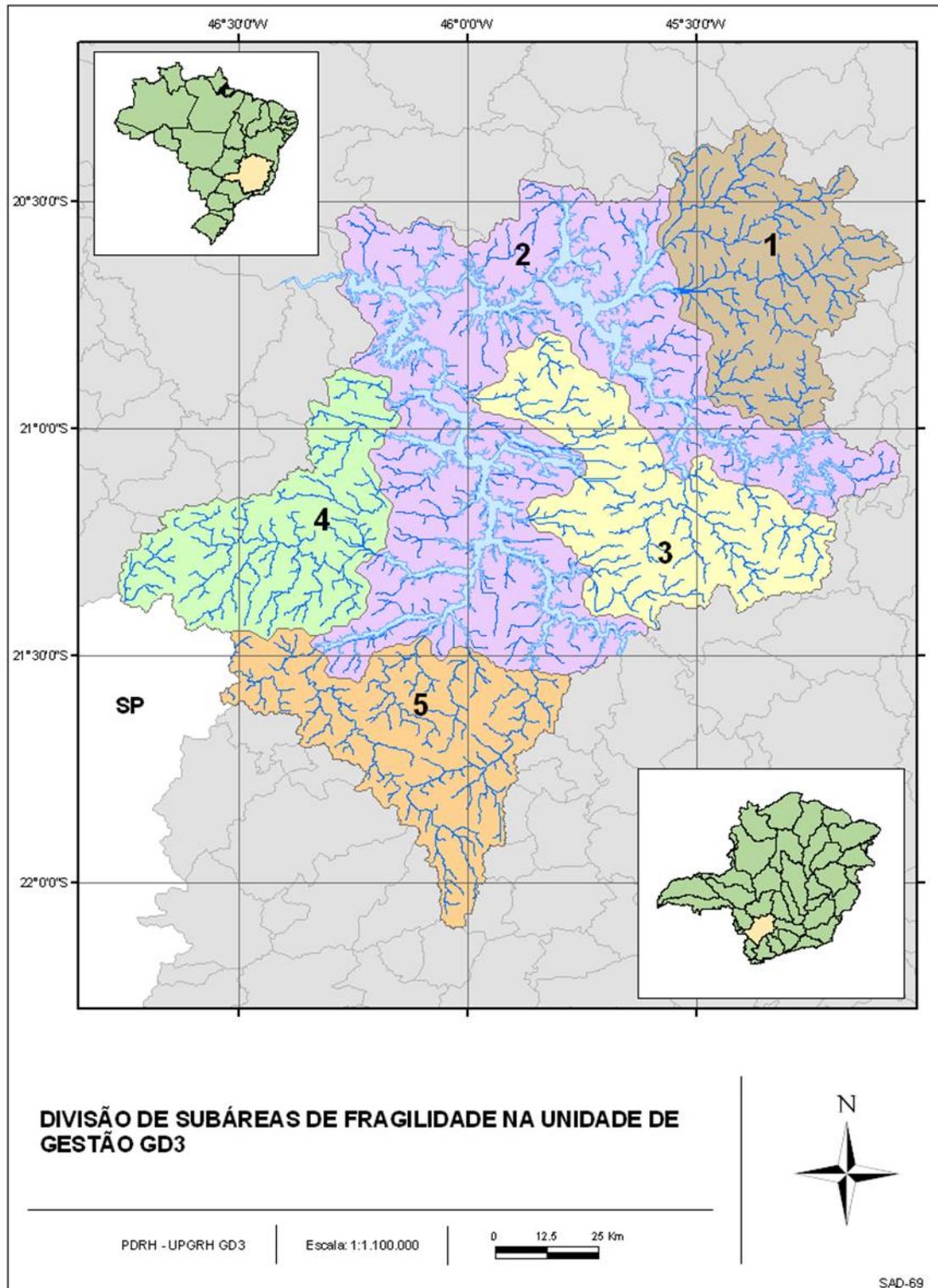


Figura 7.1. Divisão da Unidade de Gestão GD3 em subáreas de fragilidade

Tabela 7.1. Características das Áreas de Fragilidade

SUBÁREA	ÁREA [km <sup>2</sup> ]
AF1	2373,9
AF2	6967,5
AF3	2543,8
AF4	2176,2
AF5	2446,6

As notas referentes aos indicadores avaliados e a nota final de fragilidade estão dispostas na Tabela 7.2 seguinte. A Figura 7.2 ilustra as subáreas em função da classe de fragilidade.

Tabela 7.2. Notas de fragilidade dos indicadores para a Unidade de Gestão GD3

INDICADORES	PESO	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
Hierarquia Fluvial	2,0	1,0	0,6	0,2	1,0	1,0
Ictiofauna	3,0	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5
Faixa marginal	3,0	0,5	0,1	0,9	0,9	0,9
Qualidade da água	3,0	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8
Aspectos econômicos	1,0	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Nota de fragilidade	N <sub>AF</sub>	<b>0,66</b>	<b>0,48</b>	<b>0,59</b>	<b>0,75</b>	<b>0,78</b>
Classe		<b>Alta</b>	<b>Muito Alta</b>	<b>Baixa</b>	<b>Muito Alta</b>	<b>Muito Alta</b>

De maneira geral, e segundo a metodologia aplicada, as cinco subáreas apresentaram valores próximos para os indicadores ictiofauna e aspectos econômicos. De acordo com o capítulo 4 acima, pode-se verificar que não existem discrepâncias econômicas acentuadas entre os municípios, em termos de desenvolvimento humano, renda *percapita*, e outros fatores. Da mesma forma não foi observada grandes diferenças nos valores associados à ictiofauna. Por sua vez, os valores apresentados pela qualidade da água, estimados pelas estações de monitoramento na região, embutem incertezas, o que eventualmente acarretaria na sua alteração. Isso por conta da baixa densidade de amostragem, perda de dados registrados em algumas estações, e heterogeneidade temporal na amostragem. No entanto, verificou-se que o parâmetro decisivo na análise proposta foi a ocupação da faixa marginal, o pode influenciar diretamente em termos quantitativos e qualitativos os recursos hídricos da região.

A subárea AF1, sendo composta por poucos municípios com medianos indicadores econômicos, apresentou a menor nota para estes aspectos. À esta região foi atribuída altos valores associados à hierarquia fluvial e qualidade de água, que juntos com faixa marginal, enquadram a região em “média fragilidade”.

A qualidade da água, segundo a única estação localizada na subárea (Rio Formiga), apresentou valores ruins, resultando numa alta fragilidade. Vale ressaltar que não foi possível o cálculo de uma média anual devido à perda de dados referentes aos coliformes termotolerantes. No entanto, atenta-se para a possível diminuição da qualidade em função das atividades mineradoras que estão em processo de entrarem em operação. Mesmo não sendo ainda registradas atividades de exploração na área, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), observa-se um expressivo número de Requerimento para Lavra (cerca de 70% de 125 pedidos registrados na unidade de gestão) e Autorização para Pesquisa (cerca de 40% de 90 pedidos registrados), que sinaliza tal preocupação.

Quanto à faixa marginal, considerando uma largura média de 30m de APP ao longo dos rios, observa-se que 40% e 50% das margens dos corpos d'água correspondem a pastagens, seguidos de cultivos perenes (30%) e cultivos anuais (17%). Com ressalvas às incertezas na classificação das imagens e considerando uma cobertura uniforme de pastagem<sup>1</sup>, percebe-se que mesmo verificando mata em apenas 2,8% das APP's, a nota deste indicador apresenta uma alta fragilidade (0,5), sinalizando a importância da implementação de medidas conservacionistas para estas áreas de preservação.

Por sua vez, a subárea AF2, a região do entorno do Lago de Furnas, apresentou maior intensidade econômica em relação AF1, correspondendo um valor maior aos aspectos econômicos, mesmo assim foi classificada com a menor fragilidade entre as subáreas da unidade de gestão, por conta dos outros parâmetros. Ao contrário das subáreas AF1, AF4 e AF5, que apresentaram maior densidade de corpos d'água de ordem menor, a AF2 apresentou fragilidade intermediária com relação à hierarquia fluvial, uma vez que sua alta densidade de drenagem é contrabalanceada pelas maiores ordens de seus rios que, devido ao maior volume, supõe-se uma maior capacidade de autodepuração, principalmente, nos locais atingidos pelo lago de FURNAS, onde o grande volume de água facilita a diluição de poluentes. Ressalva-se aqui que a diluição e depuração dos poluentes são facilitadas também pela introdução de oxigênio na lâmina d'água, o que é favorecido pelo movimento das mesmas, não sendo intensificado em corpos lênticos (lagos). O parâmetro qualidade de água, calculado a partir das duas estações localizadas na ao extremo leste da subárea, bem como o parâmetro ictiofauna, apresentaram valores medianos. Porém foi o indicador faixa marginal que, em comparação com as outras subáreas, garantiu a relativa baixa fragilidade nesta região. Embora tenha sido diagnosticada a ocupação antrópica das áreas de preservação do entorno do lago de Furnas,

<sup>1</sup> Fator C de 0,1, segundo Bertoni e Lombardi Neto, 1990; Silva et al., 2003.

observou-se que para faixas de 30m nas margens dos corpos hídricos desta subárea, o que não inclui apenas o lago, 25% foi identificado como mata, e os outros 73% dividem-se entre pastagens e cultivos.

Na subárea AF3, embora o indicador faixa marginal tenha apresentado alta fragilidade, com apenas 3% das faixas marginais dos rios ocupadas por matas, em média a região foi enquadrada na classe de “baixa fragilidade”. Isso se deu especialmente por do indicador hierarquia fluvial. A metodologia utilizada entendeu que embora a região possua rios de ordens fluviais que variam apenas de 1 a 4, o comprimento destes rios é pequeno em comparação às outras subáreas, o que resultou num baixo valor para este parâmetro.

Por sua vez, as subáreas AF4 e AF5 apresentaram os maiores índices de fragilidade da região. O que garantiu este desempenho foi especialmente o indicador de faixa marginal. Em ambas as subáreas, embora fosse diagnosticado 3% de ocupação de mata, contabilizou-se 3% da presença de solo exposto, praticamente o dobro do verificado nas outras regiões. O restante é dividido entre pastagens e cultivos. Salienta-se embora, o indicador qualidade da água tenha apresentado valores altos, é nesta subárea que se encontra o maior número de municípios com estações de tratamento de esgotos (ETE).

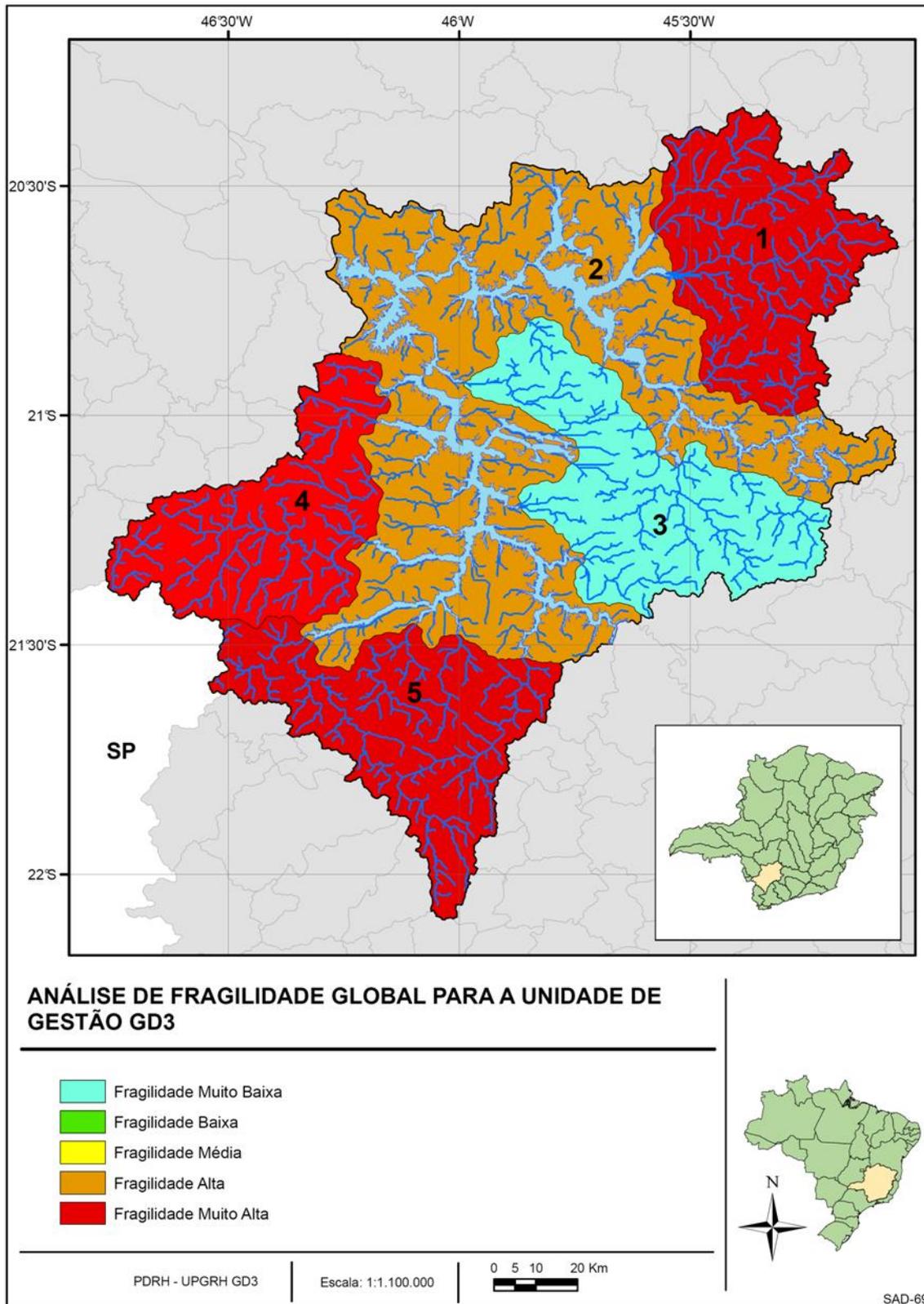


Figura 7.2. Nível de fragilidade global na Unidade de Gestão GD3

Analisando de maneira detalhada o componente-síntese *Recursos Hídricos e Ecosistema Aquático*, as subáreas da unidade de gestão variam desde “muito alta” até “muito baixa” fragilidade, sendo a AF2 correspondente aos valores mais altos.

Ao contrário das subáreas AF1, AF4 e AF5, que apresentam maior densidade de corpos d’água de ordem menor, a AF2 apresenta fragilidade intermediária com relação à hierarquia fluvial, uma vez que sua alta densidade de drenagem é contrabalanceada pelas maiores ordens de seus rios que, devido ao maior volume, devem apresentar-se menos susceptíveis a impactos gerados em seu entorno, possuindo maior capacidade de autodepuração, principalmente, nos locais atingidos pelo lago de FURNAS, onde o grande volume de água facilita a diluição de poluentes. Porém, esta mesma subárea apresenta os maiores valores para este o indicador de vegetação marginal, por conta da ocupação acentuada nas APP de faixas marginais de rios e do reservatório de FURNAS. Quanto aos indicadores qualidade de água e ictiofauna, não foram percebidas variações significativas com grande influência sobre a fragilidade do componente referente aos recursos hídricos como um todo.

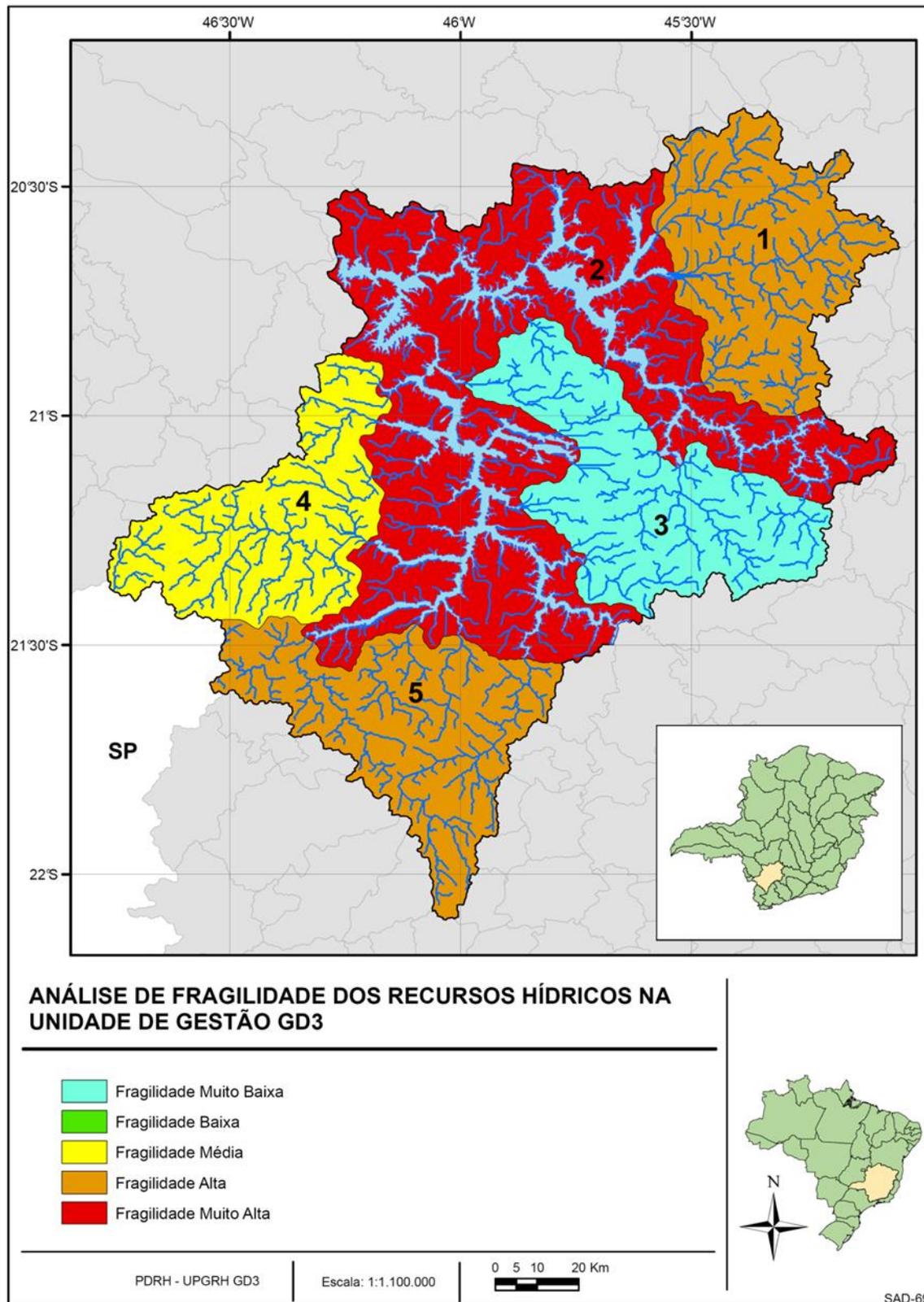


Figura 7.3. Nível de fragilidade dos recursos hídricos na Unidade de Gestão GD3

## 7.4 Análise do Capítulo

Objetivo do presente capítulo foi produzir indicadores sobre a qualidade ambiental da unidade de gestão, com base em alguns indicadores, que incluem uso da água e características físicas da bacia. Os resultados mostram que algumas áreas se mostram com maior fragilidade do que outras na bacia, devido a fatores diferentes. Os resultados mostram que o entorno imediato ao reservatório, onde estão localizados os municípios limieiros, é onde os recursos hídricos estão sendo mais pressionados. A razão para isso é o uso intensivo de água para diferentes finalidades, mas principalmente irrigação. Em relação aos objetivos do Plano de Bacia, essa análise mostra que, como já observado nos capítulos anteriores, essa área deverá receber atenção especial nos programas e ações a serem propostos, no sentido de reduzir os impactos das atividades humanas sobre o entorno do reservatório.

## 8 Outorgas de Água

O direito ao uso da água passou a ser público a partir da Constituição Federal em 1988, sendo regulamentado pela Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, sendo que entre seus instrumentos encontram-se a obrigatoriedade da emissão da outorga de uso da água a consumidores de médio e grande porte, a fim de preservar o recurso e evitar conflitos. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) a outorga de direito de uso da água é o ato administrativo a partir do qual o Poder Público outorgante, no caso de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), faculta ao outorgado o uso do recurso, mediante o estabelecimento das características técnicas e condicionantes legais. Este capítulo analisará esta questão na extensão da Unidade de Gestão GD3.

### 8.1 Banco de dados do IGAM

Nesse item são apresentados os resultados da análise das outorgas de vazões registradas no banco de dados do IGAM, a partir das outorgas de águas superficiais e subterrâneas, conforme descrito nos itens seguintes.

#### 8.1.1. Outorgas de Águas Superficiais

Até 2008 registrou-se, ao todo, a concessão de 135 outorgas superficiais para os diferentes usos de recursos hídricos. A Figura 8.1 ilustra a distribuição das outorgas superficiais na Unidade de Gestão GD3, sendo que o diâmetro de cada círculo relativo à vazão outorgada. A Tabela 8.1 apresenta os usos de água predominantes na unidade de gestão, com o número de outorgas concedidas e vazões totais outorgadas, bem como o número de outorgas solicitadas.

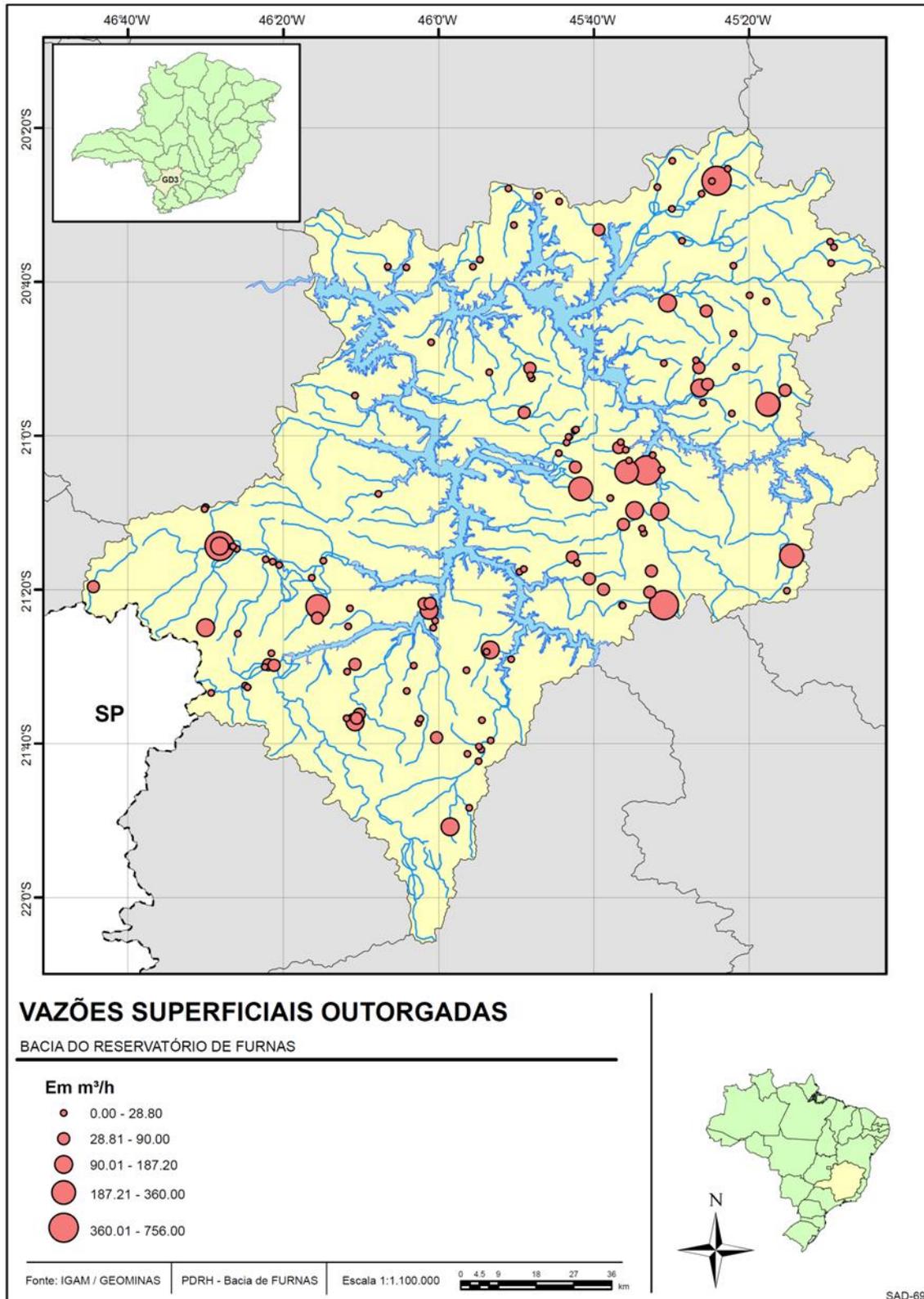


Figura 8.1. Distribuição das outorgas concedidas pelo IGAM na Unidade de Gestão GD3

Tabela 8.1. Número de outorgas por uso e vazão outorgada pelo IGAM

USO	N° DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Abastecimento público	11	8,15	3511,44	46,65
Aqüicultura	7	5,19	31,32	0,42
Consumo Agroindustrial	4	2,96	42,26	0,56
Consumo Humano	3	2,22	2,05	0,03
Consumo Industrial	10	7,41	469,44	6,24
Dessedentação de animais	6	4,44	5,40	0,07
Extração Mineral	17	12,59	724,56	9,63
Irrigação	70	51,85	2740,35	36,41
Outros	7	5,19	0	0

Na Figura 8.2 observa-se a distribuição das outorgas da Unidade de Gestão GD3, de acordo com as categorias de uso explicitadas na Tabela 8.1. Percebe-se que a irrigação concentra a grande maioria das outorgas concedidas, correspondendo à aproximadamente 52% destas. Entretanto, se analisarmos a Figura 8.3, que considera a vazão outorgada, o setor de abastecimento público, mesmo com apenas 8,15 % das outorgas, supera em vazão as outorgas destinadas à irrigação. Grande parte da vazão outorgada na Unidade de Gestão GD3 está distribuída entre o abastecimento público com 46,65% e irrigação com 36,41%.

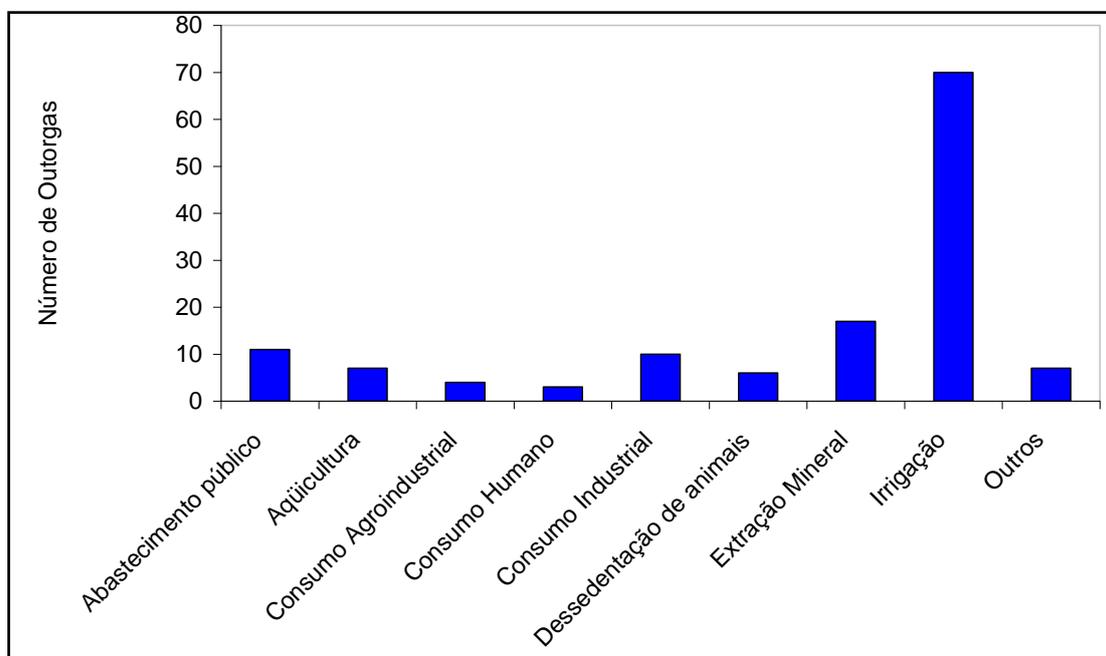


Figura 8.2. Número de outorgas do IGAM por uso de água superficial da Unidade de Gestão GD3

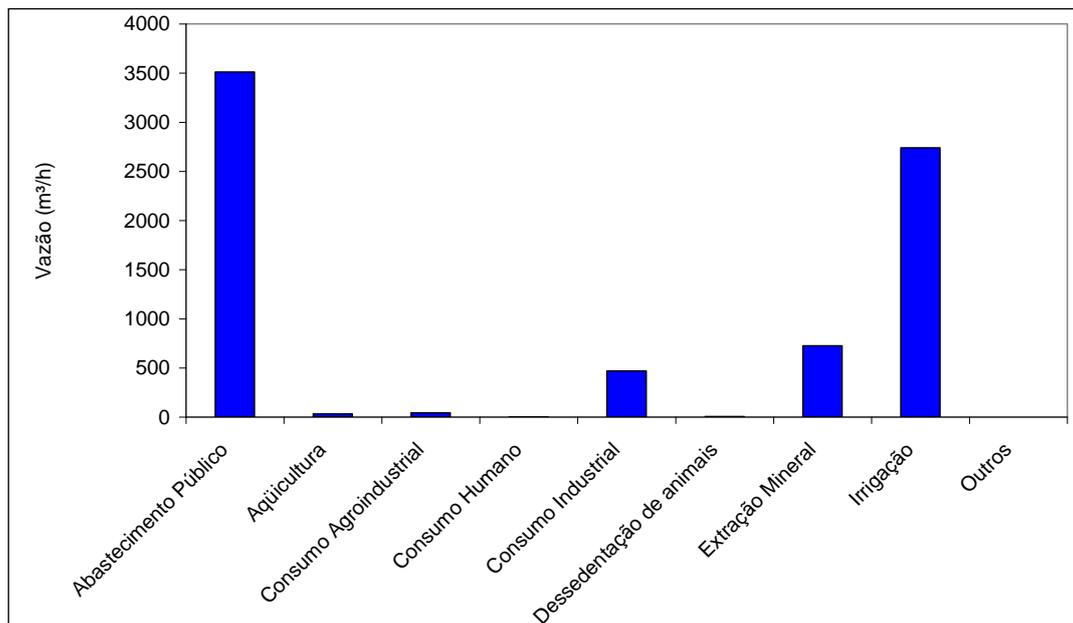


Figura 8.3. Vazão outorgada pelo IGAM por uso de água superficial da Unidade de Gestão GD3

A Tabela 8.2 e a Figura 8.4 mostram a evolução temporal do número de outorgas e da vazão outorgada até agosto de 2008. Em relação ao histórico das outorgas na Unidade de Gestão GD3, nos anos de 1993 a 2002 foram poucas as concessões, mas com vazões relativamente grandes. Se observa que a partir do ano de 2003, houve um acréscimo significativo na média de outorgas concedidas anualmente, com destaque o ano de 2004, o qual teve um número de outorgas concedidas muito acima dos demais anos, visto que neste ano foram concedidas quase 50% das outorgas de 1993 a 2008 na Unidade de Gestão GD3.

Tabela 8.2. Evolução dos usos outorgados pelo IGAM na Unidade de Gestão GD3

ANO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m³/h)	
	ABSOLUTO	ACUMULADO	ABSOLUTO	ACUMULADO
1993	1	1	133.20	133.20
1995	1	2	756.00	889.20
1997	1	3	90.00	979.20
2001	1	4	360.00	1339.20
2002	3	7	379.44	1718.64
2003	20	27	1306.47	3025.11
2004	64	91	2011.46	5036.57
2005	7	98	244.44	5281.01
2006	9	107	640.08	5921.09
2007	9	116	758.83	6679.92
2008	19	135	846.90	7526.82

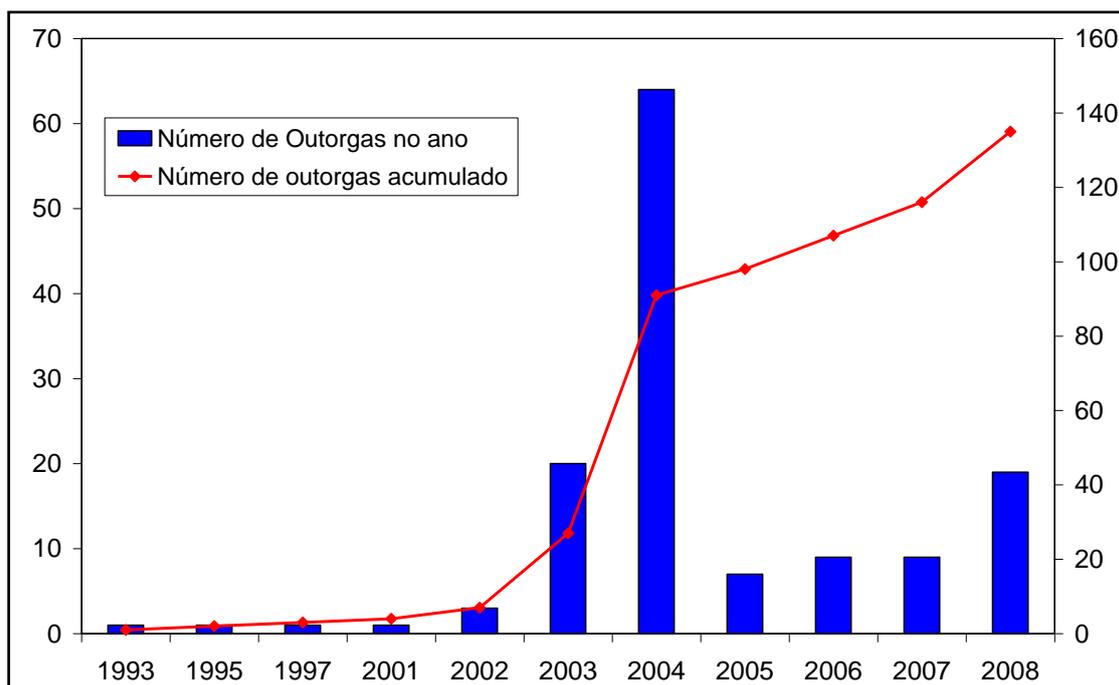


Figura 8.4. Evolução temporal do número de outorgas concedidas pelo IGAM

Na Figura 8.5 observa-se que a vazão outorgada está um pouco melhor distribuída ao longo dos anos do que o número de outorgas. Mas ainda existe uma relativa concentração nos anos de 2003 e 2004, nos quais foram concedidas 17,36% e 26,72%, respectivamente, de toda vazão outorgada até 2008.

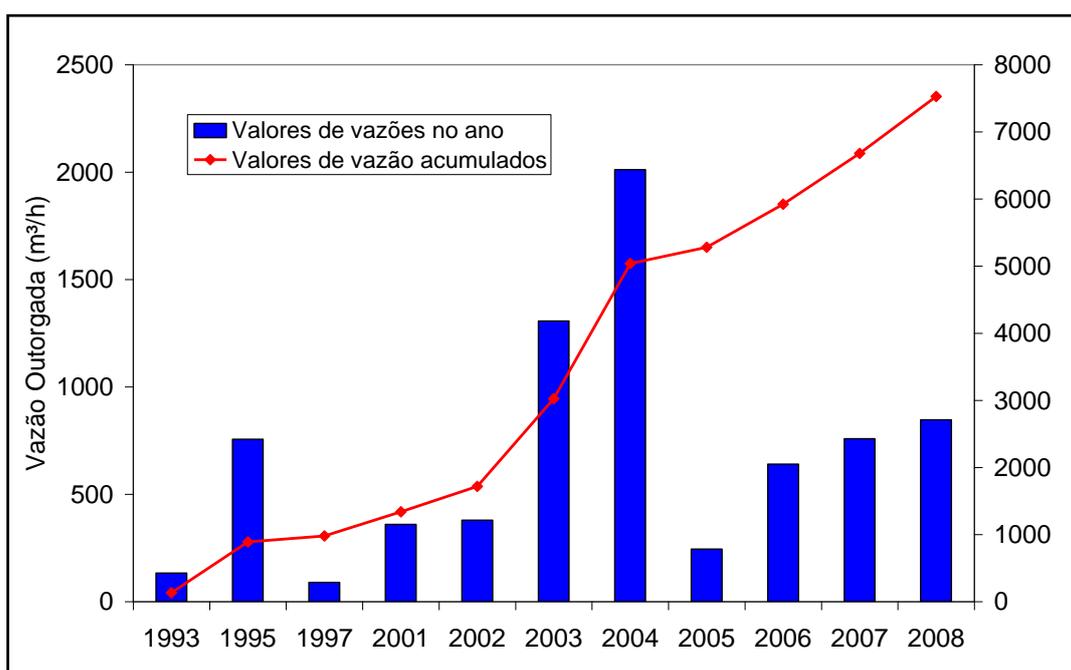


Figura 8.5. Evolução temporal da vazão outorgada pelo IGAM na Unidade de Gestão GD3

A Tabela 8.3 apresenta o número de outorgas concedidas e as respectivas vazões distribuídas por município. Nota-se que o município de Boa Esperança apresenta o maior número de outorgas e as maiores vazões outorgadas na Unidade de Gestão GD3.

Tabela 8.3. Distribuição das outorgas do IGAM para água superficial por município

MUNICÍPIOS	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /ano)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Aguanil	3.00	2.22	168.98	2.25
Alfenas	8.00	5.93	336.27	4.47
Areado	2.00	1.48	28.33	0.38
Boa Esperança	16.00	11.85	1027.80	13.66
Cabo Verde	8.00	5.93	129.60	1.72
Camacho	3.00	2.22	32.04	0.43
Campestre	4.00	2.96	246.96	3.28
Campo Belo	6.00	4.44	751.68	9.99
Campo do Meio	1.00	0.74	216.00	2.87
Campos Gerais	7.00	5.19	367.56	4.88
Candeias	4.00	2.96	79.56	1.06
Capitólio	2.00	1.48	8.64	0.11
Carmo do Rio Claro	1.00	0.74	10.80	0.14
Conceição da Aparecida	1.00	0.74	0.00	0.00
Córrego Fundo	1.00	0.74	0.00	0.00
Cristais	4.00	2.96	207.72	2.76
Divisa Nova	2.00	1.48	33.84	0.45
Fama	1.00	0.74	1.44	0.02
Formiga	8.00	5.93	829.08	11.02
Guapé	2.00	1.48	16.92	0.22
Guaxupé	1.00	0.74	57.60	0.77
Ilicínea	8.00	5.93	198.00	2.63
Itaúna	1.00	0.74	0.00	0.00
Juruáia	3.00	2.22	0.00	0.00
Machado	9.00	6.67	145.26	1.93
Monte Belo	7.00	5.19	313.62	4.17
Muzambinho	3.00	2.22	853.20	11.34
Nepomuceno	2.00	1.48	379.44	5.04
Nova Resende	2.00	1.48	18.00	0.24
Pimenta	5.00	3.70	23.40	0.31
Poço Fundo	2.00	1.48	122.40	1.63
Santana da Vargem	1.00	0.74	36.00	0.48
Serrania	2.00	1.48	16.56	0.22
Três Pontas	5.00	3.70	870.12	11.56
<b>TOTAL</b>	<b>135.00</b>	<b>100</b>	<b>7526.82</b>	<b>100</b>

As Figura 8.6 e Figura 8.7 apresentam a distribuição espacial das outorgas e da vazão das mesmas na Unidade de Gestão GD3. Mais especificamente, a Figura 8.6 apresenta o

número de outorgas por município, e, exceto o município de Boa Esperança que destoa no gráfico apresentando 16 outorgas, pode-se considerar que estão bem distribuídas.

No que diz respeito à vazão outorgada, a distribuição é menos uniforme, como mostra a Figura 8.7. Vale ressaltar que aproximadamente 57% de toda vazão outorgada na Unidade de Gestão GD3 concentra-se em apenas 5 municípios. Boa Esperança possui, também, a maior parcela da vazão, com 13,66%, porém Formiga, Muzambinho, Três pontas e Campo Belo também apresentam vazões consideráveis, próximas a linha de 800 m<sup>3</sup>/h.

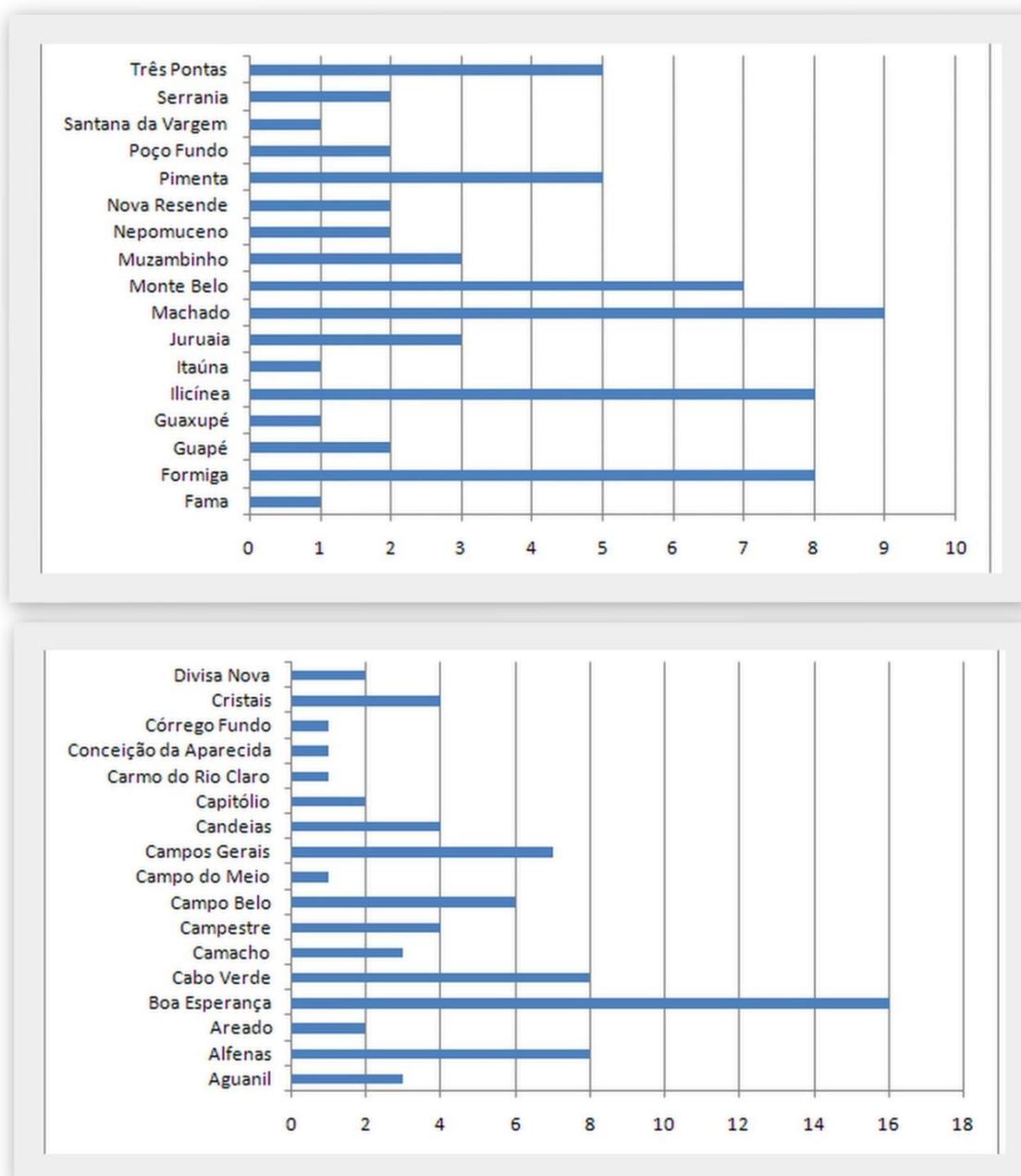


Figura 8.6. Número de outorgas do IGAM para água superficial por município

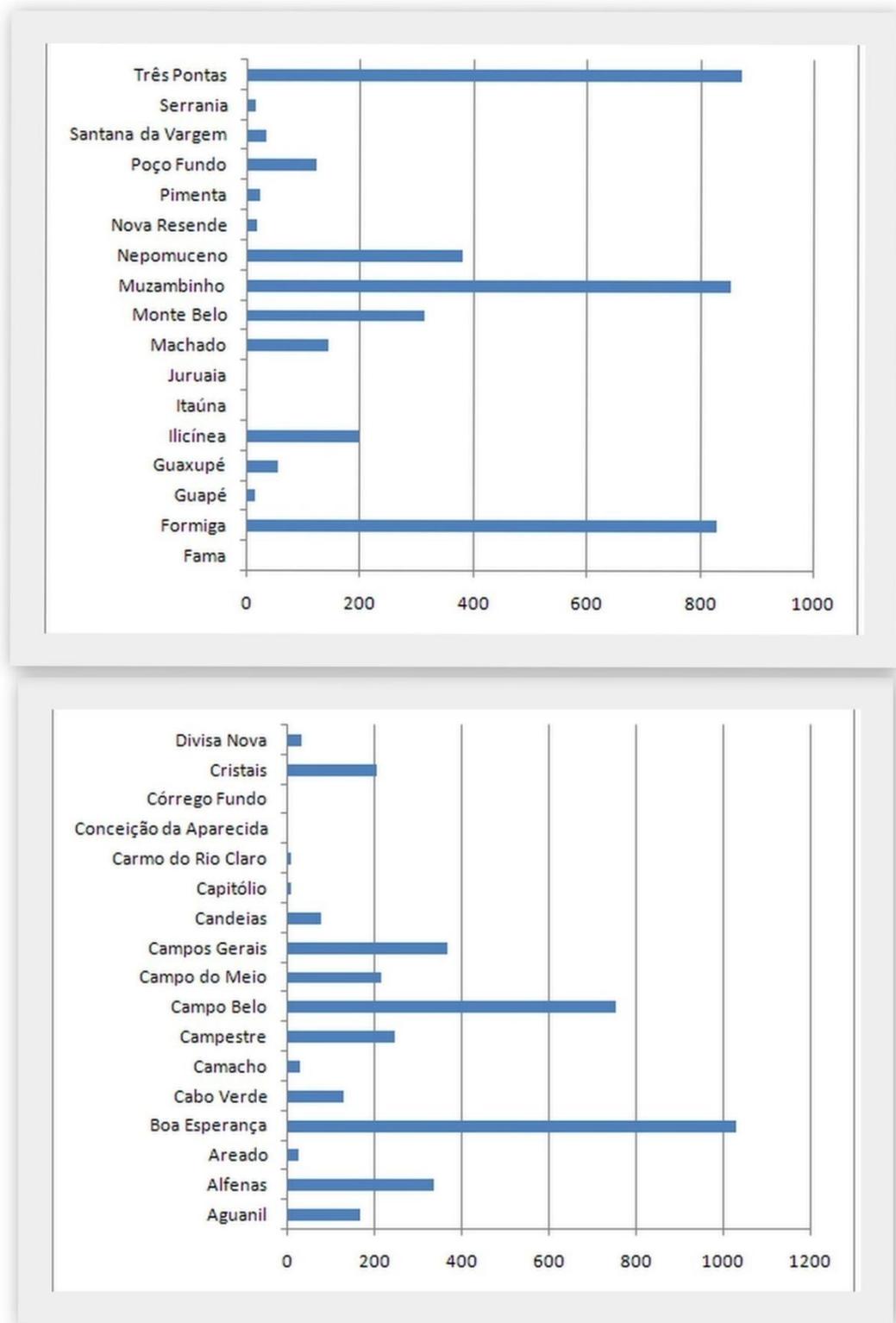


Figura 8.7. Vazão outorgada pelo IGAM para água superficial por município

### 8.1.2. Outorgas de Águas Subterrâneas

De forma semelhante às águas superficiais, analisou-se a distribuição das outorgas deferidas até agosto de 2008 na Unidade de Gestão GD3. No total, foram concedidas 149 outorgas para uso de recursos hídricos subterrâneos e 152 certidões de uso insignificante, desde março de 2002 a agosto de 2008. A Figura 8.8 ilustra a distribuição das outorgas subterrâneas na Unidade de gestão GD3, sendo o tamanho de cada círculo relativo ao valor de vazão outorgada.

A Tabela 8.4 apresenta o número de outorgas concedidas e a vazão total outorgada por cada uso das águas subterrâneas. Cabe salientar que estas vazões são aproximadas, uma vez que algumas outorgas são concedidas para usos múltiplos, não sendo possível identificar as vazões específicas para cada uso individual.

Tabela 8.4. Número de outorgas concedidas pelo IGAM por uso e vazão outorgada

USO	N° DE OUTORGAS		VAZÃO (m³/h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Abastecimento público	8	5,37	105,1	11,50
Consumo Agroindustrial	2	1,34	7,3	0,80
Consumo Humano	34	22,82	176,9	19,35
Consumo Industrial	54	36,24	356,7	39,04
Dessedentação de animais	12	8,05	93,5	10,23
Irrigação	9	6,04	36,1	3,95
Lavagem de veículos	30	20,13	138,2	15,12

A Figura 8.9 apresenta a evolução temporal do número de outorgas para cada uso de água subterrânea na Unidade de Gestão GD3. Nota-se que os principais usos outorgados são o consumo humano e o consumo industrial, ambos possuindo também as maiores vazões outorgadas.

A partir da evolução temporal do número e das vazões outorgadas (Figura 8.9 e Figura 8.10), foi verificado, nos anos de 2004 e 2005, um aumento do número de outorgas em relação ao consumo humano e ao consumo industrial. Salienta-se, porém, que as outorgas são concedidas para usos múltiplos, assim as vazões possuem valores aproximados, não sendo possível identificar as vazões para cada uso individual.

A Tabela 8.5 a seguir apresenta a evolução da concessão de outorgas para águas subterrâneas na Unidade de Gestão GD3 de março de 2002 até agosto de 2008. Conforme

ilustram as Figura 8.11 e Figura 8.12, verifica-se que há uma tendência de crescimento relativamente constante, tanto para o número de outorgas concedidas como para as vazões totais outorgadas.

As Figura 8.11 e Figura 8.12 apresentam a evolução temporal do número de outorgas concedidas anualmente na bacia e a evolução temporal da vazão outorgada anualmente de 2002 a 2008, respectivamente. Ao analisar as figuras, nota-se que a vazão outorgada está fortemente relacionada com o número de outorgas. Nos anos de 2004 e 2005 foram concedidas a maior parte das outorgas e conseqüentemente a maior parcela da vazão outorgada.

A Tabela 8.6 apresenta o número de outorgas concedidas e as respectivas vazões distribuídas por município. Conforme ilustrado na Figura 8.13, o município de Formiga é o que apresenta o maior número de outorgas na bacia e também as maiores vazões outorgadas, seguida por Alfenas.

As Figura 8.13 e Figura 8.14 apresentam a distribuição espacial por municípios do número de outorgas e da vazão outorgada respectivamente. Os principais municípios detentores de outorgas e vazão são Alfenas, Campo Belo, Carmo do Rio Claro e, com maior destaque, Formiga, que apresenta 26,17% do número de outorgas e 26,65% da vazão total outorgada.

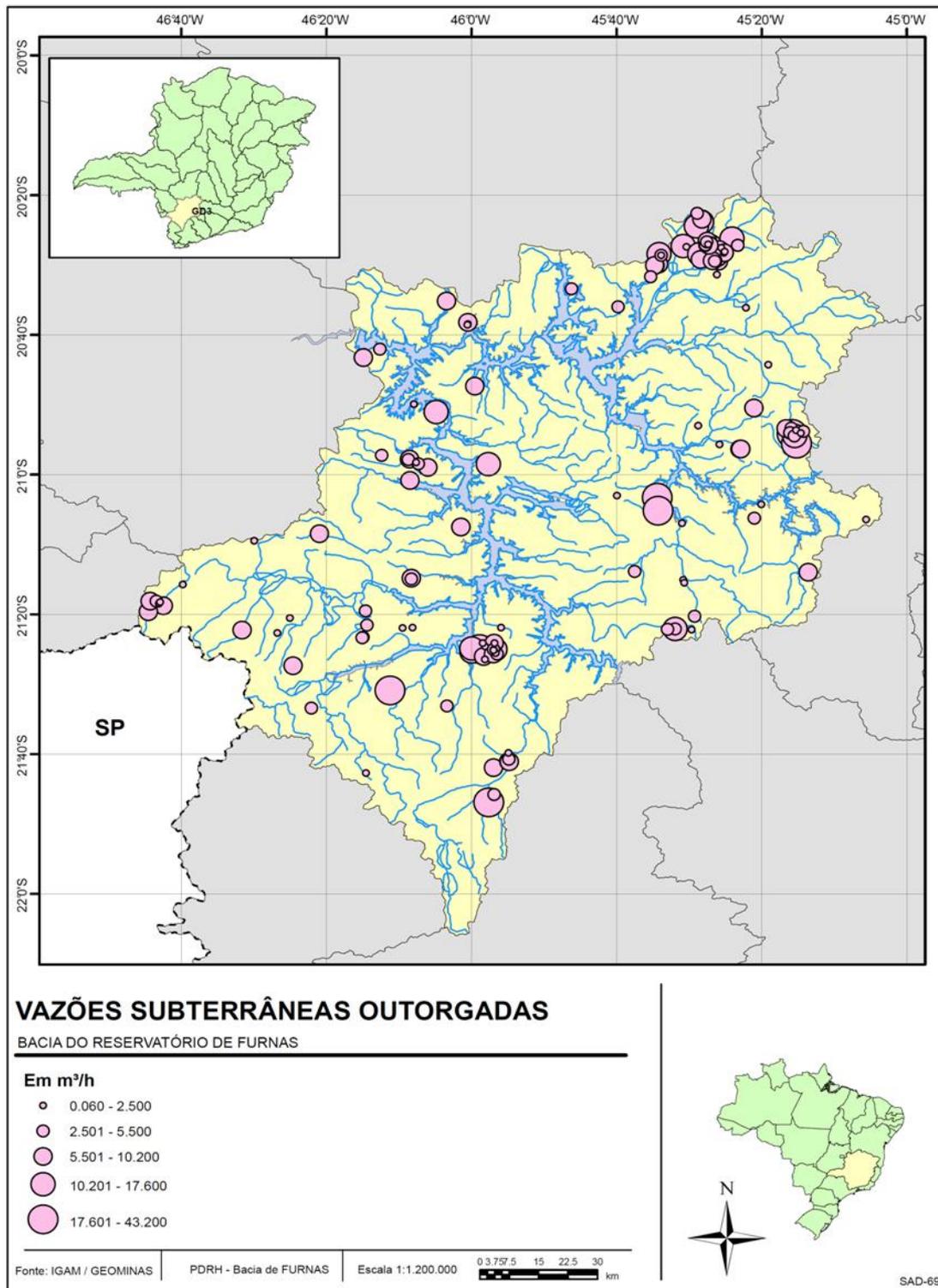


Figura 8.8. Distribuição das outorgas do IGAM para águas subterrâneas na Unidade de Gestão GD3

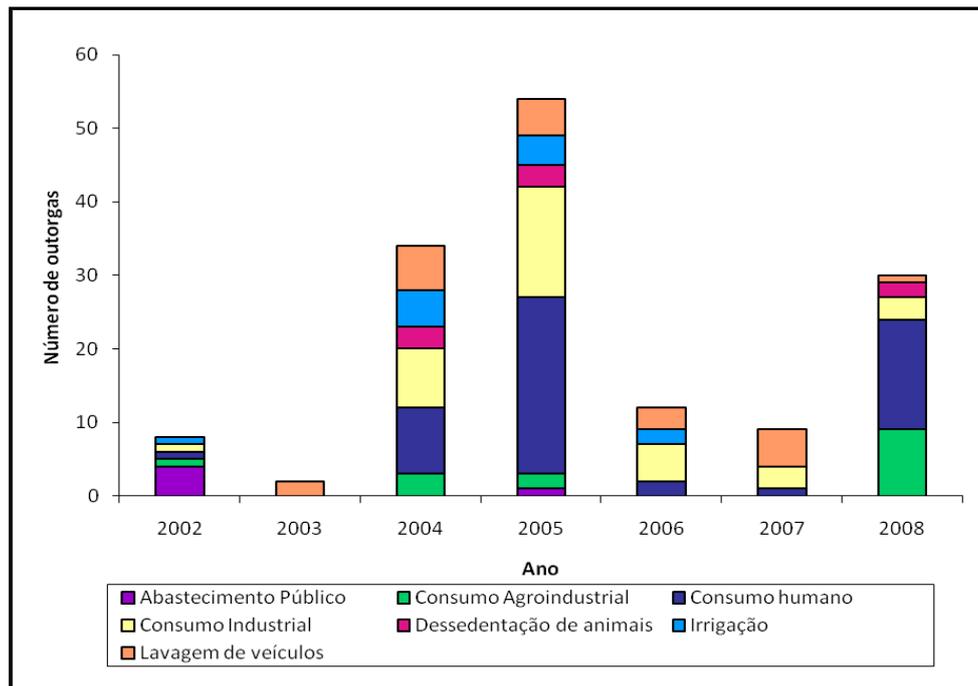


Figura 8.9. Número de outorgas do IGAM por ano e por uso de água subterrânea na Unidade de Gestão GD3

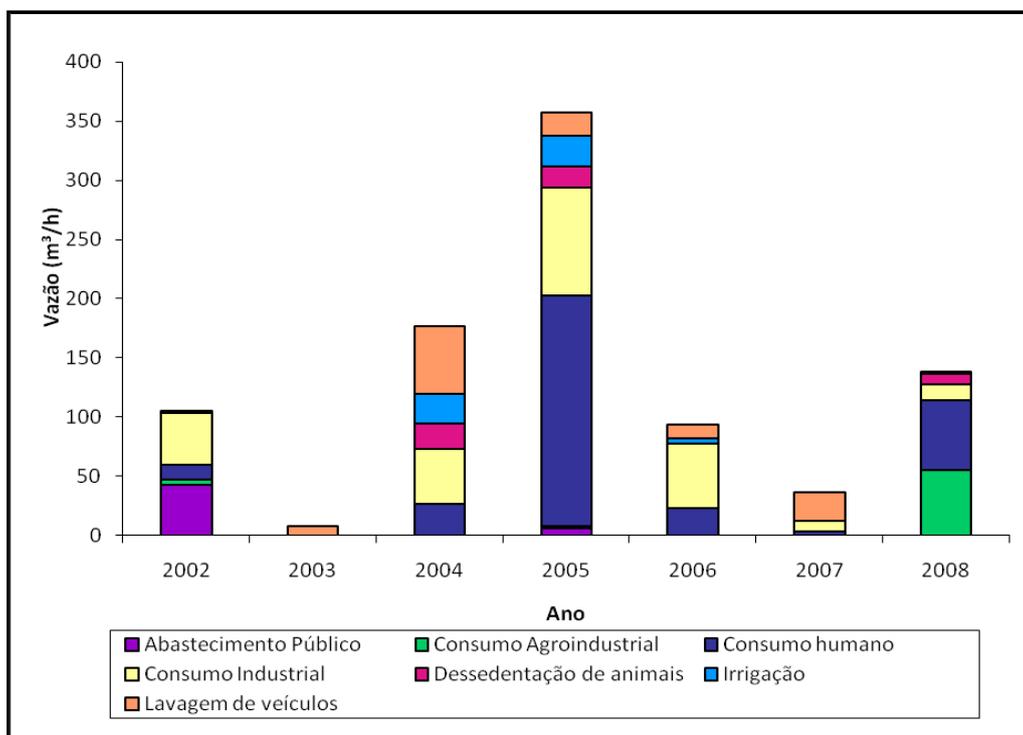


Figura 8.10. Vazão outorgada pelo IGAM por ano e por uso de água subterrânea na Unidade de Gestão GD3

Tabela 8.5. Evolução temporal das outorgas do IGAM para água subterrânea

ANO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	ACUMULADO	ABSOLUTO	ACUMULADO
2002	5	5	49,000	49,000
2003	15	20	61,790	110,790
2004	52	72	318,220	429,010
2005	35	107	257,850	686,860
2006	8	115	47,850	734,710
2007	12	127	57,000	791,710
2008	22	149	122,138	913,848

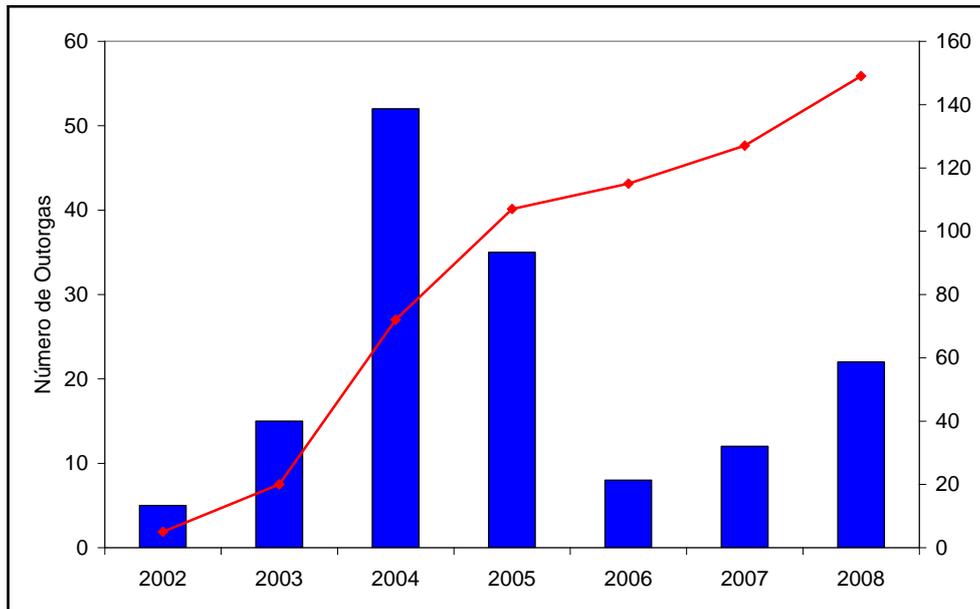


Figura 8.11. Evolução temporal do número de outorgas subterrâneas concedidas pelo IGAM

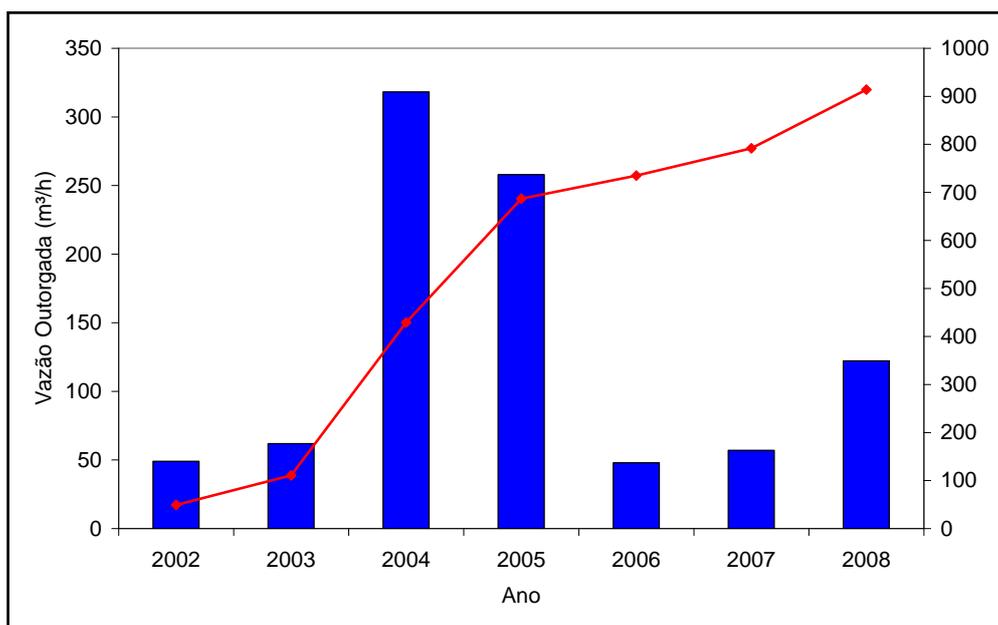


Figura 8.12. Evolução temporal da vazão subterrânea pelo IGAM outorgada na Unidade de Gestão GD3

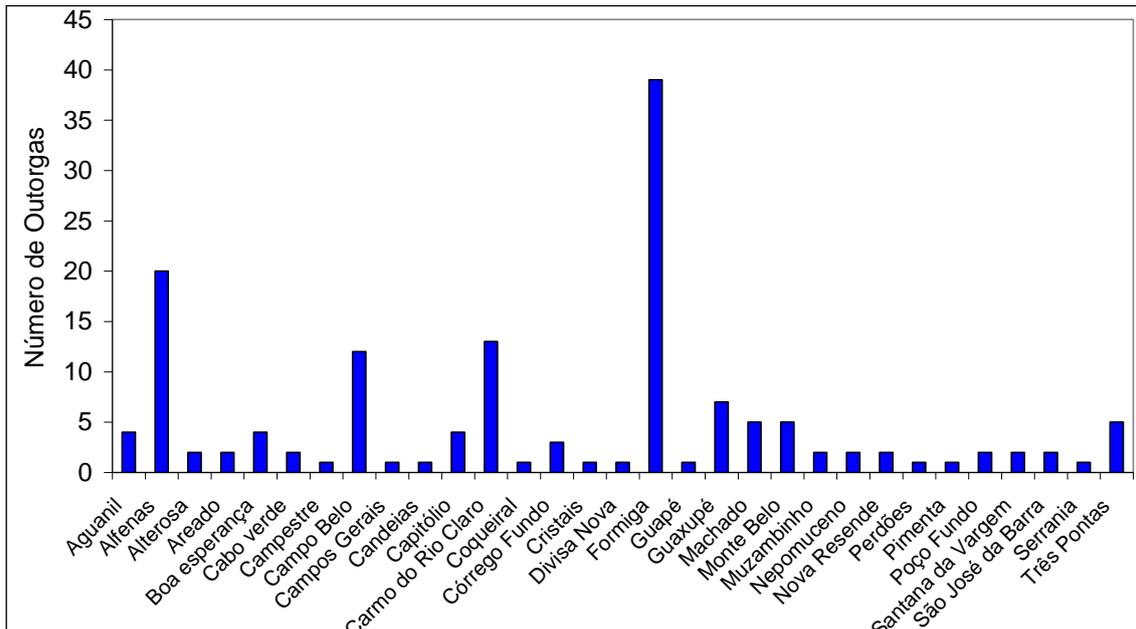


Figura 8.13. Número de outorgas do IGAM para água subterrânea por município

Tabela 8.6. Distribuição das outorgas do IGAM para água subterrânea por município

MUNICÍPIO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Aguanil	4	2,68	21,05	2,30
Alfenas	20	13,42	103,92	11,37
Alterosa	2	1,34	13,10	1,43
Areado	2	1,34	1,45	0,16
Boa esperança	4	2,68	45,00	4,92
Cabo verde	2	1,34	9,70	1,06
Campestre	1	0,67	0,30	0,03
Campo Belo	12	8,05	101,50	11,11
Campos Gerais	1	0,67	3,60	0,39
Candeias	1	0,67	0,50	0,05
Capitólio	4	2,68	19,99	2,19
Carmo do Rio Claro	13	8,72	80,35	8,79
Coqueiral	1	0,67	3,60	0,39
Córrego Fundo	3	2,01	32,50	3,56
Cristais	1	0,67	1,50	0,16
Divisa Nova	1	0,67	43,20	4,73
Formiga	39	26,17	243,57	26,65
Guapé	1	0,67	7,00	0,77
Guaxupé	7	4,70	34,04	3,72
Machado	5	3,36	28,00	3,06
Monte Belo	5	3,36	18,83	2,06
Muzambinho	2	1,34	7,10	0,78
Nepomuceno	2	1,34	9,60	1,05
Nova Resende	2	1,34	10,33	1,13
Perdões	1	0,67	1,48	0,16
Pimenta	1	0,67	5,00	0,55
Poço Fundo	2	1,34	24,82	2,72
Santana da Vargem	2	1,34	3,00	0,33
São José da Barra	2	1,34	11,06	1,21
Serrania	1	0,67	2,77	0,30
Três Pontas	5	3,36	26,00	2,85
<b>TOTAL</b>	<b>149</b>	<b>100</b>	<b>913,85</b>	<b>100</b>

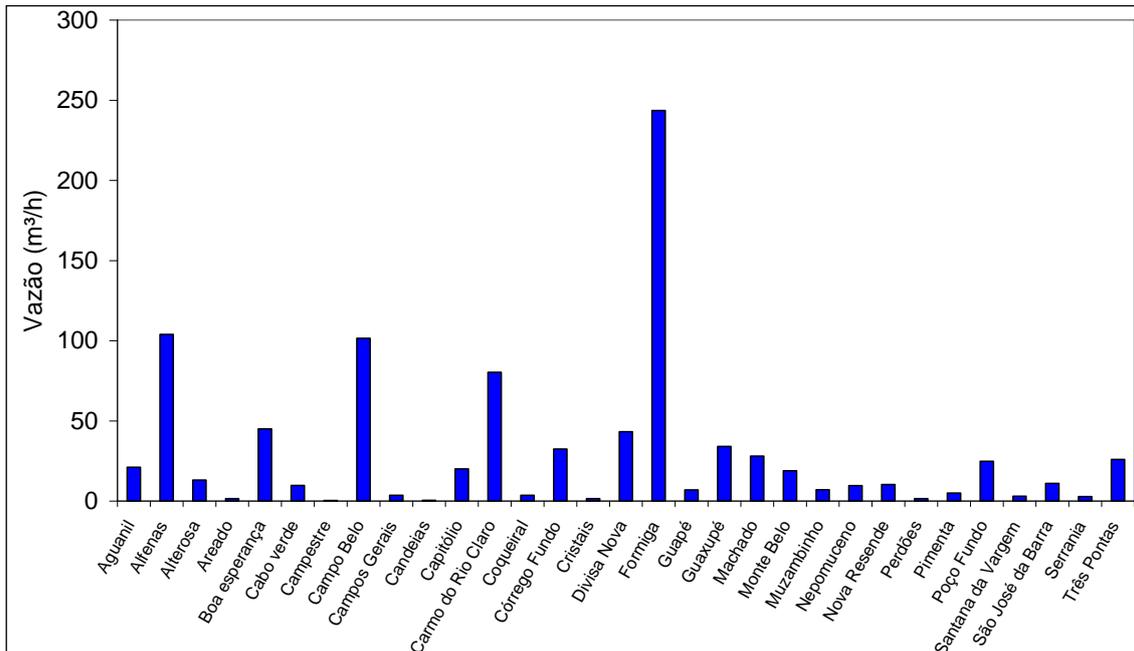


Figura 8.14. Vazão outorgada pelo IGAM para água subterrânea por município

## 8.2 Bancos de Dados do CNARH

No caso do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH analisou-se a relação de outorgas deferidas até janeiro de 2008. No total, foram concedidas 149 outorgas para uso de recursos hídricos. A Figura 8.15 mostra a distribuição das outorgas na bacia, sendo o tamanho de cada círculo relativo ao valor de vazão outorgado.

A Tabela 8.7 apresenta os usos de água predominantes na Unidade e Gestão, com o número de outorgas concedidas e vazões totais outorgadas. Salienta-se que estas vazões são aproximadas, pois algumas outorgas são concedidas para usos múltiplos, não sendo possível identificar as vazões específicas para cada uso individual.

Tabela 8.7. Número de outorgas da ANA por uso e vazão outorgada

USO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m³/h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Aqüicultura	1.00	0.67	285.00	1.04
Dessedentação de animais	2.00	1.34	36.00	0.13
Irrigação	145.00	97.32	27030.00	98.81
Mineração	1.00	0.67	4.00	0.01

As Figura 8.16 e Figura 8.17 fazem a relação gráfica entre os usos e o número de outorgas e entre os usos e a vazão outorgada. Através da análise das mesmas fica claro que as outorgas e a vazão destas foram quase que exclusivamente destinadas para a irrigação, setor este que possui 97,32% das outorgas e 98,81% da vazão outorgada.

A Tabela 8.8 apresenta evolução temporal do número de outorgas e da vazão outorgada até janeiro de 2008.

As Figura 8.18 e Figura 8.19 mostram a evolução temporal do número de outorgas e da vazão outorgada respectivamente. Nota-se que pouco foi outorgado em 2001 e 2002 comparativamente com os anos de 2003 a 2005, voltando a cair a média de outorgas e vazões outorgadas em 2006 e 2007. No período de 2003 a 2005, foram concedidas aproximadamente 81% das outorgas até o ano de 2008 e 78% da vazão outorgada.

A Tabela 8.9 apresenta o número de outorgas concedidas e as respectivas vazões distribuídas por município. O município de Carmo do Rio Claro apresenta o maior número de outorgas na bacia e também as maiores vazões outorgadas.

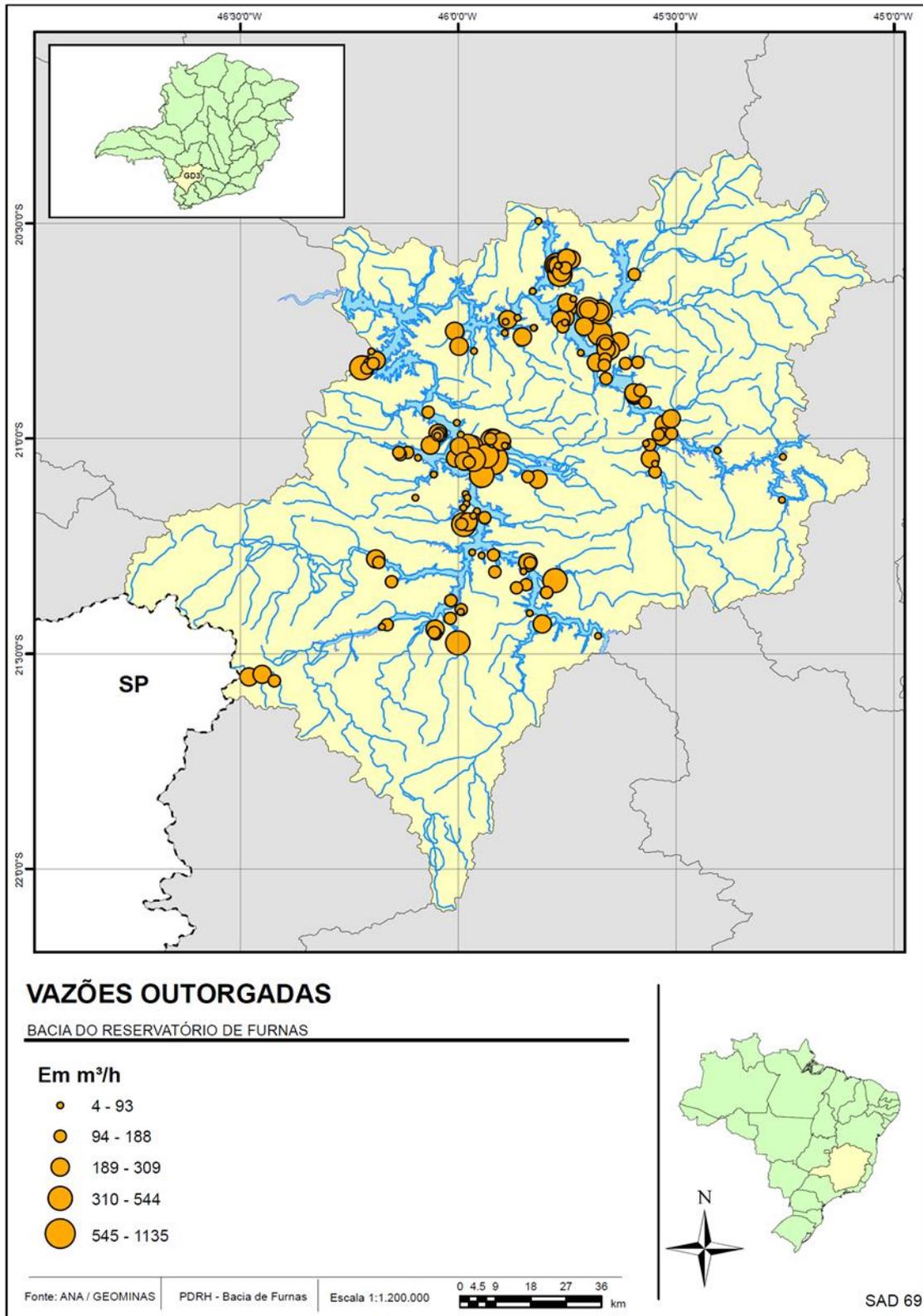


Figura 8.15. Distribuição das outorgas da ANA na Unidade de Gestão GD3

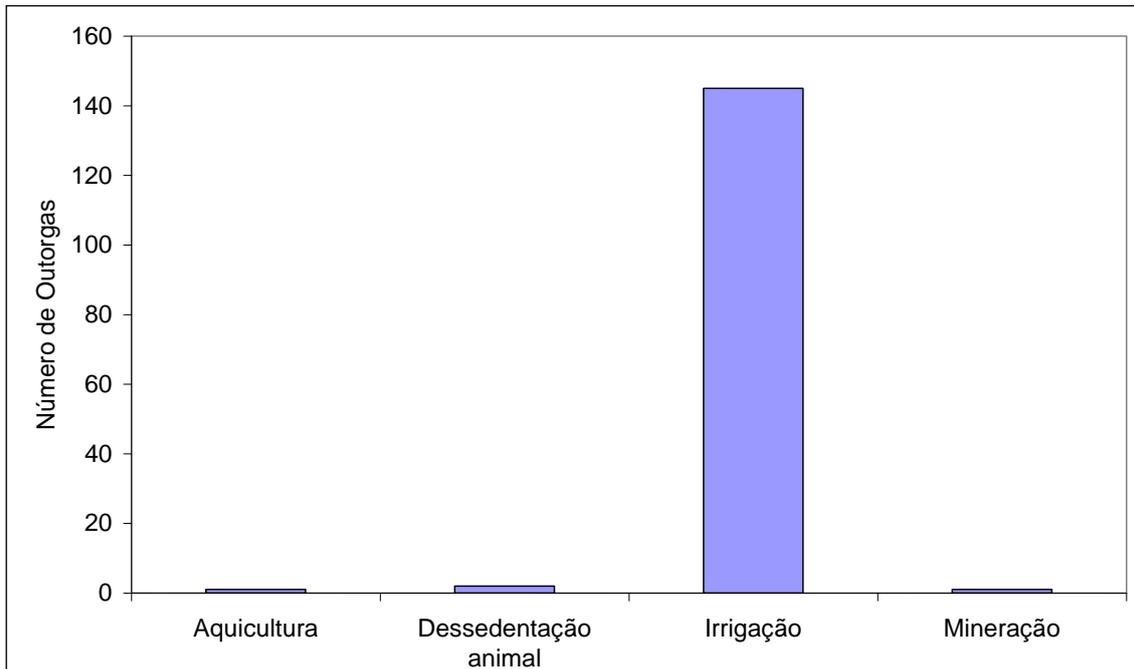


Figura 8.16. Número de outorgas da ANA por uso de água superficial da GD3

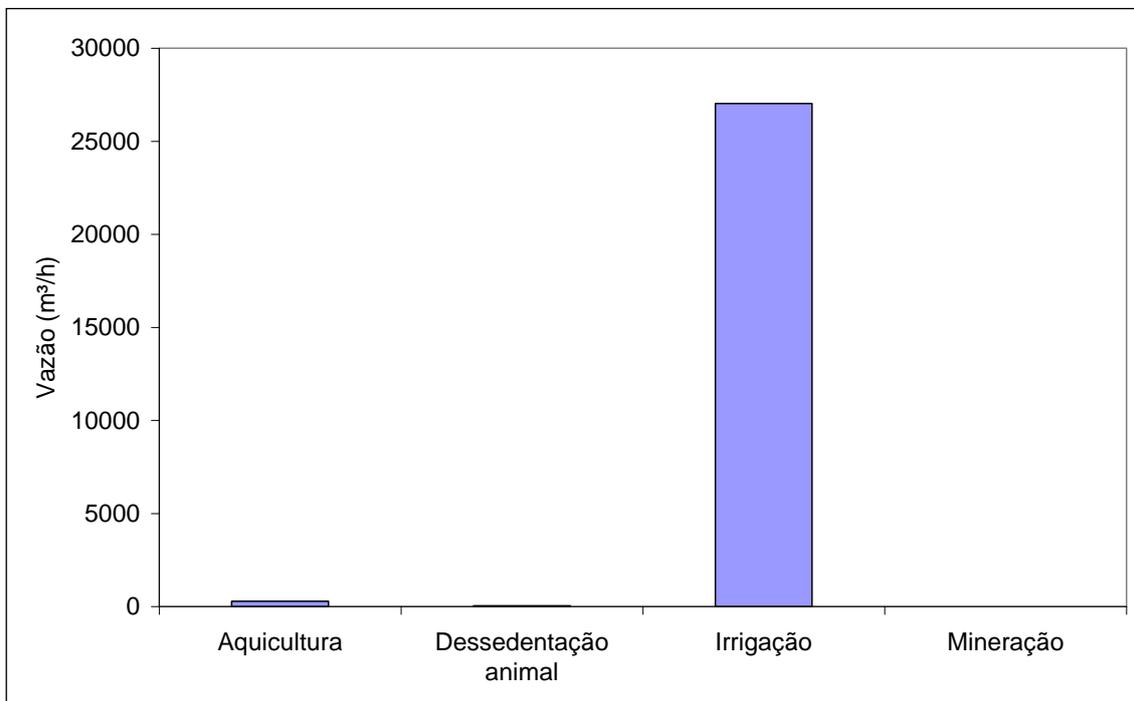


Figura 8.17. Vazão outorgada pela ANA por uso de água subterrânea da Unidade de Gestão GD3

Tabela 8.8. Evolução dos usos outorgados pela ANA na Unidade de Gestão GD3

ANO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	ACUMULADO	ABSOLUTO	ACUMULADO
2001	3	3	270	270
2002	9	12	1376	1646
2003	48	60	7821	9467
2004	49	109	7701	17168
2005	24	133	5944	23112
2006	8	141	1392	24504
2007	8	149	2851	27355

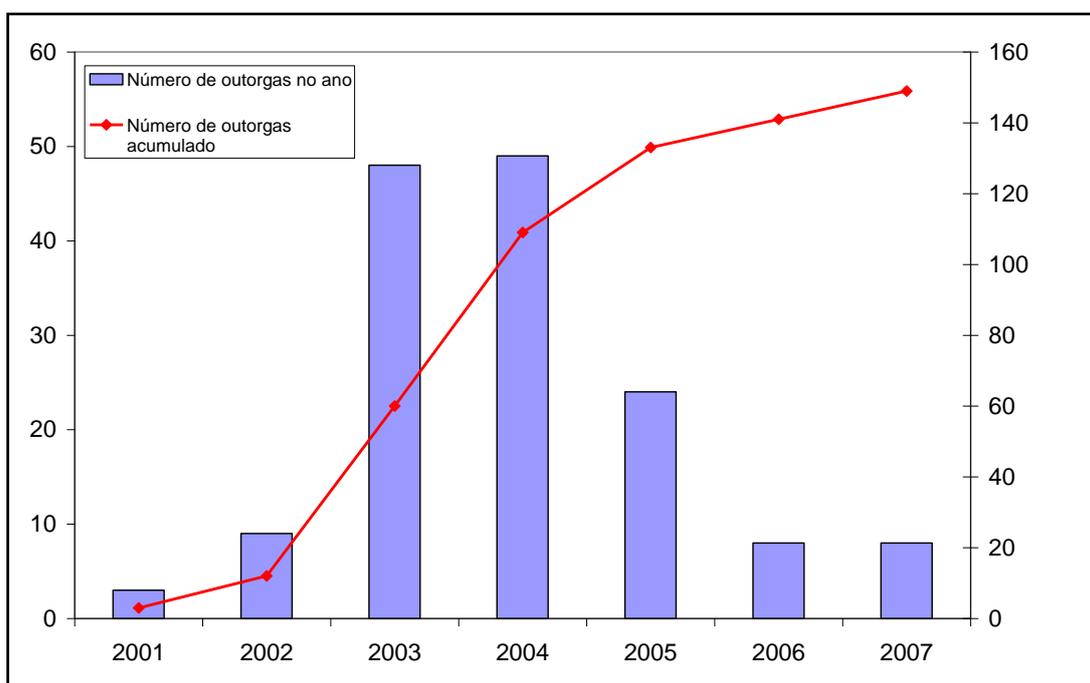


Figura 8.18. Evolução temporal do número de outorgas concedidas pela ANA

As Figura 8.20 e Figura 8.21 mostram a distribuição das outorgas da vazão outorgada pela ANA entre os municípios da Unidade de Gestão GD3. Pode-se notar que apenas 6 municípios concentram a maior parte dos empreendimentos com outorga de uso de água, bem como a maior parcela da vazão outorgada. Esses municípios são: Alfenas, Boa Esperança, Carmo do Rio Claro, Cristais, Formiga e Guapé. Os demais municípios possuem valores muito pequenos ou nulos dessas variáveis. Exceto os municípios de Campo do Meio e Campos Gerais, que não estando entre os 6 maiores, ainda apresentam vazões outorgadas significativas.

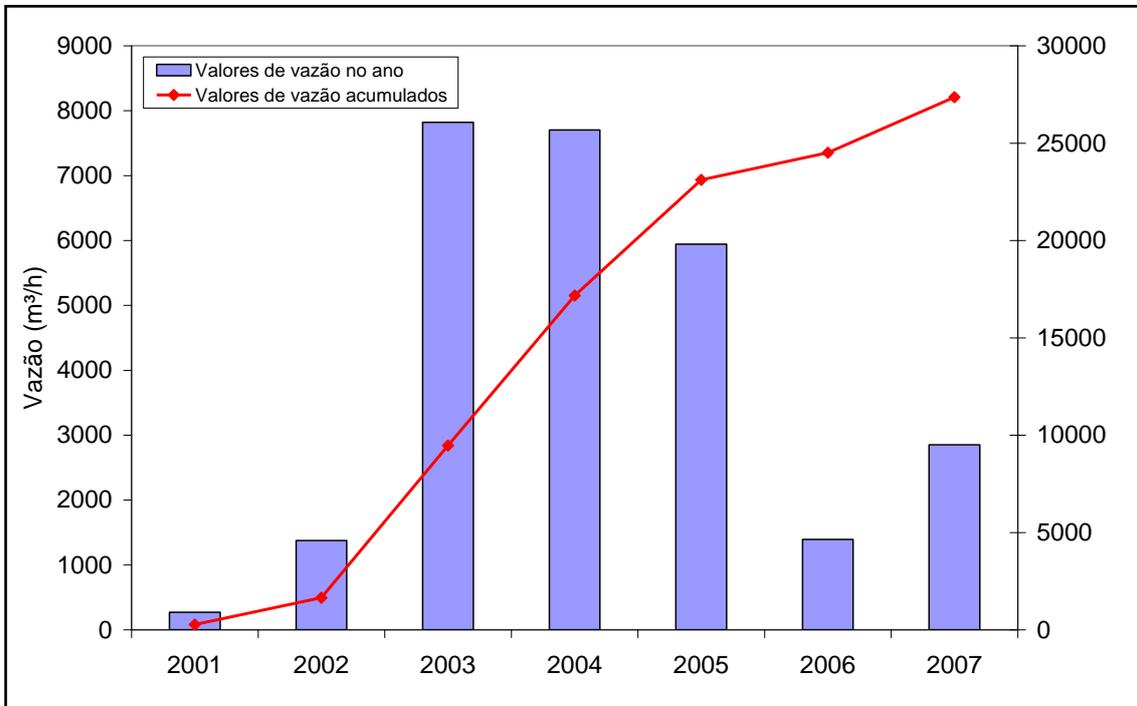


Figura 8.19. Evolução temporal da vazão outorgada pela ANA na Unidade de Gestão

Tabela 8.9. Distribuição das outorgas da ANA para água subterrânea por município

MUNICÍPIOS	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m³/h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Aguanil	2	1.34	286	1.05
Alfenas	24	16.11	3350	12.25
Areado	3	2.01	570	2.08
Boa Esperança	15	10.07	2635	9.63
Botelhos	1	0.67	200	0.73
Cabo Verde	2	1.34	388	1.42
Campo do Meio	4	2.68	2059	7.53
Campos Gerais	7	4.70	1211	4.43
Cana Verde	1	0.67	74	0.27
Carmo do Rio Claro	29	19.46	5383	19.68
Conceição da Aparecida	1	0.67	32	0.12
Cristais	16	10.74	3063	11.20
Fama	2	1.34	225	0.82
Formiga	20	13.42	5247	19.18
Guapé	18	12.08	2476	9.05
Nepomuceno	1	0.67	24	0.09
Paraguaçu	1	0.67	43	0.16
Pimenta	1	0.67	32	0.12
São José da Barra	1	0.67	57	0.21

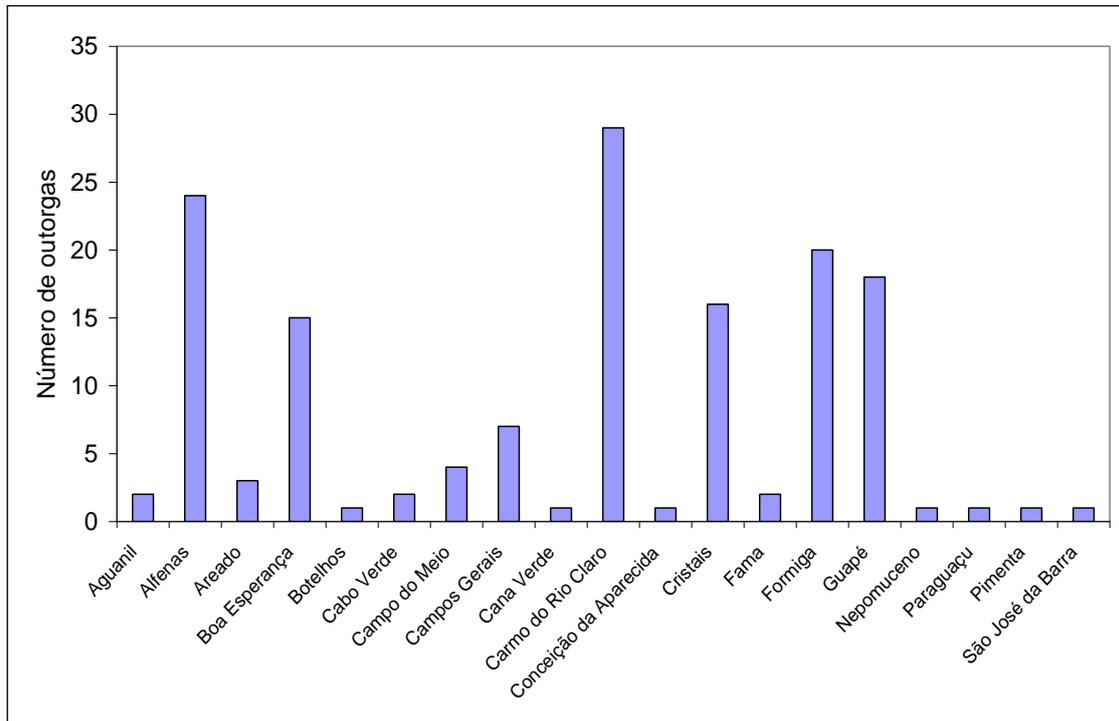


Figura 8.20. Número de outorgas da ANA por município

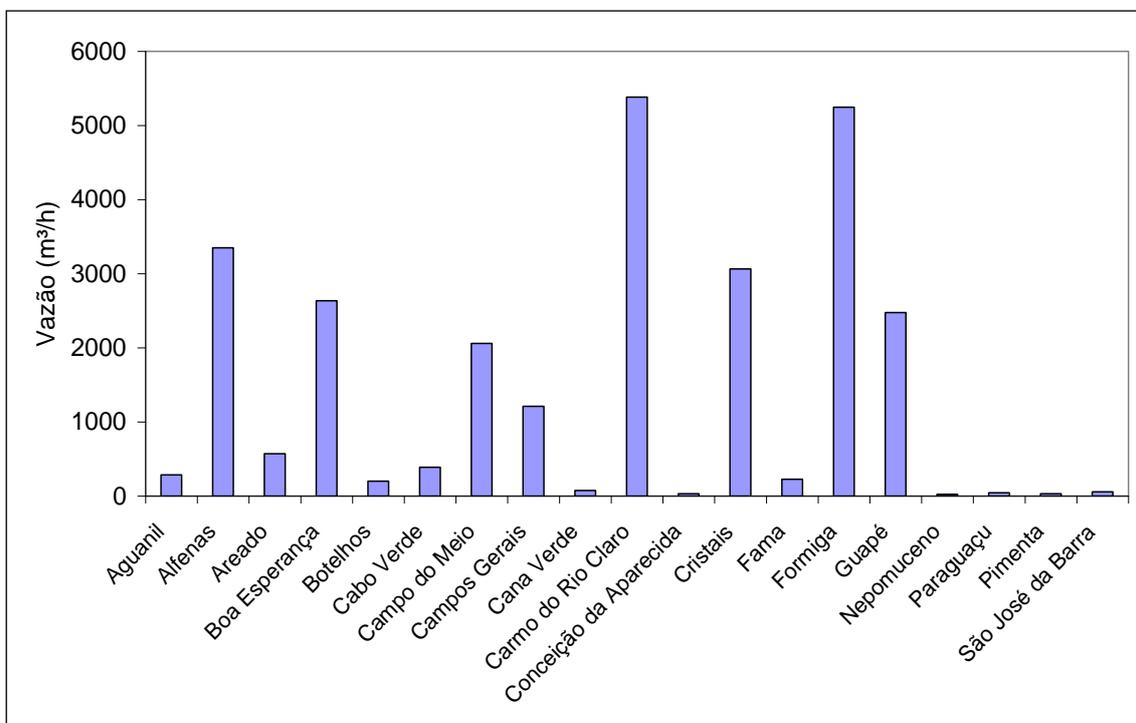


Figura 8.21. Vazão outorgada pela ANA por município da Unidade de Gestão

### 8.3 Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos

Para uma boa gestão dos recursos hídricos de uma bacia é imprescindível que se tenha o conhecimento dos múltiplos usos de água na mesma. Conforme diagnóstico constata-se que a unidade de gestão GD3, que é uma sub-bacia do Rio Grande e é formada por 48 municípios, é caracterizada pelos seguintes tipos de usos de recursos hídricos: abastecimento público, aquicultura, consumo agro-industrial, consumo humano, consumo industrial, dessedentação de animais, extração mineral, irrigação e lavagem de veículos. Abaixo segue as principais características de cada uso, bem como a quantidade explorada para cada atividade.

#### 8.3.1. Abastecimento público

O abastecimento público é o uso mais relevante de água da bacia, consumindo aproximadamente 47% da vazão superficial total e 11,5% da vazão subterrânea total, ambas outorgadas, com vazões absolutas de 3511,44 m<sup>3</sup>/h e 105,1 m<sup>3</sup>/h respectivamente.

Como o abastecimento é a atividade que mais consome água da bacia, deve-se implementar, por parte das concessionárias, a gestão dos serviços de abastecimento de água em relação ao controle de perdas, como também a gestão de renda suficiente para permitir sua administração, garantindo um serviço eficiente.

#### 8.3.2. Irrigação

Depois do abastecimento público, a atividade que mais consome água da bacia em estudo é a irrigação, com 36,4% da vazão superficial total, com 2740,35 m<sup>3</sup>/h e 3,95% da vazão subterrânea total, com 36,1 m<sup>3</sup>/h, sendo ambas outorgadas. Deve-se citar que o número de outorgas deferidas para essa atividade é muito elevado, correspondendo a 51,85% do total de outorgas de águas superficiais, com 70 outorgas, e 6,04% para o total de outorgas de águas subterrâneas, com 9 outorgas.

A irrigação é a atividade responsável pela utilização de maior volume de insumos agrícolas - pesticidas e fertilizantes – e pela intensificação do potencial de erodibilidade. Caso não seja feito um manejo adequado de tais produtos pode-se degradar o solo de forma

significativa, podendo gerar grandes danos aos corpos d'água. Por isso, faz-se necessário a uma iniciativa de educação ambiental e processos de controle, como otimização de uso de água e diminuição de perdas, para a melhoria das técnicas de cultivo utilizadas no local de estudo.

Destacam-se no campo da agricultura as cidades de Três Pontas, Campos Gerais e Campo do Meio, com aproximadamente 38% de sua área total destinada para esta atividade. Deve-se ressaltar que as culturas em destaque são: café, milho, soja, batata, arroz e feijão, bem como as culturas cítricas.

### **8.3.3. Mineral**

Caso não seja desenvolvida baseando-se nos princípios de sustentabilidade, a atividade mineradora pode ser considerada uma das mais expressivas fontes de degradação do meio ambiente, afetando a cobertura vegetal, a fauna e corpos d'água, pois utiliza-se produtos químicos muito nocivos no processo de exploração.

Várias mineradoras de grande porte já incorporaram em seu sistema de gestão a variável ambiental, explorando sustentavelmente os recursos da mineração. Já as atividades clandestinas, ou seja, aquelas que não possuem o licenciamento ambiental junto aos órgãos competentes são as mais poluidoras, pois existe uma dificuldade de fiscalização e controle sobre as mesmas.

Na unidade de gestão GD3, a vazão absoluta outorgada para águas superficiais é de 724,56 m<sup>3</sup>/h, correspondendo a 9,63% da vazão total outorgada. Já para águas subterrâneas não existe outorga para a exploração desta para exercer tal atividade.

### **8.3.4. Lavagem de veículos**

Para esta atividade existe outorga apenas para a exploração de águas subterrâneas, sendo que a vazão absoluta outorgada é de 138,2 m<sup>3</sup>/h, correspondendo a 15,12% da vazão total outorgada.

### **8.3.5. Consumo industrial**

A unidade de gestão GD3 possui uma grande atratividade para indústrias, principalmente nas cidades de Varginha, Lavras, Três pontas, Alfenas, Formiga, Campo Belo e Perdões.

O consumo industrial possui a maior vazão outorgada em águas subterrâneas, com vazão absoluta de 356,7 m<sup>3</sup>/h, correspondendo a aproximadamente 39% do total de vazões outorgadas.

### **8.3.6. Dessedentação de animais**

A exploração de água para tal atividade tem um valor inexpressivo para águas superficiais, sendo que a vazão absoluta outorgada é de 5,4 m<sup>3</sup>/h correspondendo a apenas 0,07% do total. Já para águas subterrâneas, tal valor é um pouco maior, correspondendo a aproximadamente 10% de toda vazão outorgada, com uma exploração de 93,5 m<sup>3</sup>/h.

### **8.3.7. Consumo agroindustrial**

O valor do consumo agroindustrial é ínfimo tanto para águas superficiais quanto para subterrâneas, sendo que seus valores de vazões absolutas outorgadas e porcentagem de vazão total outorgada são, respectivamente, 42,26 m<sup>3</sup>/h com 0,56% e 7,3 m<sup>3</sup>/h correspondendo a 0,8%.

### **8.3.8. Consumo humano**

Para o consumo humano, os valores de exploração de água superficiais são inexpressíveis, atingindo apenas 0,03% da vazão total outorgada, com vazão absoluta de 2,05 m<sup>3</sup>/h. Já para águas subterrâneas, a porcentagem de vazão explorada é de quase 20%, com vazão absoluta de 176,9 m<sup>3</sup>/h.

### **8.3.9. Aquicultura**

Para esta atividade só há outorga para exploração de águas superficiais e seus valores são inexpressíveis, correspondendo a apenas 0,42% de toda vazão outorgada, com uma vazão absoluta de 31,32 m<sup>3</sup>/h.

### **8.3.10. Piscicultura**

A regulamentação da criação de peixes em tanques no lago de Furnas está sendo feita a partir de uma parceria entre o Ministério de Pesca e a Universidade Federal de Minas Gerais, que desenvolveram estudos que englobam desde o caráter ambiental do reservatório até o sócio-econômico, delimitando áreas específicas para ser exercido este tipo de atividade.

No projeto serão criados 15 parques aquícolas, sendo que 12 destes serão localizados no braço do Rio Sapucaí e os outros 3 no Rio Grande. Pela regulamentação fica estabelecido que os tanques localizados fora do perímetro destes parques estarão em condições irregulares e, portanto, sujeitos a punições.

Devido à grande distância que separam tais parques dos tanques já existentes destinados à criação de peixes juntamente com a inviabilidade de locomoção dos respectivos proprietários, há uma divergência entre estes e os órgãos regulamentadores. Os proprietários dos tanques que estão fora do perímetro dos parques aquícolas alegam que estão sendo prejudicados, pois os seus tanques estão instalados em locais cuja consolidação é de longa data além de ter sua própria moradia bem próxima dos mesmos. Tal êxodo prejudicaria estes criadores e, conseqüentemente, inviabilizaria a produção de peixes.

Deve-se citar que atualmente existem aproximadamente 500 piscicultores e mais de 5000 tanques, muitos destes financiados pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que tem o intuito de atender de forma diferenciada os mini e pequenos produtores rurais que desenvolvam suas atividades mediante emprego direto de sua força de trabalho e de sua família.

### **8.3.11. Geração e Turismo**

O turismo da região em estudo está diretamente relacionado com o nível de água do reservatório de furnas, isto é, quando há depleção do mesmo, conseqüentemente há diminuição da procura turística na região, atingindo tanto os empreendimentos lindeiros, ou seja, aqueles que exploram diretamente o reservatório para suas atividades, quanto aos que gozam indiretamente do alto fluxo de pessoas decorrentes do turismo, como hotéis, supermercados, postos de gasolina, farmácias, etc.

Em contrapartida, a principal função do reservatório de furnas é a geração de energia elétrica, e para que isso ocorra em larga escala é inevitável uma depleção. No entanto esta pode ou não diminuir de forma significativa o volume de água do reservatório, que vai depender diretamente do regime de chuvas da região. Quando há um longo período de estiagem, para que se mantenha um volume ideal que não prejudique os empreendimentos dependentes do mesmo, a exploração energética deve ser reduzida, podendo haver déficit de energia nas regiões onde o abastecimento energético é advindo desta central hidrelétrica, e aumentando os custos da geração, causando um conflito entre exploração energética e turismo.

Para se ter uma idéia da dimensão da dependência causada pelo lago de furnas aos empreendimentos que dele necessitam, basta tomar os números da crise energética ocorrida no ano de 2001. O reservatório de furnas, que possui cota máxima normal de 768m, com volume útil de 17.217 hm<sup>3</sup> e área alagada de 1.442 km<sup>2</sup>, chegou a atingir os 752m de cota em janeiro de 2000, 753m em janeiro de 2001, 752m em janeiro de 2002, e só se normalizou em janeiro de 2003, quando sua cota mínima chegou ao patamar de 762m. No ápice da crise, sua área alagada chegou a ser apenas 59% do número normal. Este período de depleção provocou perdas econômicas de grandes proporções, excedendo o montante dos R\$138 milhões entre o período de 1999 a 2005, atingindo cerca de 95% dos empreendimentos lindeiros.

### 8.3.13. Projetos Turísticos Existentes

A potencialidade turística da região do entorno do Lago de Furnas é grande. A beleza natural e a história desta região são ricas e os circuitos turísticos tentam organizar cada área geográfica a fim de promover o seu desenvolvimento turístico, valorizar a cultura local e dinamizar a economia dos municípios.

As potencialidades da região compreendem praias artificiais, cachoeiras formadas nas encostas das serras, bases náuticas, clubes náuticos e pesqueiros, festas populares, fazendas centenárias, produção de queijo, esportes de aventura como o vôo livre e a *mountain bike* entre outras. Os cinco circuitos turísticos da região são: Circuito Turístico Caminhos Verdes de Minas (cidades: Coronel Pacheco, Goianá, Piau, Rio Novo e São João Nepomuceno), Circuito Turístico Lago das Gerais (Aguanil, Boa Esperança, Campo Belo, Campo do Meio, Cana Verde, Candeias, Coqueiral, Cristais, Guapé, Ilícínia e Três Pontas), Circuito Turístico Lago de Furnas (Alfenas, Alterosa, Areado, Campos Gerais, Divisa Nova, Fama, Machado, Monte Belo,

Paraguaçu, Poço Fundo, Serrania e Varginha), Circuito Turístico Nascentes das Gerais (Capetinga, Capitólio, Cássia, Claraval, Delfinópolis, Doresópolis, Fortaleza de Minas, Ibiraci, Itaú de Minas, Passos, Piumhi, São João Batista do Glória, São José da Barra, São Roque de Minas e Vargem Bonita) e Rota dos Tropeiros (Arcos, Formiga, Itapeçerica, Lagoa da Prata, e Santo Antônio do Monte).

Embora o turismo apresente condições e vantagens visíveis e excepcionais sobre outros setores da economia para geração de emprego e renda, existe ainda muito deste potencial a ser explorado. Neste sentido, a Setur (Secretaria de Estado de Turismo de Minas Gerais) implementou o programa de estruturação da Região do Lago de Furnas, visando, até 2010, transformar o local em destino turístico diferenciado e qualificado para a atividade. O objetivo deste projeto (2007 - 2010) é estimular o aumento do capital social e o desenvolvimento sustentável das comunidades com a geração de renda, propiciados pela atividade turística. Dentre as ações do Projeto Estruturador para a região, já foi realizado estudo e diagnóstico da atividade turística no Lago de Furnas, definindo as principais potencialidades turísticas dos 34 municípios no entorno do Lago de Furnas, pertencentes a ALAGO (Associação dos Municípios do Lago de Furnas). Foi elaborado também um Plano Estratégico, que será gerido pela câmara temática de turismo da ALAGO. Para 2009, estão previstos a capacitação da Câmara Temática do Turismo da ALAGO e Criação de Cardápio de Produtos Turísticos.

## 8.4 Análise do Capítulo

O presente capítulo apresenta uma análise das outorgas em vigor na Unidade de Gestão GD3, incluindo a identificação das principais atividades de uso da água. Foram avaliados os dados do cadastro estadual (IGAM) e federal (ANA). Os dados obtidos mostram que os usos com o maior volume consumido são, por ordem decrescente, o abastecimento público e a irrigação. Entre essas duas atividades, a principal diferença é que a irrigação apresenta um número maior de usuários, mas com pequenos valores outorgados, enquanto que no abastecimento público os volumes por usuário são elevados.

Em relação às águas superficiais, a distribuição espacial das outorgas é relativamente homogênea entre os municípios, mas alguns se destacam, como Boa Esperança Três Pontas, Muzambinho, Formiga, Campo Belo, Alfenas, Carmo do Rio Claro, Cristais e Guapé. A maioria das outorgas se concentra às margens do Lago de Furnas ou muito próximo dele, evidenciando

a tendência de crescimento das atividades de agricultura irrigada próximo de suas margens. Conforme já mencionado, esse ato traz conseqüências importantes para a elaboração do Plano, pois o crescimento das culturas anuais próximo a um reservatório extenso e com áreas de APP de pouca cobertura natural contribui fortemente para a piora da qualidade de suas águas, além de reduzir a disponibilidade hídrica.

O volume outorgado junto ao Lago de Furnas chama atenção, mas as captações nos cursos d'água também motivam cuidados na gestão, devido pequena dimensão de suas bacias. Algumas cidades fazem a captação para abastecimento público diretamente desses rios e podem entrar em conflito com os usos de irrigação e industrial.

Em relação às águas subterrâneas, os volumes são bem menos expressivos do que o superficial, mas se distribuem espacialmente de forma menos homogênea. Alguns municípios, como Formiga, Alfenas e Campo Belo são os maiores consumidores de água subterrânea, onde predominam usos para atividades industriais e consumo humano.

O entendimento da distribuição da outorgas e os volumes captados são essenciais para o desenvolvimento do Plano, uma vez que influenciam na disponibilidade hídrica e na qualidade das águas. Os volumes outorgados serão usados para avaliação do balanço hídrico e, conseqüentemente, na discussão da vazão de referência para concessão de outorga. A distribuição dos diferentes usos é fundamental para a proposição do enquadramento dos corpos d'água, em razão do impacto dos lançamentos de efluentes.

## 9 Disponibilidade Hídrica Superficial

### 9.1 Disponibilidade Hídrica

Um dos maiores desafios para a hidrologia é o de conhecer e determinar, adequadamente, o comportamento dos processos hidrológicos. O entendimento dos mesmos é geralmente qualitativo, o que nem sempre permite o gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases ambientalmente sustentáveis.

O conhecimento adequado do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é essencial para a sua gestão. Desta forma são necessários estudos que mostrem a variabilidade temporal e espacial dos indicadores ambientais. O presente estudo visa determinar de forma quantitativa a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica da Unidade de Gestão GD3.

No início do estudo foi realizada uma pesquisa no banco de dados da ANA – Agência Nacional de Águas via internet no banco de dados HIDROWEB, para a aquisição de todos os postos fluviométricos localizados dentro das áreas de influência da bacia do GD3. Os postos cujos dados de vazão foram trabalhados estão apresentados na Tabela 9.1.

Após o tratamento dos dados de vazão obtidos foram selecionados alguns postos com valores em quantidade suficiente para a obtenção dos resultados requeridos. Os postos são mostrados na Tabela 9. 2.

Os critérios para a seleção dos postos foram os seguintes:

- Postos cujos dados passaram por análise de consistência, minimizando possíveis erros;
- Série de dados com pelo menos trinta anos de observações;
- Posto atualmente em operação.

Os postos listados na Tabela 9. 2 estão expostos na Figura 9.1 mostrando a localização de cada um deles.

Tabela 9.1. Postos Fluviométricos dentro das áreas de influência da bacia do GD3

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	RIO	RESPONSÁVEL
61800500	Beira de Santa Rita	Santa Rita de Caldas	Rio Pardo	ANA
61565000	Cachoeira Poço Fundo	Poço Fundo	Rio do Machado	ANA
61615000	Estação do Areado	Areado	Rio Muzambinho	ANA
61573000	Fama	Fama	Rio Sapucaí	ANA
61585000	Fazenda do Porto	Cabo Verde	Rio Cabo Verde	ANA
61642000	Fazenda Novo Horizonte	Carmo do Rio Claro	Ribeirão Santa Quitéria	ANA
61635000	Fazenda São José	Areado	Rio Claro	ANA
61135000	Ibituruna	Ibituruna	Rio das Mortes	ANA
61610000	Juréia	Monte Belo	Rio Muzambo	ANA
61145000	Macaia	Bom Sucesso	Rio Grande	ANA
61568000	Machado	Machado	Rio do Machado	ANA
61425000	Paraguaçu	Paraguaçu	Rio Sapucaí	FURNAS
61230000	Porto Capetinga	Capetinga	Rio Grande	ANA
61645000	Porto Carrito	Carmo do Rio Claro	Rio Sapucaí	ANA
61537000	Porto dos Buenos	Varginha	Rio Verde	ANA
61202000	Santana do Jacaré	Santana do Jacaré	Rio Jacaré	FURNAS
61657000	São Jose da Barra	Alpinópolis	Rio Grande	ANA
61595000	Serrania	Serrania	Rio São Tomé	ANA
61173000	Usina Couro do Cervo	Lavras	Rio do Cervo	ANA
61175000	Usina Nepomuceno	Nepomuceno	Rio do Cervo	ANA
61680000	Usina Nova Resende	Nova Resende	Rio São João	ANA

Tabela 9. 2 Postos selecionados na unidade de gestão GD3

CÓDIGO	NOME	MUNICÍPIO	RIO	RESPONSÁVEL	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )
61135000	Ibituruna	Ibituruna	Rio das Mortes	ANA	6155
61145000	Macaia	Bom Sucesso	Rio Grande	ANA	15395
61173000	Usina Couro do Cervo	Lavras	Rio do Cervo	ANA	385
61175000	Usina Nepomuceno	Nepomuceno	Rio do Cervo	ANA	1002
61202000	Santana do Jacaré	Santana do Jacaré	Rio Jacaré	FURNAS	1506
61425000	Paraguaçu	Paraguaçu	Rio Sapucaí	FURNAS	9424
61537000	Porto dos Buenos	Varginha	Rio Verde	ANA	6271
61565000	Cachoeira Poço Fundo	Poço Fundo	Rio do Machado	ANA	339
61568000	Machado	Machado	Rio do Machado	ANA	732
61610000	Juréia	Monte Belo	Rio Muzambo	ANA	882
61800500	Beira de Santa Rita	Santa Rita de Caldas	Rio Pardo	ANA	356

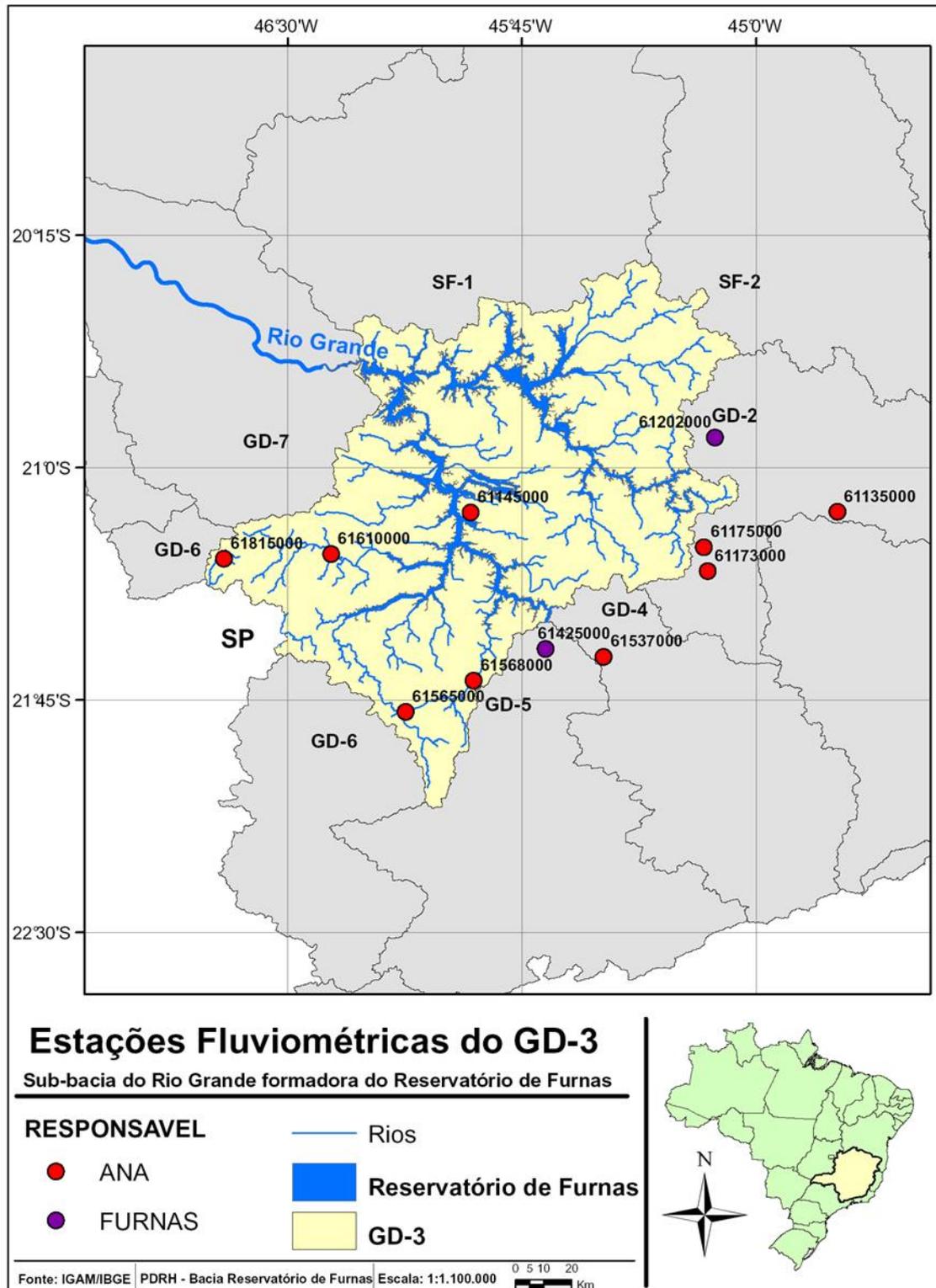


Figura 9.1. Localização dos postos selecionados na unidade de gestão GD3 e seus respectivos responsáveis

### 9.1.1 Vazão de Referência com Base em Séries Observadas

De acordo com a Portaria Administrativa Nº 010/98 do IGAM, no estado de Minas Gerais, até que se estabeleçam as diversas vazões de referência para cada Bacia Hidrográfica, será adotada como tal a vazão  $Q_{7,10}$  (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência) para concessão de outorga do uso da água. A seguir é apresentado um roteiro para determinação dessa vazão a partir de séries observadas, composto dos seguintes passos:

1. Obter a série de vazões diárias para o local de interesse;
2. Ordenar os valores de vazões diárias em ordem cronológica;
3. Calcular a média móvel de 7 dias da série de vazões ordenada;
4. Obter a série de vazões diárias para o local de interesse;
5. Ordenar os valores de vazões diárias em ordem cronológica;
6. Calcular a média móvel de 7 dias da série de vazões ordenada;
7. Selecionar, da série da média móvel, o valor mínimo de cada ano (um valor para cada ano). Nesse caso deve-se considerar que o ano refere-se ao período de 12 meses em que ocorra somente um período de estiagem. Para as regiões Sul e Sudeste do Brasil, esse período de 12 meses coincide com o ano civil (jan a dez);
8. Obtida a série de valores mínimos, ordenar os valores em ordem crescente;
9. Calcular a probabilidade acumulada e o tempo de retorno para cada valor da série de mínimos, ou seja, a distribuição empírica;
10. Plotar o gráfico de vazão por tempo de retorno;
11. Determinar a vazão mínima média de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos (por interpolação). No caso da vazão  $Q_{7,10}$ , normalmente não é necessário ajustar uma distribuição teórica de probabilidades, porque geralmente o valor procurado está entre os valores calculados, não necessitando de extrapolações.

A tabela 9.3 apresenta todos os dados obtidos dos postos fluviométricos selecionados na unidade de gestão GD3.

De acordo com o procedimento citado anteriormente, foi obtida e ordenada cronologicamente, para cada um dos postos selecionados, a série de vazões diárias. Em

seguida calculada a média móvel de sete dias para a série de cada posto. A Tabela 9.4 apresenta, de forma resumida, os valores mínimos anuais da média de sete dias encontrados para cada ano. Os gráficos de freqüência das mínimas anuais das vazões médias de sete dias pelo tempo de retorno, de cada posto, são mostrados na Figura 9.2, Figura 9.3, Figura 9.4, Figura 9.5, Figura 9.6, Figura 9.7, Figura 9.8, Figura 9.9, Figura 9.10 e Figura 9.11.

A Figura 9.12 mostra as curvas de freqüência de todos os postos, com as vazões adimensionalizadas pelas respectivas médias das mínimas de 7 dias. Esse gráfico mostra que o comportamento dos postos é suficientemente semelhante para que todos os postos sejam considerados de uma mesma região homogênea. A Tabela 9.5 resume os valores encontrados para a  $Q_{7,10}$  em cada posto analisado.

Tabela 9.3. Dados obtidos dos postos fluviométricos selecionados

NOME DO POSTO	MUNICÍPIO - MG	CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE	RIO	RESPONSÁVEL	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PERÍODO DE DADOS
Ibituruna	Ibituruna	61135000	21.14250	44.73972	Rio das Mortes	ANA	6155	01/10/1925 - 31/12/2003
Macaia	Bom Sucesso	61145000	21.14472	44.91389	Rio Grande	ANA	15395	25/01/1968 - 35/01/2008
Usina Couro do Cervo	Lavras	61173000	21.33417	45.15500	Rio do Cervo	ANA	385	01/01/1935 - 30/09/2006
Usina Nepomuceno	Nepomuceno	61175000	21.25722	45.16722	Rio do Cervo	ANA	1002	01/05/1935 - 31/12/2007
Santana do Jacaré	Santana do Jacaré	61202000	20.90306	45.13194	Rio Jacaré	FURNAS	1506	01/07/1935 - 31/12/2007
Porto dos Buenos	Varginha	61537000	21.61083	45.48889	Rio Verde	ANA	6271	21/11/1967 - 31/05/2004
Cachoeira Poço Fundo	Poço Fundo	61565000	21.78833	46.12222	Rio do Machado	ANA	339	22/07/1967 - 30/09/2006
Machado	Machado	61568000	21.68750	45.90472	Rio do Machado	ANA	732	01/03/1934 - 30/09/2006
Juréia	Monte Belo	61610000	21.27889	46.36083	Rio Muzambo	ANA	882	10/05/1967 - 31/12/2007
Beira de Santa Rita	Santa Rita de Caldas	61800500	22.00277778	46.28861111	Rio Pardo	ANA	356	01/07/1931 - 30/09/2006

Tabela 9.4. Vazões mínimas anuais da vazão média de sete dias para os postos fluviométricos da Unidade de Gestão GD3

ANO	POSTOS									
	61135000	61145000	61173000	61175000	61202000	61537000	61565000	61568000	61610000	61800500
	m <sup>3</sup> /s									
1925	97.997	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1926	50.634	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1927	51.691	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1928	32.171	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1929	51.903	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1930	38.726	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1931	53.383	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1932	43.520	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1933	38.660	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1934	20.724	---	---	---	---	---	---	3.687	---	---
1935	39.153	---	3.590	---	10.704	---	---	6.137	---	---
1936	33.449	---	3.394	---	8.087	---	---	5.389	---	---
1937	36.590	---	3.661	---	7.677	---	---	5.694	---	2.063
1938	54.969	---	3.849	---	16.109	---	---	6.746	---	2.811
1939	38.857	---	4.146	---	5.800	---	---	4.979	---	1.240
1940	38.266	---	3.676	7.469	6.814	---	---	5.811	---	1.570
1941	47.943	---	3.343	5.426	8.229	---	---	4.601	---	0.887
1942	44.857	---	3.101	5.116	8.379	---	---	5.870	---	1.796
1943	57.840	---	3.133	4.606	10.230	---	---	6.527	---	1.711
1944	37.379	---	2.613	3.137	7.457	---	---	3.973	---	0.587
1945	40.434	---	2.607	2.939	9.214	---	---	5.263	---	0.867
1946	33.320	---	2.536	6.046	10.500	---	---	6.730	---	1.581
1947	56.909	---	3.716	8.543	11.460	---	---	9.547	---	3.070
1948	33.320	---	3.520	7.803	10.320	---	---	6.317	---	1.594
1949	34.391	---	2.616	7.501	11.370	---	---	5.017	---	1.084
1950	35.994	---	2.770	7.136	13.500	---	---	3.884	---	1.581
1951	39.903	---	1.673	5.890	12.120	---	---	5.249	---	1.404
1952	45.483	---	1.724	6.074	13.740	---	---	3.880	---	0.763
1953	35.724	---	1.317	4.237	11.520	---	---	3.661	---	1.276
1954	21.146	---	1.079	3.630	10.144	---	---	3.239	---	0.799
1955	19.039	---	1.210	3.317	11.340	---	---	3.257	---	1.964
1956	30.903	---	1.370	4.671	15.061	---	---	4.106	---	4.483
1957	38.167	---	2.906	6.790	17.421	---	---	5.857	---	4.956
1958	37.083	---	2.769	6.560	18.529	---	---	5.711	---	5.250
1959	26.060	---	2.469	4.874	14.494	---	---	4.856	---	3.461
1960	34.203	---	2.647	5.159	17.386	---	---	4.547	---	2.756
1961	36.650	---	3.819	6.617	16.851	---	---	---	---	2.624
1962	37.804	---	4.050	8.441	27.650	---	---	---	---	3.266
1963	23.480	---	1.770	3.973	32.120	---	---	---	---	2.520
1964	21.089	---	1.987	5.110	34.514	---	---	---	---	1.067
1965	48.857	---	3.990	5.861	10.410	---	---	---	---	3.284
1966	37.166	---	3.747	8.060	8.494	---	---	---	---	3.073
1967	36.140	---	3.164	7.431	8.970	84.921	1.194	5.547	8.883	2.099
1968	37.936	114.671	2.648.571	5.556	8.819	32.027	1.717	4.161	7.369	0.993
1969	33.807	117.071	3.008.571	5.810	8.311	36.701	1.536	3.460	7.239	1.253
1970	30.989	128.557	2.624.286	6.560	10.350	45.991	1.547	6.429	8.769	2.973
1971	18.520	88.614	1.615.714	3.670	3.729	31.150	1.129	4.149	7.276	1.686

1972	47.910	165.771	3.142.857	6.180	9.930	48.776	1.433	5.506	8.521	2.464
1973	52.626	152.514	3.088.571	5.864	5.431	48.174	1.041	5.134	7.841	1.757
1974	43.009	100.257	3.012.857	5.817	4.529	48.670	1.110	4.730	7.404	1.396
1975	37.971	118.171	2.35	4.449	4.001	39.023	1.100	4.570	7.476	1.147
1976	51.589	161.229	3.45	7.370	8.259	85.010	4.723	8.683	12.571	6.129
1977	46.026	143.371	2.854.286	6.910	6.610	49.644	2.930	2.380	9.686	2.256
1978	43.763	137.800	2.515.714	5.089	7.099	35.493	2.390	1.724	8.500	1.170
1979	61.214	179.571	3.342.857	8.021	13.471	58.423	3.314	6.796	9.460	3.123
1980	45.366	163.571	2.394.286	6.343	8.293	48.551	3.819	5.161	12.593	2.761
1981	48.383	149.500	2.538.571	6.534	9.619	56.990	3.320	8.384	8.296	1.891
1982	53.474	152.271	4.094.286	8.306	14.411	67.884	4.269	8.761	11.200	3.494
1983	96.767	241.029	6.638.571	17.664	28.887	114.740	6.664	10.947	16.074	6.311
1984	52.343	136.486	2.652.857	6.591	11.391	45.760	2.226	5.489	11.307	1.209
1985	66.471	171.786	3.262.857	7.344	14.210	51.124	2.651	6.203	8.580	1.927
1986	41.976	131.857	2.977.143	6.874	10.190	51.751	3.320	5.620	10.729	2.170
1987	50.551	148.600	4.624.286	7.404	9.203	57.909	3.789	9.787	11.950	2.270
1988	47.346	171.929	4.578.571	6.903	6.340	53.513	3.679	8.924	11.800	1.480
1989	55.217	221.643	3.26	6.510	8.156	51.517	3.013	7.064	11.307	2.526
1990	48.329	132.629	2.701.429	5.681	7.984	44.824	3.179	6.636	10.429	1.856
1991	62.129	106.857	2.805.714	6.933	0.407	55.313	3.801	9.093	10.557	2.821
1992	71.614	146.214	3.485.714	9.680	10.036	69.834	4.639	---	11.629	3.081
1993	57.671	134.229	2.627.143	6.619	6.114	48.286	3.800	8.279	10.536	2.686
1994	54.531	125.571	2.75	5.967	5.637	30.839	2.630	5.384	8.973	1.783
1995	44.046	104.486	3.23	6.261	4.100	46.599	1.950	6.531	10.814	4.260
1996	56.186	93.000	3.514.286	7.674	3.903	46.110	3.617	6.271	11.736	5.010
1997	62.243	162.714	3.84	7.343	10.503	51.886	3.320	6.563	10.664	2.574
1998	51.211	134.971	2.604.286	5.404	8.609	37.911	2.826	4.891	6.863	1.817
1999	40.851	88.143	2.141.429	7.050	6.120	33.029	1.280	3.759	4.884	1.856
2000	45.649	108.743	2.312.857	5.900	7.011	43.987	3.780	7.314	6.089	2.803
2001	38.341	78.786	1.224.286	3.610	3.740	28.016	1.317	3.446	4.229	2.127
2002	36.300	147.429	1.751.429	5.390	---	---	1.441	4.659	1.759	1.307
2003	50.457	---	1.576	5.990	3.744	31.453	1.490	3.060	4.351	1.976
2004	---	---	1.899	4.726	12.860	58.886	1.160	3.453	7.331	3.093
2005	---	---	3.297	5.067	---	---	3.480	6.137	7.801	2.354
2006	---	---	3.427	5.493	---	---	2.389	4.120	6.000	2.747
2007	---	---	---	4.299	4.283	---	---	---	4.871	---
<b>MÉDIA</b>	<b>44.238</b>	<b>138.858</b>	<b>2.914</b>	<b>6.225</b>	<b>10.613</b>	<b>50.560</b>	<b>2.700</b>	<b>5.602</b>	<b>8.886</b>	<b>2.343</b>

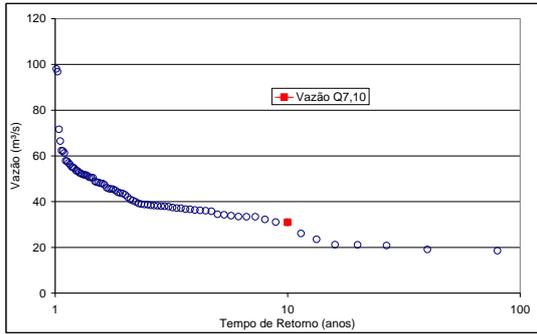


Figura 9.2. Gráfico de frequência do posto 61135000

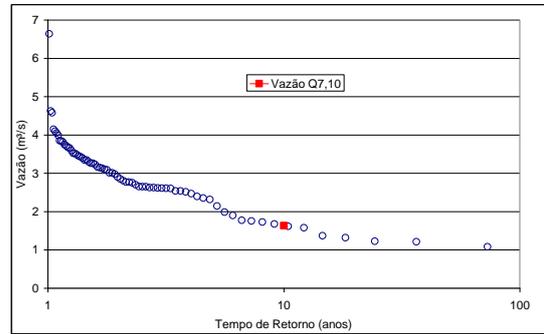


Figura 9.3. Gráfico de frequência do posto 61173000

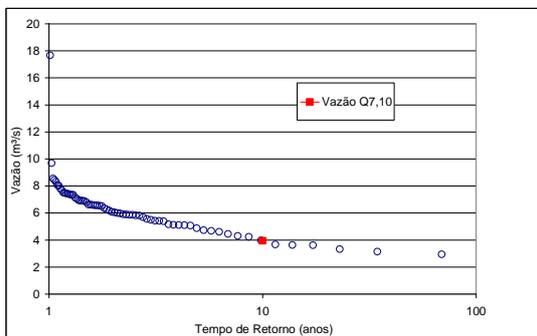


Figura 9.4. Gráfico de frequência do posto 61175000

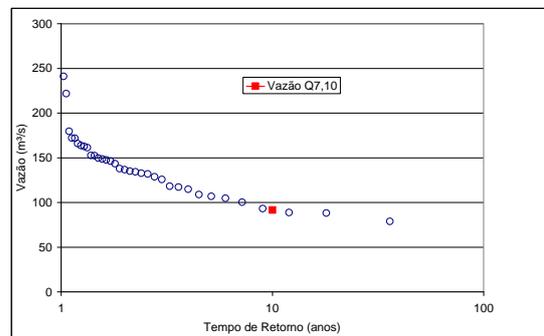


Figura 9.5. Gráfico de frequência do posto 61145000

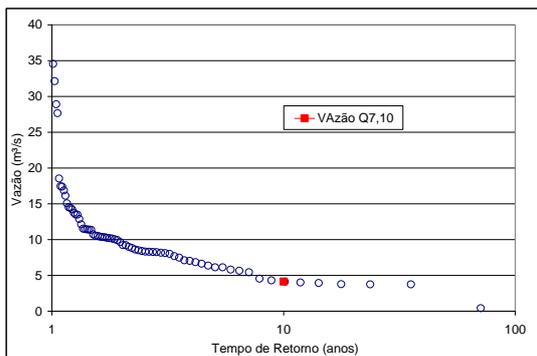


Figura 9.6. Gráfico de frequência do posto 61202000

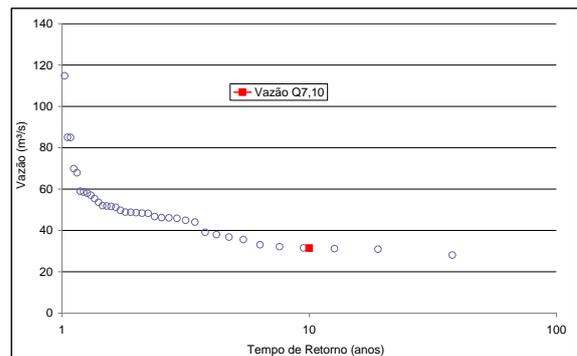


Figura 9.7. Gráfico de frequência do posto 61537000

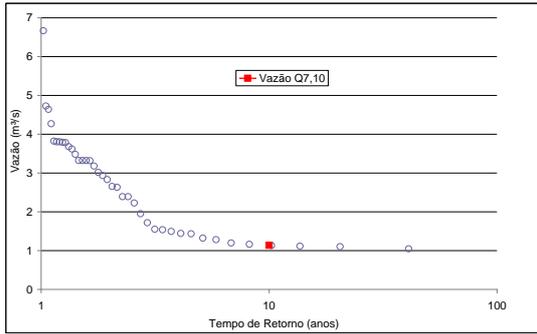


Figura 9.8. Gráfico de frequência do posto 61565000

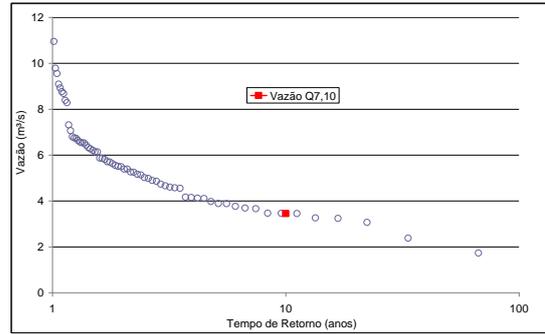


Figura 9.9. Gráfico de frequência do posto 61568000

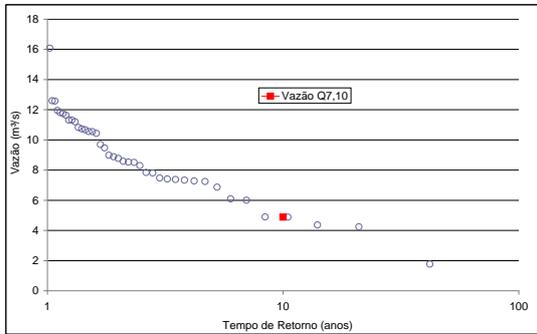


Figura 9.10. Gráfico de frequência do posto 61610000

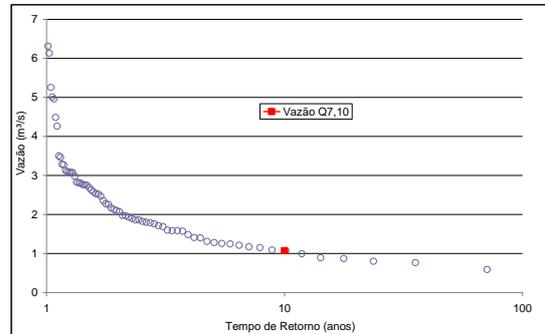


Figura 9.11. Gráfico de frequência do posto 61800500

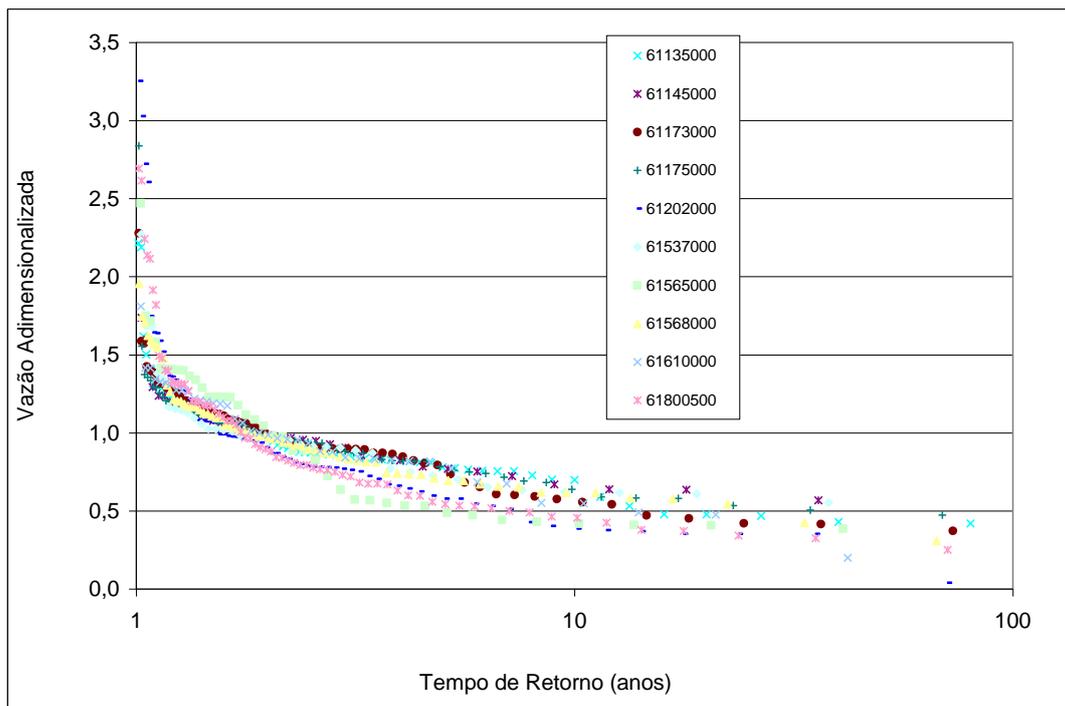


Figura 9.12. Gráfico da frequência com as vazões mínimas adimensionalizadas

Tabela 9.5 Vazões  $Q_{7,10}$

CÓDIGO	$Q_{7,10}$
61135000	30.903
61145000	91.538
61173000	1.635
61175000	3.947
61202000	4.121
61537000	31.405
61565000	1.132
61568000	3.451
61610000	4.874
61800500	1.069

### 9.1.2 Vazão de Referência com Base nos Deflúvios Superficiais (HIDROSSISTEMAS, 1993)

Para estabelecer os limites de concessão de outorgas de captação de água, o estado de Minas Gerais definiu a vazão de referência como sendo a vazão mínima média de sete dias de duração com tempo de retorno de dez anos ( $Q_{7,10}$ ). De acordo com as Portarias do IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, no 010/98 e 007/99, a vazão máxima outorgável é definida como 30% da  $Q_{7,10}$ .

Essa publicação consiste da regionalização das vazões para todo o estado de Minas Gerais, através do estabelecimento de regiões com comportamento hidrológico homogêneo. Para essas regiões são determinadas correlações com as características físicas da bacia, tal com a área de drenagem, que permitem estimar vazões de referência para diferentes finalidades. Dessa forma, foram confeccionados mapas capazes de fornecer estimativas dos rendimentos característicos, para o território estadual.

Conhecendo o rendimento característico em ( $l/s.km^2$ ) através do mapa de rendimento específico médio mensal de contribuições mínimas unitárias com 10 anos de recorrência (Hidrossistemas, 1993) e da área de drenagem em ( $km^2$ ) da bacia hidrográfica, controlada pela seção de interesse, podemos estimar a vazão característica em ( $l/s$ ), conforme a Equação 9.2.

$$Q_{M,10} = Re_{M,10} \cdot Ad \quad (9.2)$$

Onde:  $Q_{M,10}$  - vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal;

$Ad$  - área de drenagem controlada pelo ponto de captação;

$Re_{M,10}$  – Rendimento específico mínimo de duração mensal e recorrência decenal.

Para as bacias da Unidade de Gestão GD3 os rendimentos específicos obtidos são de valores que variam entre 3,0, 5,0 e 7,0 (l/s.km<sup>2</sup>) para as áreas de drenagem relativas a cada posto selecionado.

A vazão  $Q_{7,10}$ , vazão mínima média de sete dias com recorrência de dez anos, é obtida pela Equação 9.3.

$$Q_{7/10} = \frac{F_{7,10} \cdot Q_{M,10}}{1000} \quad (9.3)$$

Onde,  $F_{7,10}$  é o fator de proporção fornecido pela função de inferência regionalizada e  $Q_{M,10}$  é a vazão mínima de duração mensal e recorrência decadal.

Para as áreas de estudo, a tipologia regional homogênea corresponde a um número (Hidrossistemas, 1993), para a qual os fatores de proporção  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , são obtidos por tabelas. A Tabela 9.6 traz os valores observados. Nota-se que, como os postos localizados nos respectivos municípios apresentam a mesma tipologia, logo os fatores de proporções são os mesmos.

Tabela 9.6. Tipologia da região dos postos e os fatores de proporção

NOME DO POSTO	TIPOLOGIA	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Ibituruna	221	0.500785	0.392361	1.0063
Usina Couro do Cervo	221	0.500785	0.392361	1.0063
Macaia	221	0.500785	0.392361	1.0063
Machado	221	0.500785	0.392361	1.0063
Juréia	221	0.500785	0.392361	1.0063
Usina Nepomuceno	221	0.500785	0.392361	1.0063
Cachoeira Poço Fundo	221	0.500785	0.392361	1.0063
Santana do Jacaré	221	0.500785	0.392361	1.0063
Beira de Santa Rita	221	0.500785	0.392361	1.0063
Porto dos Buenos	221	0.500785	0.392361	1.0063

O  $F_{7,10}$ , é obtido pelo seguinte equacionamento (Equação 9.4):

$$F_{D,T} = (\alpha + \beta \cdot \gamma^D) \cdot (\log T)^{-(r \cdot \log T + s)} D^{(m+n \cdot \log^2 T)} \quad (9.4)$$

Observe-se que como o período  $T = 10$ , o  $\log T = 1$ , portanto a equação final para  $F_{7,10}$  será (Equação 9.5):

$$F_{D,T} = (\alpha + \beta \cdot \gamma^D) \quad (9.5)$$

A Tabela 9.7 expõe os valores calculados relativos a cada área de atuação dos postos fluviométricos requeridos para análise.

Tabela 9.7. Cálculo dos valores de  $Q_{7,10}$

CÓDIGO	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	RENDIMENTO ESPECÍFICO (Re) [l/s.km <sup>2</sup> ]	VAZÃO MÍNIMA (Q <sub>10,M</sub> ) [l/s]	F <sub>7,10</sub>	Q <sub>7,10</sub> [m <sup>3</sup> /s]
61135000	6155	7	43085	0.910780	39.241
61173000	385	3	1155	0.910780	1.052
61145000	15395	5	76975	0.910780	70.107
61568000	732	5	3660	0.910780	3.333
61610000	882	5	4410	0.910780	4.016
61175000	1002	3	3006	0.910780	2.738
61565000	339	5	1695	0.910780	1.544
61202000	1506	3	4518	0.910780	4.115
61800500	356	5	1780	0.910780	1.621
61537000	6271	3	18813	0.910780	17.134

### 9.1.3 Equações Regionais

Equações Regionais com Dados Observados nos Postos: Foi escolhida a área de drenagem como característica física para servir de variável explicativa na regionalização da vazão  $Q_{7,10}$ . Essa característica é referente a cada uma das sub-bacias contribuintes de todos os postos utilizados na obtenção da vazão  $Q_{7,10}$ . Aplicando técnicas de regressão linear simples e múltiplas, relacionando a vazão  $Q_{7,10}$  com as áreas de drenagens dos postos, obtiveram-se

equações que possibilitam encontrar valores de vazão  $Q_{7,10}$  para áreas de drenagem de postos com dados observados.

Equações Regionais das Vazões Mínimas de Referência com Base nos Deflúvios Superficiais (HIDROSSISTEMAS, 1993): Ao concluir os trabalhos para a obtenção das vazões  $Q_{7,10}$ , o mesmo procedimento foi realizado para a aquisição das equações regionais, apresentadas na Tabela 9.8.

Tabela 9.8. Equações regionais determinadas para os dados observados nos postos

MÉTODO	LINEAR		POTÊNCIA	
	EQUAÇÃO	FATOR $R^2$	EQUAÇÃO	FATOR $R^2$
Dados dos Postos	$Q_{7,10} = 0.0059 * A - 2.0775$	$R^2 = 0.9935$	$Q_{7,10} = 0.0018 * A^{(1.1164)}$	$R^2 = 0.9809$
Deflúvios Superficiais	$Q_{7,10} = 0.0046 * A - 0.6934$	$R^2 = 0.9439$	$Q_{7,10} = 0.0031 * A^{(1.0311)}$	$R^2 = 0.9538$

As Figura 9.13 e Figura 9.14 mostram o comportamento da vazão em relação à área de drenagem, nos dois métodos citados anteriormente.

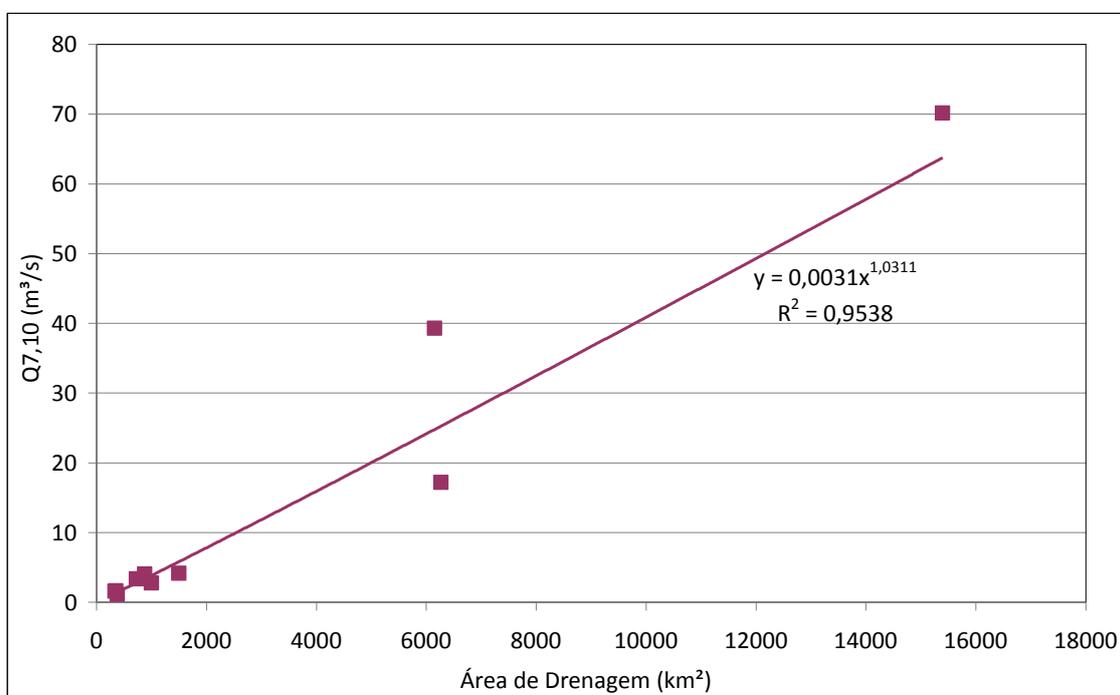


Figura 9.13. Comportamento da vazão em relação à área pelo método dos deflúvios superficiais

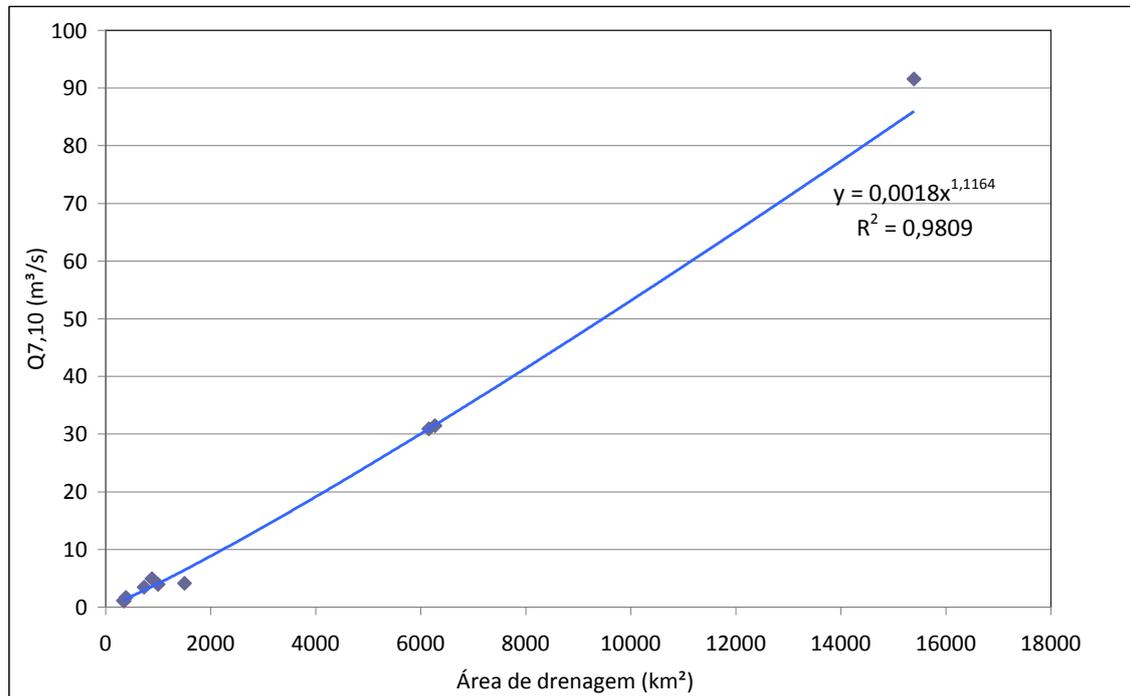


Figura 9.14. Comportamento da vazão em relação à área pelo método dos dados dos postos

A Figura 9.15 mostra graficamente o comportamento dos dados de vazão em relação as áreas dos postos, comparando as duas metodologias.

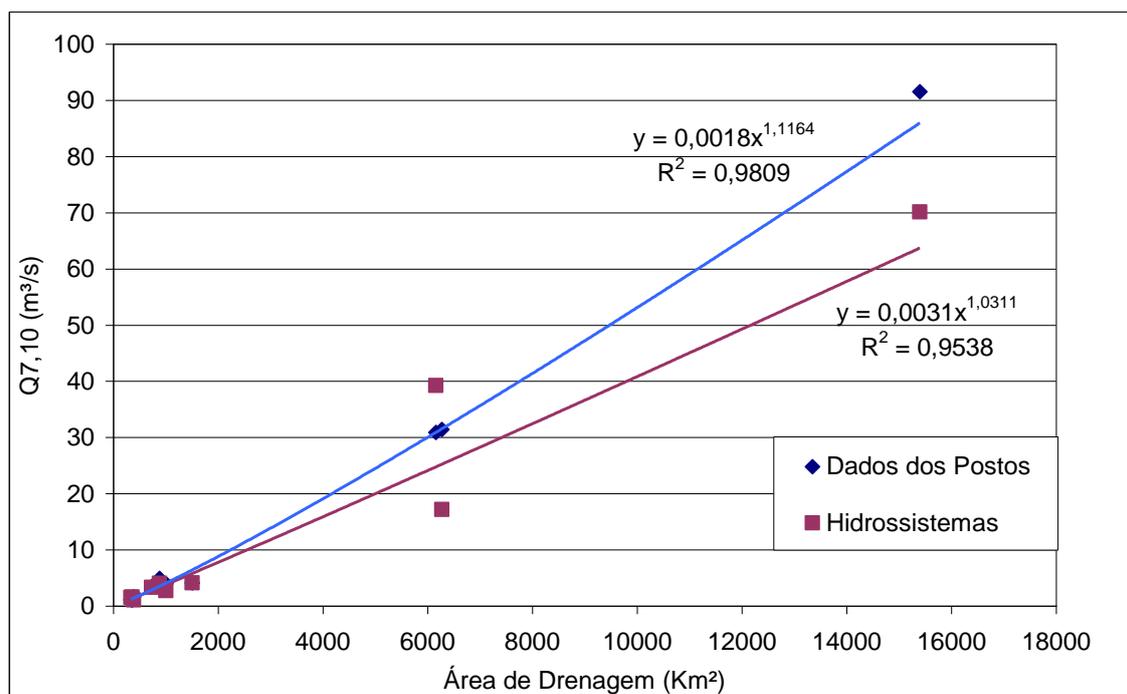


Figura 9.15. Comparação entre os métodos usando função do tipo potencia

Analisando o gráfico acima, observa-se que as duas metodologias apresentam resultados diferentes para áreas maiores, acima de 4000 km<sup>2</sup> principalmente. Notadamente, a estimativa por HIDROSSISTEMA (1993) subestima as vazões para as áreas maiores, gerando valores mais conservadores.

## 9.2 Balanço da Disponibilidade Hídrica Superficial

### 9.2.1 Bacias Internas ao GD3

Os dados referentes às outorgas concedidas no GD3 foram obtidos através das bases de dados do IGAM e do CNARH, conforme descrito no Capítulo 8. Além disso, a disponibilidade hídrica para toda a Unidade de Gestão foi determinada através do estabelecimento de equações regionais para a vazão de referência ( $Q_{7,10}$ ), atualmente empregada em Minas Gerais. De acordo com o item 9.5 desse relatório, as equações regionais foram construídas a partir de dois estudos de regionalização, a saber: i) as análises das séries hidrológicas atuais dos postos fluviométricos regionais; ii) os estudos elaborados por Hidrossistemas (1993). Conforme as análises do item 9.5, as equações obtidas pelos dois métodos não diferem significativamente para áreas pequenas, abaixo de 3000 km<sup>2</sup>. Por esse motivo, as estimativas de vazão de referência apresentadas a seguir serão determinadas pela equação regional obtida da análise dos postos fluviométricos da região.

A fim de confrontar a disponibilidade e a demanda da Unidade de Gestão GD3 optou-se por dividir a área em sub-bacias, conforme apresentado na Figura 9.16. Nessa figura também são apresentadas as localizações das outorgas em vigor na bacia. No total foram selecionadas 15 sub-bacias, cujo rio principal correspondente encontra-se expresso na Tabela 9.9. Conforme já mencionado, as equações utilizadas para a regionalização da vazão mínima de referência baseiam-se na área de drenagem ( $A_d$ ) como variável explicativa. Desta forma, portanto, determinaram-se as áreas de cada uma das sub-bacias e, a partir dessas áreas, estimaram-se as vazões de referência para os exutórios. Os resultados das estimativas são apresentados na Tabela 9.10.

Nesta tabela também são apresentados os percentuais atualmente outorgados da vazão de referência nas sub-bacias analisadas. Nota-se que nenhuma das sub-bacias encontra-

se com os percentuais acima de 30%. Entretanto, três dessas bacias apresentam percentuais muito próximos do limite. Um delas é o Ribeirão da Cachoeira (sub-bacia 2), localizado entre as cidades de Alfenas e Fama. Essa bacia está com 24,99% da vazão  $Q_{7,10}$  outorgada e tem a irrigação como uso principal. Outra sub-bacia é o Ribeirão das Araras (sub-bacia 7), que passa pela cidade de Três Pontas. Nesse caso a bacia encontra-se muito próxima do limite atual de outorga (29,94% da vazão  $Q_{7,10}$ ), tendo como uso preponderante a captação para abastecimento pública para a cidade de Três Pontas. Finalmente, também se destaca o Ribeirão São João (sub-bacia 12), localizado no município de Campo Belo, que possui 25,12% da vazão  $Q_{7,10}$  e também o abastecimento público como maior consumidor. As captações realizadas pelo DMAE de Campo Belo são feitas no Córrego do Bugre e no Córrego da Parreira, afluentes do Ribeirão São João.

A vazão considerada para os usos superficiais insignificantes foi de  $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ , sendo este o valor de vazão máximo para que um uso superficial seja considerado insignificante. A Tabela 9.10 e a Tabela 9.11 consideram os usos superficiais somados aos insignificantes superficiais na bacia. Assim sendo, verifica-se que o acréscimo dos usos insignificantes superficiais aos superficiais pouco modifica a vazão outorgada dos usos superficiais.

No município de Campo Belo há a Lei Complementar N° 068 (Campo Belo, 2009), de 10/10/2006 que instituiu o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal do Município de Campo Belo e que traz no Artigo 7° o seguinte:

Art. 7º - O planejamento ambiental definido como instrumento de política urbana no inciso IV do Art. 6º deverá atender às preocupações relacionadas à:

I - recuperação e preservação dos recursos hídricos que integram a bacia do Ribeirão São João e as sub-bacias de seus tributários, em seus trechos urbanos, relativamente à interceptação e tratamento dos esgotos sanitários, à implantação de sistema de drenagem pluvial urbana, com o tratamento adequado dos fundos de vale, e à otimização do sistema de coleta e destinação final de resíduos sólidos;

II - recuperação e preservação dos recursos hídricos que integram toda a Bacia do Ribeirão São João, principalmente as bacias do Córrego do Bugre e Córrego Parreiras – mananciais de abastecimento público, as bacias do Rio Jacaré e do Ribeirão Capão dentro do território municipal, bem como as bacias dos demais tributários diretos do Lago de Furnas, relativamente à preservação das nascentes, à criação de áreas de interesse ambiental e

paisagístico, e à criação unidades de conservação como Parques Municipais, Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN, Corredores Ecológicos, Áreas de Preservação Ambiental - APAs.

Tabela 9.9. Sub-bacias selecionadas para avaliação do balanço hídrico superficial

SUB-BACIA	RIO	ÁREA (km <sup>2</sup> )
1	Rio do Machado	1,005.42
2	Ribeirão da Cachoeira	42.84
3	Rio Muzambo - Campestre	382.59
4	Rio do Peixe	16.56
5	Rio Muzambo - Monte Belo	725.04
6	Rio Muzambo - Guaxupé	593.38
7	Ribeirão das Araras	237.32
8	Ribeirão Santana	604.98
9	Córrego da Peroba	35.39
10	Ribeirão Itaci	226.76
11	Ribeirão da Laje	261.59
12	Ribeirão São João	225.95
13	Ribeirão dos Dias	241.60
14	Rio Formiga	462.25
15	Rio Santana	751.29

Tabela 9.10. Balanço hídrico superficial e insignificante superficial nas sub-bacias selecionadas

SUB-BACIAS	VAZÃO Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	30% Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO SUPERFICIAL OUTORGADA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO SUPERFICIAL SOMADA À INSIGNIFICANTE SUPERFICIAL (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO OUTORGADA (%)
1	4.05	1.214	0.0490	0.0570	1.41
2	0.12	0.036	0.0300	0.0300	25.00
3	1.38	0.413	0.0810	0.0820	5.94
4	0.37	0.110	0.0280	0.0280	7.57
5	2.81	0.843	0.3290	0.3330	11.85
6	2.25	0.674	0.0000	0.0080	0.36
7	0.81	0.242	0.2420	0.2470	30.49
8	2.30	0.689	0.1060	0.1120	4.87
9	0.10	0.029	0.0130	0.0130	13.00
10	0.77	0.230	0.0250	0.0280	3.64
11	0.90	0.270	0.1050	0.1050	11.67
12	0.76	0.229	0.1920	0.1950	25.66
13	0.82	0.247	0.0850	0.0850	10.37
14	1.70	0.510	0.2030	0.2160	12.71
15	2.92	0.877	0.0150	0.0170	0.58

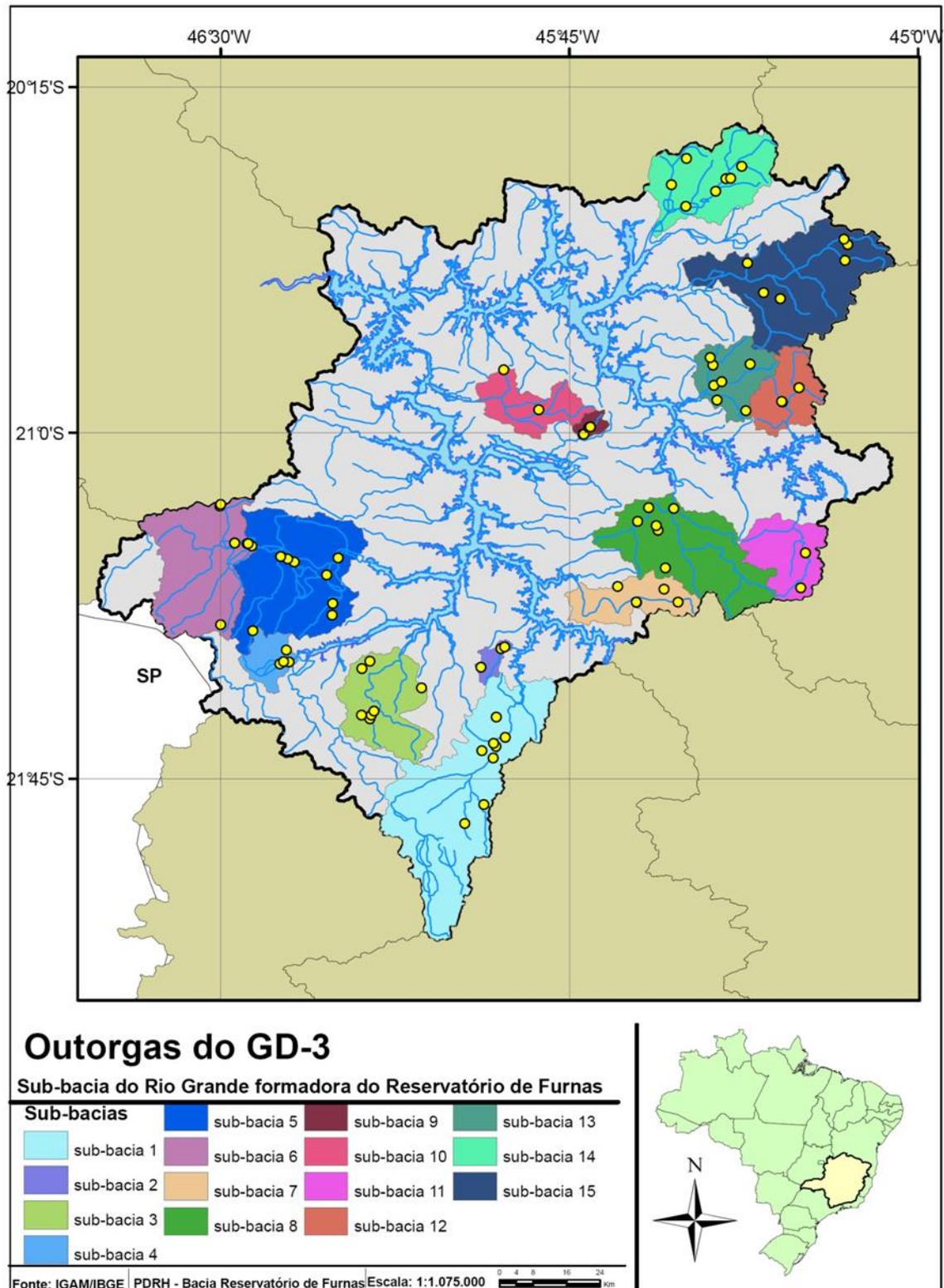


Figura 9.16. Sub-bacias selecionadas para o cálculo do balanço hídrico superficial e insignificante superficial

### 9.2.2 Rio Grande e Contribuintes Externos a Unidade de Gestão

A unidade de Gestão GD3 não se configura como uma bacia hidrográfica em sua totalidade, uma vez que corresponde a área de drenagem de um trecho do rio Grande. Dessa forma, para o balanço de sua disponibilidade hídrica deve considerar os rios que nascem externamente a bacia, uma vez que são os principais contribuintes de vazão para o Lago de Furnas. Ou seja, deve-se levar em consideração as unidades de gestão a montante desta, ou seja, GD1, GD2, GD4 e GD5, pois é delas que vem água que abastece o reservatório. Na Figura 9.17 são apresentadas as bacias que contribuem para o Lago de Furnas e as outorgas atualmente vigentes nestas áreas, incluídos os bancos de dados do IGAM e CNARH.

A fim de confrontar a disponibilidade e a demanda do rio Grande e das bacias localizadas a montante da Unidade de Gestão GD3, selecionou-se postos fluviométricos próximo a foz desses rios e determinou-se a vazão de referência ( $Q_{7,10}$ ) de cada um deles. Posteriormente, os valores de vazão foram transpostos para a seção de entrada na Unidade de Gestão GD3 através de relação direta entre áreas de drenagem. Para o caso do rio Grande na seção da barragem de Furnas empregou-se a série de vazões naturais do adotado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Na Tabela 9.11 são apresentados os resultados do balanço hídrico. Nesta tabela também são apresentados os percentuais atualmente outorgados da vazão de referência nas unidades de planejamento analisadas. Nota-se que todas apresentam totais outorgados distantes do limite de 30% da  $Q_{7,10}$ . No caso das bacias localizadas a montante da Unidade de Gestão, o rio Grande é o que apresenta maior taxa de uso (10,01% da  $Q_{7,10}$ ), seguido do rio Verde (7,24% da  $Q_{7,10}$ ). Na seção da barragem de Furnas o percentual é de 11,84%, mostrando que o entorno do reservatório apresenta um uso bastante intenso.

Tabela 9.11. Balanço Hídrico do rio Grande e bacias contribuintes ao GD3

BACIA	ÁREA DA BACIA (Km <sup>2</sup> )	VAZÃO Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO OUTORGADA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO OUTORGADA SUPERFICIAL SOMADA À INSIGNIFICANTE SUPERFICIAL (m <sup>3</sup> /s)	% da Q7,10 OUTORGADO (m <sup>3</sup> /s)
Sapucaí	9475	33.85	1.50	1.53	4.53
Verde	6876	34.44	2.43	2.50	7.24
Grande Montante	17172	102.11	10.20	10.22	10.01
Jacaré	2080	5.69	0.31	0.37	6.50
Barragens de Furnas	52112	199.63	23.52	23.63	11.84

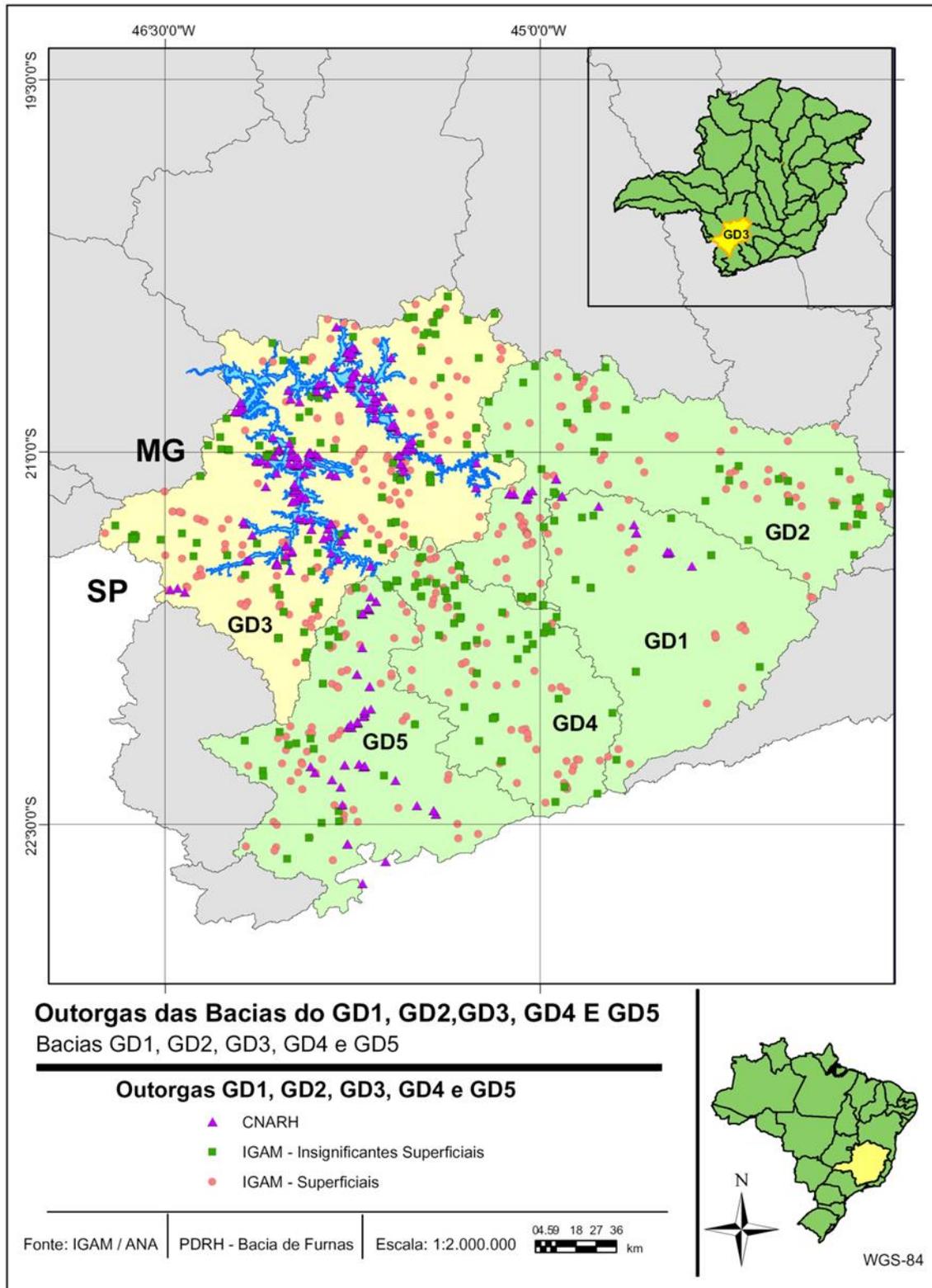


Figura 9.17. Outorgas superficiais e insignificantes superficiais do IGAM e outorgas do CNARH no GD3 e nas suas bacias contribuintes

### 9.3 Indicadores Regionais

A estimativa de valores hidrológicos característicos está sujeita as mais variadas incertezas dos dados hidrológicos, quando existem, e nas indefinições em locais sem dados. Alguns destes valores são: vazão média de longo período, vazão máxima média ou para outros tempos de retorno, vazão mínima de 7 dias e 10 anos, a vazão de 95 % da curva de permanência. O uso de valores médios regionais de variáveis como indicadores não é um procedimento preciso mais é útil para o seguinte:

- Verificar se resultados estudos específicos estão dentro da ordem de grandeza de uma determinada região;
- Permitir uma primeira estimativa dos usos e controles dos recursos hídricos em locais sem dados.

Um indicador regional é um valor médio de uma proporção entre variáveis hidrológicas ou uma variável característica. As variáveis dependem da magnitude da bacia e variam dentro da mesma. Desta forma, a relação entre os mesmos, de forma adimensional caracteriza um indicador que possui menor variabilidade e permite o seu uso com maior abrangência. Estas relações são alguns dos índices calculados nesse trabalho.

#### 9.3.1 Vazão Específica Média

A vazão específica é definida pela vazão por unidade de área (Equação 9.6), ou seja:

$$q = \frac{Q_{MLT}}{A} \quad (9.6)$$

Onde  $q$  é vazão específica ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ ),  $Q_{MLT}$  é vazão média de longo termo ( $m^3.s^{-1}$ ),  $A$  é área de drenagem da estação ( $km^2$ ).

Pode ser obtida facilmente numa região, devido à pequena variação, quando as isoietas de precipitação apresentam também pequena alteração espacial.

### 9.3.2 Relações das Vazões da Curva de Permanência

São consideradas duas vazões para caracterizar a curva de permanência. A primeira relação define o extremo inferior da curva, sendo determinada pela Equação 9.7:

$$rcp_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_{MLT}} \quad (9.7)$$

onde,  $Q_{95}$  é a vazão de 95% da curva de permanência ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ).

A segunda relação define o limite superior da curva de permanência, para o qual normalmente ainda existem interesses práticos para aplicação em projetos de recursos hídricos. É calculado pela seguinte Equação 9.8:

$$rcp_{50} = \frac{Q_{50}}{Q_{MLT}} \quad (9.8)$$

onde  $Q_{50}$  é a vazão com 50% da curva de permanência.

A relação entre a vazão de 95% da curva de permanência e a vazão média de longo período permite estimar a primeira em função da vazão à medida que este índice é conhecido. Este índice tende a apresentar pequena variação à medida que as características que determinam a variabilidade da vazão ao longo do ano se mantenham de um local para outro.

### 9.3.3 Índices de enchente

A vazão média de enchente  $Q_{mc}$  é um indicador das enchentes, pois representa o tempo de retorno da ordem de 2 anos, sendo um indicador da vazão correspondente a cota limite do leito menor de rios aluvionares. Geralmente esta cota encontra-se entre os tempos de retorno de 1,5 e 2 anos. Desta forma, a vazão média de enchente e a cota correspondente são indicativas do início da faixa de inundação ribeirinha de um rio.

O fator para a enchente de tempo de retorno de 2 anos fica (Equação 9.9):

$$r_{mc} = \frac{Q_{mc}}{Q_m} \quad (9.9)$$

A vazão  $Q_{100}$ , que corresponde ao tempo de retorno de 100 anos, geralmente representa o limite superior da faixa de inundação ribeirinha. O fator para a enchente de tempo de retorno de 100 anos fica (Equação 9.10):

$$r_{100} = \frac{Q_{100}}{Q_{mc}} \quad (9.10)$$

Estes fatores devem variar principalmente em função do seguinte:

- Características das precipitações máximas da bacia: intensidade, distribuição temporal e espacial, que dependem dos tipos predominantes das precipitações;
- Características geomorfológicas dos rios: leito menor e leito maior (planície de inundação).

A primeira relação geralmente apresenta grande variabilidade, enquanto que a vazão média de enchente tende a se correlacionar com a área da bacia para um determinado local. O segundo fator tende a apresentar menor variabilidade.

### 9.3.4 Índices de vazões mínimas

Além da vazão da curva de permanência para 95% do tempo, outro valor utilizado na prática para estimativa das condições de vazão mínima é a vazão de duração de 7 dias com risco de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ). Neste caso, dois índices podem ser analisados (Equação 9.11 e Equação 9.12).

$$r_{7,10} = \frac{Q_{7,10}}{Q_m} \quad (9.11)$$

$$r_m = \frac{Q_{95}}{Q_{7,10}} \quad (9.12)$$

O primeiro identifica a variabilidade entre a vazão média e uma vazão mínima característica e permite obter uma idéia da vazão mínima com relação à média. O segundo permite identificar a relação entre as duas condições usualmente utilizadas de vazão mínima. A vazão mínima  $Q_{95}$  caracteriza uma situação de permanência, enquanto que a  $Q_{7,10}$  indica uma situação de estado mínimo.

### 9.3.5 Indicadores para a Unidade de Gestão GD3

Os indicadores relacionados na Tabela 9.12 foram calculados para os postos localizados na unidade de gestão GD3.

Porém, os indicadores calculados não foram para todos os postos, pois alguns não apresentaram dados suficientes para gerar indicadores consistentes.

Os indicadores  $r_{rcpmc}$  e  $r_{100}$  mostram que a região das estações 61815000 e 61895000 estão mais propícias a sofrerem com enchentes.

Já os indicadores de estiagem,  $r_{7,10}$  e  $r_m$ , mostram que as duas estações citadas acima não apresentam o menor risco de enchente, pelo contrário, elas apresentam um grande risco de sofrerem com a estiagem, portanto a tabela acima indica que uma mesma região pode sofrer com dois tipos de fenômenos extremos e opostos.

A Q95 é um indicador usado na definição de energia firme de aproveitamento hidroelétrico, analisando esse indicador na tabela acima se conclui que a região das estações 61770000 e 61815000 são menos indicadas para investimentos hidroelétricos, pois elas apresentam grandes variações de vazões durante o período de estiagem, portanto elas possuem baixa capacidade de regularização natural.

Tabela 9. 12. Indicadores calculados para os postos selecionados

INDICADORES														
POSTO	A	$Q_{mit}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{mc}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{50}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{95}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{100}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{7.10}$ (m <sup>3</sup> /s)	$q$ (l/s.km <sup>2</sup> )	$r_{cp95}$	$r_{cp50}$	$r_{mc}$	$r_{100}$	$r_{7.10}$	$r_m$
61135000	6155	121.241	436.4	85.1	38.66	18.28	30.903	0.020	0.319	0.702	3.599	0.151	0.255	1.251
61173000	385	6.077	19.58	4.88	2.18	1.02	1.635	0.016	0.359	0.803	3.222	0.168	0.269	1.334
61175000	1002	16.045	60.500	11.530	5.450	2.870	3.947	0.016	0.340	0.719	3.771	0.179	0.246	1.381
61145000	15935	295.921	924.52	228.4	120.6	78	91.538	0.019	0.408	0.772	3.124	0.264	0.309	1.317
61202000	1506	29.961	113.000	21.200	8.209	0.280	4.121	0.020	0.274	0.708	3.772	0.009	0.138	1.992
61537000	6271	124.393	403.840	93.960	45.390	26.440	31.405	0.020	0.365	0.755	3.246	0.213	0.252	1.445
61565000	339	8.238	31.070	5.520	1.570	0.990	1.132	0.024	0.191	0.670	3.772	0.120	0.137	1.386
61568000	732	15.441	60.059	10.750	4.740	1.420	3.451	0.021	0.307	0.696	3.890	0.092	0.223	1.374
61610000	882	18.473	62.672	14.360	7.330	1.450	4.874	0.021	0.397	0.777	3.393	0.078	0.264	1.504
61800500	356	8.001	27.820	5.880	2.010	0.550	1.069	0.022	0.251	0.735	3.477	0.069	0.134	1.880

## 9.4 Análise do Capítulo

Ao longo desse capítulo determinou-se a disponibilidade hídrica das principais sub-bacias da unidade de gestão e avaliou-se o balanço hídrico em relação às demandas outorgadas. A disponibilidade hídrica foi determinada com base em regionalização hidrológica, a partir da análise dos dados de postos fluviométricos regionais e da metodologia atualmente empregada no estado de Minas Gerais (Hidrossistemas, 1993). A comparação entre as duas metodologias mostra algumas discrepâncias, indicando que o mapeamento feito por Hidrossistemas (1993) necessita de atualização. A rede de postos de monitoramento de vazão também se mostra insuficiente para os rios internos a unidade de gestão. Para os objetivos do Plano, deverá ser proposta uma ampliação dos postos de monitoramento, com enfoque sobre os cursos d'água com maior propensão a ocorrência de conflitos.

Comparando-se a disponibilidade hídrica, que atualmente corresponde a 70% da vazão Q7,10 no estado de Minas Gerais, verifica-se que embora haja grande concentração de outorgas com captação direta do Lago de Furnas, já existem rios que se encontram em estado de alerta quanto à disponibilidade de água para a concessão de outorgas, como é o caso de ribeirões nos municípios de Três Pontas e Alfenas. Tal situação pode, a curto e médio prazo, inviabilizar investimentos nesses municípios devido à ultrapassagem do limite outorgável. Verificou-se também que a consideração dos usuários insignificantes gera influência no balanço hídrico pois, ao serem considerados, geram conflitos por ultrapassar os limites.

Além da redução na quantidade de água disponível, a implantação de atividades ao longo desses rios gera deterioração na qualidade de suas águas. As fontes principais de contaminação incluem o consumo humano, a agricultura e as indústrias. A contaminação pelas duas primeiras fontes é importante na região, pelo porte das cidades e pela vocação agrícola, encontrando-se espalhadas por toda unidade de gestão. No caso da contaminação por efluentes industriais, algumas cidades se destacam por possuírem parques industriais mais desenvolvidos, como Formiga, Alfenas e Guaxupé. O mapeamento dos usos com maior potencial poluidor será melhor analisado nos trabalhos de elaboração da proposta de enquadramento, quando devem ser consideradas todas as variáveis que interferem na qualidade das águas.

Outro ponto importante em relação ao balanço da Unidade de Gestão GD3 é a influência dos usos localizados a montante, nas bacias dos rios Sapucaí, Verde e Grande. Essas

bacias contribuem com cerca de 70% do volume de água afluyente ao Lago de Furnas, mas também podem influenciar negativamente devido possíveis afluências de água com contaminação. Por esse motivo, conforme já mencionado em capítulos anteriores, deve-se considerar que a gestão do GD3 irá necessitar de mecanismos para compartilhamento das metas, programas e ações, de forma que os esforços para melhora dos recursos hídricos nessas bacias sejam somados.

# 10 Disponibilidade Hídrica Subterrânea

## 10.1 Produção dos Poços de Captação

A determinação da disponibilidade hídrica subterrânea depende das propriedades hidráulicas do aquífero, que definem a capacidade de produção dos poços, e da definição das reservas exploráveis, que corresponde ao volume anual passível de ser explorado sem causar efeitos indesejáveis, tais como diminuição da vazão de rios, abandono de poços, dentre outros.

Os parâmetros hidráulicos, tais como a vazão máxima explorável, são parâmetros operacionais que apontam a capacidade de extração de água dos poços profundos, e não uma quantidade efetivamente disponível para uma exploração contínua e sustentável. Por isso, o reconhecimento das potencialidades de produção dos aquíferos não pode ser obtido apenas através das indicações destes parâmetros. Parte do volume de água deve ser mantida para a alimentação dos cursos d'água, surgindo, assim, os conceitos de reservas reguladoras e reservas exploráveis.

Este conceito de reservas exploráveis é relativamente controverso, uma vez que há inúmeros fatores que atuam para acarretar ou minimizar os efeitos indesejáveis. Alguns autores consideram que os valores entendidos e adotados como reservas exploráveis não poderiam nunca exceder os valores efetivos das reservas renováveis ou reguladoras (quantidade de água livre, armazenada no aquífero, que é renovada a cada período anual, correspondendo à recarga do aquífero). Outros consideram que as reservas exploráveis seriam constituídas pelas reservas reguladoras e uma parcela das reservas permanentes. Nesse caso, haveria uma redução contínua das reservas permanentes, podendo chegar à depleção das mesmas. Em alguns casos, podem-se admitir a exploração das reservas permanentes até mesmo quando chegam à depleção. Em outros, pode haver necessidade de preservação total dos recursos hídricos.

Na verdade, a determinação das reservas exploráveis de um aquífero deve levar em consideração a sua realidade única, dentro de um contexto não apenas físico, mas também

sócio-econômico. A gestão dos recursos hídricos deve satisfazer a um conjunto de objetivos associados aos diversos usos da água, envolvendo uma análise dos custos e benefícios, presentes e futuros, da utilização destes recursos. A determinação da capacidade máxima de exploração abrange um conjunto de variáveis locais, que devem ser avaliadas caso a caso.

Em termos médios de longo período e em condições não influenciadas, admite-se que as entradas de água nos sistemas se igualam às descargas ou saídas, que em geral são responsáveis pelo fluxo de base dos cursos d'água. Teoricamente, uma exploração cujo volume se iguale à recarga total do sistema acabaria por influenciar o regime de vazões mínimas do escoamento superficial. Por este motivo, neste estudo admite-se que os recursos exploráveis representam apenas uma parcela das reservas reguladoras, a fim de garantir a manutenção de uma vazão mínima dos cursos d'água (Pinto & Martins Neto, 2001, citado por Ramos & Paixão).

Embora parâmetros como vazão máxima explorável e específica apontem a capacidade de extração de água dos poços profundos, e não uma quantidade efetivamente disponível para uma exploração contínua e sustentável, estes seguem apresentados para subsidiar uma melhor compreensão da utilização de águas subterrâneas na Unidade de Gestão GD3. As vazões dos poços, registrados em cada município da Unidade de Gestão GD3 e disponíveis no site oficial do Serviço Geológico do Brasil, CPRM, foram somadas e apresentadas na forma de mapas. A Figura 10.1 mostra a distribuição dos poços na bacia, com o tamanho de cada círculo relativo à soma das vazões dos poços de um mesmo município. A Tabela 10.1 e a

Tabela 10.2 apresentam uma quantificação dos poços perfurados para cada formação geológica e cada aquífero pertencente à Unidade de Gestão GD3.

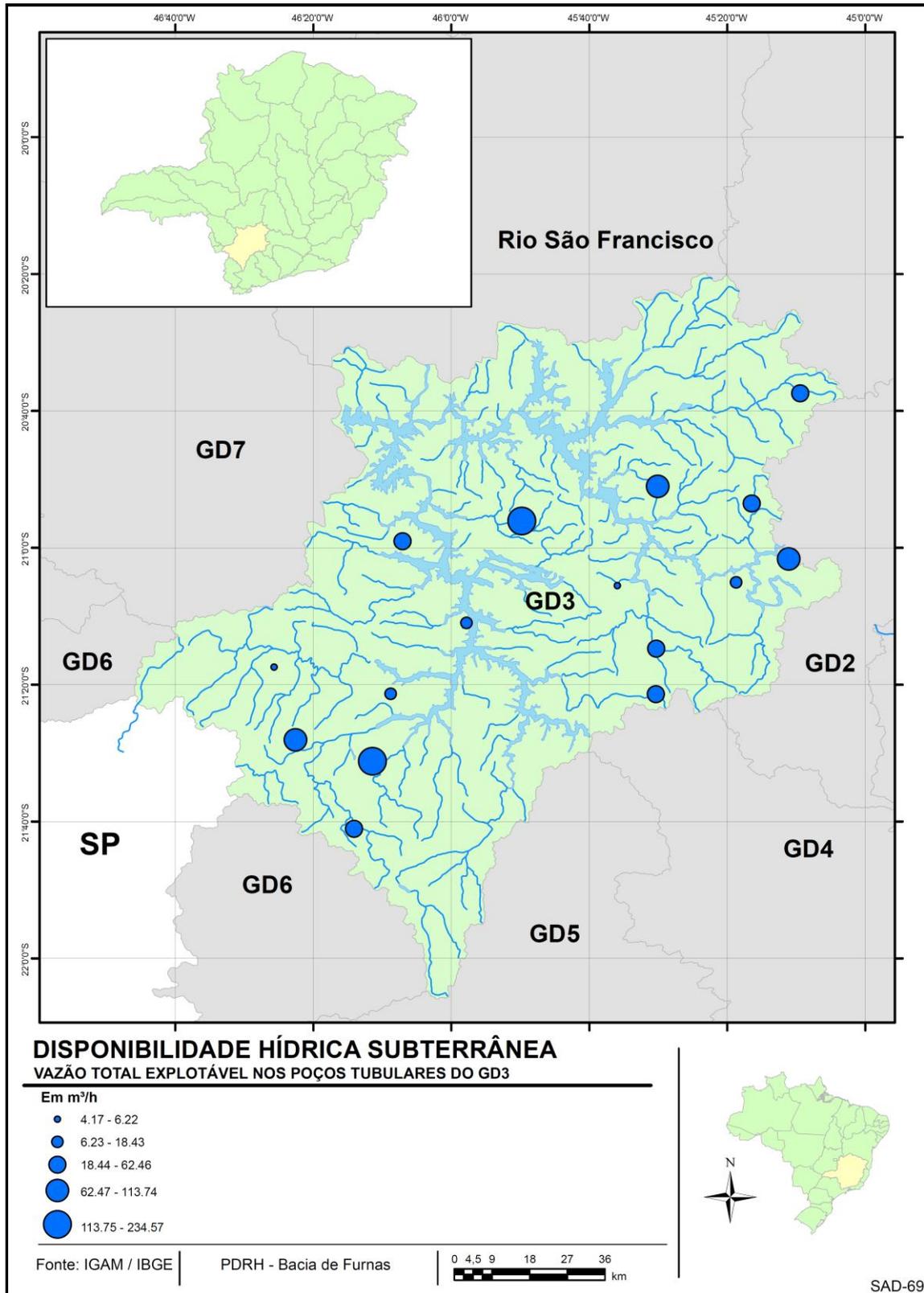


Figura 10.1. Distribuição das vazões subterrânea

Tabela 10.1. Vazão Total Explotável dos poços para cada formação geológica pertencente à Unidade de Gestão GD3

TIPO DE FORMAÇÃO	AQUÍFERO	MUNICÍPIOS	NÚMERO TOTAL DE POÇOS	VAZÃO TOTAL (m <sup>3</sup> /h)	VAZÃO MÁXIMA (m <sup>3</sup> /h)	VAZÃO MÍNIMA (m <sup>3</sup> /h)	POÇOS SECOS
Arqueano	Rocha cristalina	Camacho	5	60,83	22,50	8,56	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>5</b>	<b>60,83</b>	<b>22,50</b>	<b>8,56</b>	<b>1</b>
Complexo Campos Gerais	Rocha cristalina	Alfenas	2	12,64	9,47	3,17	0
	Rocha cristalina	Carmo do Rio Claro	3	35,23	16,00	8,00	0
	Caatinga e Rocha cristalina	Ilicínea	8	186,98	72,00	11,48	4
	Rocha cristalina	Santana da Vargem	5	57,84	35,06	5,32	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>18</b>	<b>292,69</b>	<b>132,53</b>	<b>27,97</b>	<b>5</b>
Complexo Lavras	Rocha cristalina	Boa Esperança	1	6,22	6,22	6,22	0
		Campo Belo	4	38,44	22,50	6,30	1
		Três Pontas	1	7,92	7,92	7,92	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>6</b>	<b>52,58</b>	<b>36,64</b>	<b>20,44</b>	<b>1</b>
Complexo Varginha-Guaxupé	Varginha-Guaxupé	Areado	3	15,84	8,82	7,02	1
		Boa Esperança	3	20,70	15,30	5,40	1
		Cabo Verde	8	113,74	40,00	6,91	2
		Campestre	4	40,26	12,09	8,56	0
		Divisa Nova	15	234,57	59,98	3,74	2
		Muzambinho	1	4,17	4,17	4,17	0
		Nova Resende	2	50,53	36,93	13,60	0
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>36</b>	<b>479,81</b>	<b>177,29</b>
Proterozóico inferior	Rocha cristalina	Campo Belo	8	69,99	21,81	4,10	2
		Nepomuceno	1	18,43	18,43	18,43	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>9</b>	<b>88,42</b>	<b>40,24</b>	<b>22,53</b>	<b>2</b>
Subgrupo Paraopeba	Paraopeba	Cristais	8	72,16	21,81	4,68	3
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>8</b>	<b>72,16</b>	<b>21,81</b>	<b>4,68</b>	<b>3</b>

Tabela 10.2. Vazão específica dos poços para cada formação geológica pertencente à Unidade de Gestão GD3

TIPO DE FORMAÇÃO	AQUÍFERO	MUNICÍPIOS	NÚMERO TOTAL DE POÇOS	VAZÃO ESPECÍFICA TOTAL (m <sup>3</sup> /h)	VAZÃO ESPECÍFICA MÁXIMA (m <sup>3</sup> /h)	VAZÃO ESPECÍFICA MÍNIMA (m <sup>3</sup> /h)	POÇOS SECOS		
Arqueano	Rocha cristalina	Camacho	5	1,591	0,526	0,273	1		
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>5</b>	<b>1,591</b>	<b>0,526</b>	<b>0,273</b>	<b>1</b>		
Complexo Campos Gerais	Rocha cristalina	Alfenas	2	0,162	0,124	0,038	0		
		Carmo do Rio Claro	3	0,607	0,294	0,118	0		
	Caatinga e Rocha cristalina	Ilicínea	8	18,060	14,604	0,338	4		
	Rocha cristalina	Santana da Vargem	5	1,692	0,844	0,114	1		
	<b>TOTAL</b>	–	–	<b>18</b>	<b>20,521</b>	<b>15,866</b>	<b>0,608</b>	<b>5</b>	
Complexo Lavras	Rocha cristalina	Boa Esperança	1	0,150	0,150	0,150	0		
		Campo Belo	4	0,799	0,481	0,097	1		
		Três Pontas	1	0,132	0,132	0,132	0		
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>6</b>	<b>1,081</b>	<b>0,763</b>	<b>0,379</b>	<b>1</b>
Complexo Varginha-Guaxupé	Varginha-Guaxupé	Areado	3	0,458	0,332	0,126	1		
		Boa Esperança	3	0,396	0,246	0,150	1		
		Cabo Verde	8	4,324	2,640	0,142	2		
		Campestre	4	0,773	0,264	0,129	0		
		Divisa Nova	15	7,821	4,775	0,090	2		
		Muzambinho	1	0,113	0,113	0,113	0		
		Nova Resende	2	0,784	0,599	0,185	0		
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>36</b>	<b>14,669</b>	<b>8,969</b>	<b>0,935</b>	<b>6</b>
		Proterozóico inferior	Rocha cristalina	Campo Belo	8	2,349	0,884	0,064	2
Nepomuceno	1			0,543	0,543	0,543	0		
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>9</b>	<b>2,892</b>	<b>1,427</b>	<b>0,607</b>	<b>2</b>		
Subgrupo Paraopeba	Paraopeba	Cristais	8	2,206	0,808	0,080	3		
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>8</b>	<b>2,206</b>	<b>0,808</b>	<b>0,080</b>	<b>3</b>		

Os dados referentes às outorgas concedidas na Unidade de Gestão GD3 foram obtidos através das bases de dados do IGAM, conforme descrito no Capítulo 8. O registro das vazões dos poços inseridos na área, em cada município, está disponível no site oficial do Serviço Geológico do Brasil, CPRM. A Figura 10.2, Figura 10.3 e Figura 10.4 apresentam a Vazão Total Explotável considerando a soma dos dados do CPRM e do IGAM. Nota-se que as maiores vazões são encontradas nos aquíferos de rocha cristalina, onde as cidades com maior volume explorado são Boa Esperança, Três Pontas e Campo Belo. No caso do aquífero Varginha-Guaxupé aparecem as cidades de Boa esperança e Muzambinho com grandes volumes.

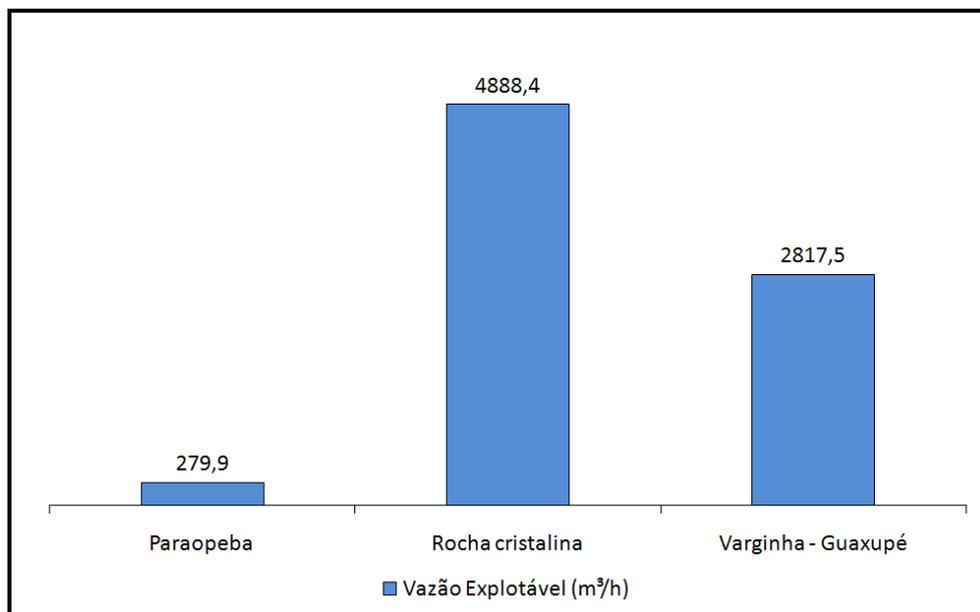


Figura 10.2. Quantificação das águas da Unidade de Gestão GD3, segundo os três principais aquíferos da região

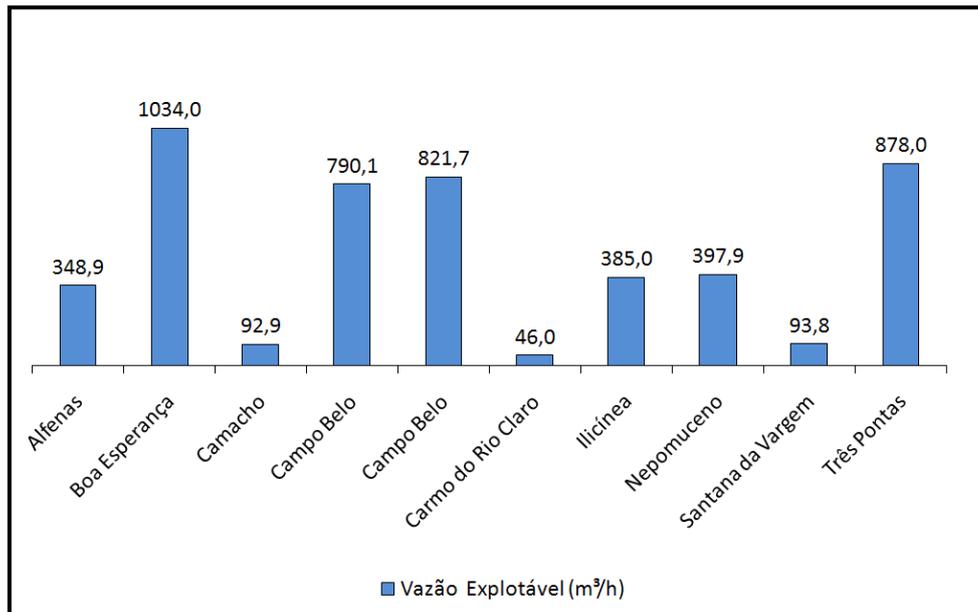


Figura 10.3. Quantificação das águas da Unidade de Gestão GD3, para os municípios pertencentes ao aquífero Rocha Cristalina

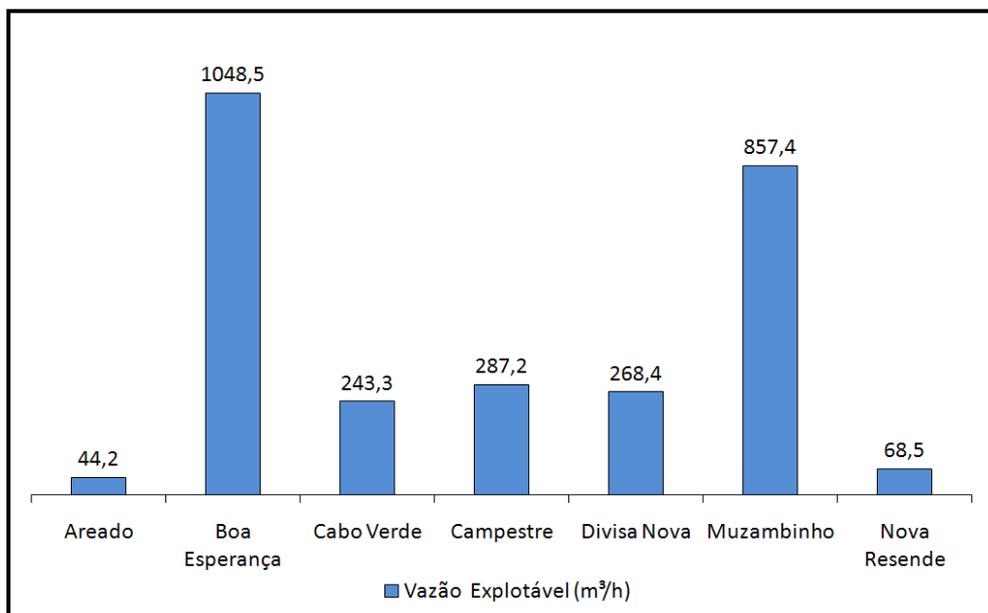


Figura 10.4. Quantificação das águas da Unidade de Gestão GD3, para os municípios pertencentes ao aquífero Varginha – Guaxupé

## 10.2 Volumes Disponíveis

Para quantificação da disponibilidade hídrica subterrânea considerou-se que em termos médios de longo período, e em condições não influenciadas, admite-se que as entradas de água nos sistemas igualam-se às descargas ou saídas que, em geral, são responsáveis pelo

fluxo de base dos cursos d'água. Teoricamente, uma exploração cujo volume se iguale à recarga total do sistema acabaria por influenciar o regime de vazões mínimas do escoamento superficial. Por este motivo, admite-se neste estudo que os recursos exploráveis representam apenas uma parcela das reservas reguladoras, a fim de garantir a manutenção de uma vazão mínima dos cursos d'água. Considerando-se como valor médio para as reservas exploráveis uma faixa entre 25 e 40% das reservas renováveis, adotou-se neste trabalho um valor conservador de 25% da reserva renovável como reserva explorável, a fim de manter cerca de 75% do escoamento de base nos corpos d'água superficiais na época de estiagem, obtendo-se assim os valores anuais a serem explorados.

Existem vários métodos para quantificar as reservas renováveis. Neste estudo, foram adotados os valores calculados utilizando o método de separação dos escoamentos superficial e subterrâneo a partir dos hidrogramas gerados para as mesmas estações fluviométricas selecionadas no capítulo 9. Os resultados dessa estimativa são apresentados na Tabela 10.3 e na Figura 10.5, que mostra a existência de uma relação linear entre a vazão subterrânea renovável e área de drenagem.

Tabela 10.3. Vazão subterrânea renovável das bacias dos postos fluviométricos selecionados no GD3

CÓDIGO	POSTO	Ad (km <sup>2</sup> )	VAZÃO RENOVÁVEL (m <sup>3</sup> /h)
61135000	Ibituruna	6155	6155,366
61145000	Macaia	15395	15502,932
61173000	Usina Couro do Cervo	385	314,751
61175000	Usina Nepomuceno	1002	794,750
61202000	Santana do Jacaré	1506	1549,898
61425000	Paraguaçu	9424	7051,507
61537000	Porto dos Buenos	6271	6530,078
61565000	Cachoeira Poço Fundo	339	426,171
61568000	Machado	732	861,822
61610000	Juréia	882	893,318
61800500	Beira de Santa Rita	356	403,607

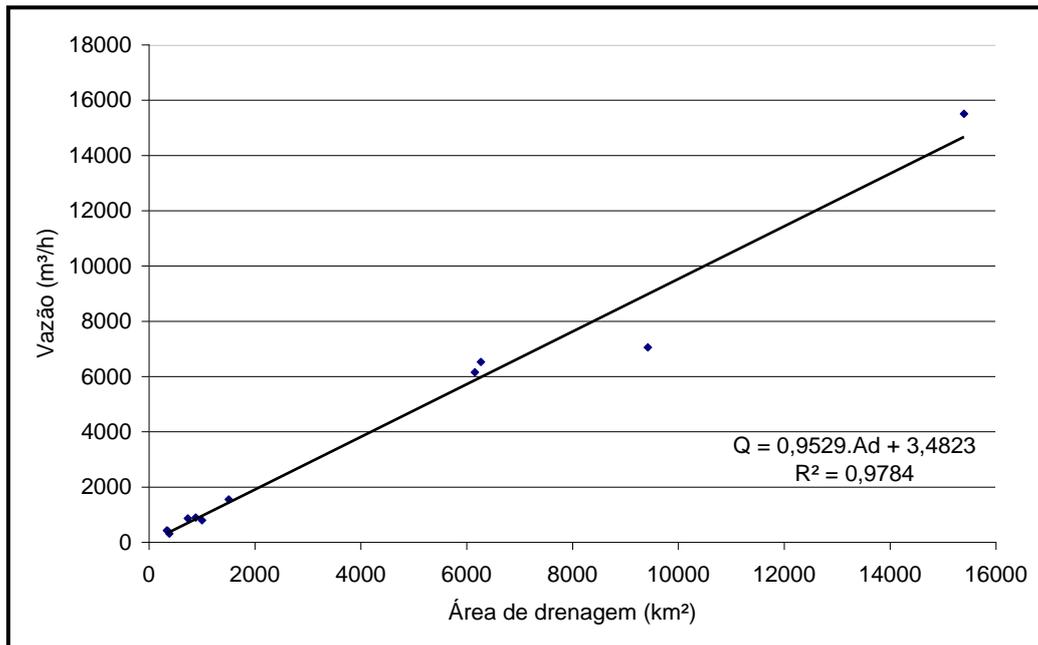


Figura 10.5. Comportamento da vazão subterrânea renovável na Unidade de Gestão GD3

Para avaliação do balanço hídrico da disponibilidade subterrânea adotaram-se as mesmas 15 sub-bacias usadas no capítulo 9. Para estas sub-bacias estimaram-se as disponibilidades para cada uma delas através da equação apresentada na Figura 10.5. Os resultados estão resumidos na Tabela 10.4, onde se observa que a vazão renovável é significativamente maior do que os os valores explotáveis. Esses dados confirma que a bacia possui pouca exploração dos recursos hídricos subterrâneos, devido em parte a abundância de recursos superficiais, mas também às caracteriscas dos aquíferos da região, dependente da ocorrência de sistemas de fraturas.

Tabela 10.4. Disponibilidade hídrica subterrânea para as bacias selecionadas no GD3

BACIA	Ad (km²)	VAZÃO RENOVÁVEL (m³/h)	VAZÃO EXPLOTÁVEL (m³/h)
1	1005,42	961,5	240,3
2	42,84	44,3	11,0
3	382,59	368,0	92,0
4	116,56	114,5	28,6
5	725,04	694,3	173,5
6	593,38	568,9	142,2
7	237,32	229,6	57,4
8	604,98	579,9	144,9
9	35,39	37,2	9,3
10	226,76	219,5	54,8
11	261,59	252,7	63,1
12	225,95	218,7	54,6
13	241,60	233,7	58,4
14	462,25	443,9	110,9
15	751,29	719,3	179,8

---

GD3	16507,00	15733,3	3933,2
-----	----------	---------	--------

---

### 10.3 Análise do Capítulo

A análise destes resultados permite concluir que a disponibilidade hídrica subterrânea das sub-bacias apresenta valores elevados, em função do pequeno volume explorado. Apesar disso, apresenta alguns pontos com uso mais intensivo, como na região do município de Formiga, podendo acarretar a super exploração do aquífero no local. Além disso, o uso inadequado do solo em áreas de recarga pode trazer o risco de contaminação das águas subterrâneas. Dessa forma, reforça-se que o Plano de Bacia deverá fomentar ações que incentivem a proteção de áreas de recarga, tais como topos de morro, contribuindo para a melhora da quantidade e qualidade das águas subterrâneas.

# 11 Qualidade da Água

## 11.1 Projeto Águas de Minas

A qualidade das águas superficiais da Unidade de Gestão GD3, localizada na bacia do rio Grande foi avaliada considerando o monitoramento físico-químico e bacteriológico realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no âmbito do Projeto Águas de Minas. Esse projeto vem atender a uma das ações previstas na Lei 12.584, de criação do IGAM, em seu Art. 5º, inciso X – proceder à avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas no Estado - e também contribuir para implantar a Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº. 13.199/99 fundamentada na Lei Federal Nº. 9.433/97.

Na Unidade de Gestão GD3, são operadas, atualmente, cinco estações de monitoramento do IGAM, apresentadas na Tabela 11.1. Além disso, escolheram-se cinco estações de monitoramento em rios afluentes a Unidade de Gestão GD3 apresentadas na Tabela 11.2. O motivo de se escolher estações fora da Unidade de Gestão é conhecer a qualidade das águas que chegam ao reservatório, conforme apresentado na Figura 11.1.

Tabela 11.1. Descrição das estações de amostragem de qualidade da água na Unidade de Gestão GD3.

ESTAÇÃO	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
BG021	Rio Jacaré a montante de Furnas	-21 <sup>0</sup> 00' 13"	-45 <sup>0</sup> 11' 49"
BG023	Rio Formiga a montante do reservatório de Furnas	-20 <sup>0</sup> 29' 15"	-45 <sup>0</sup> 26' 23"
BG065	Ribeirão São Pedro a montante do lago de Furnas	-21 <sup>0</sup> 09' 05"	-45 <sup>0</sup> 33' 59"
BG069	Rio Machado a jusante da cidade de Machado	-21 <sup>0</sup> 39' 54"	-45 <sup>0</sup> 53' 34"
BG089	Rio Muzambinho a jusante da cidade de Muzambinho	-21 <sup>0</sup> 21' 13"	-46 <sup>0</sup> 31' 13"

Tabela 11.2. Descrição das estações de amostragem de qualidade de água a montante da Unidade de Gestão GD3.

ESTAÇÃO	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
BG007	Rio Grande a jusante do Reservatório de Itutinga	21 <sup>o</sup> 17' 26"	44 <sup>o</sup> 38' 00"
BG017	Rio das Mortes próximo de sua foz no Rio Grande	21 <sup>o</sup> 08' 45"	44 <sup>o</sup> 44' 52"
BG019	Rio Grande a montante do Reservatório de Furnas	21 <sup>o</sup> 10' 04"	45 <sup>o</sup> 07' 34"
BG037	Rio Verde a jusante da cidade de Varginha	21 <sup>o</sup> 36' 26"	45 <sup>o</sup> 30' 29"
BG049	Rio Sapucaí a montante do Reservatório de Furnas	21 <sup>o</sup> 34' 46"	45 <sup>o</sup> 40' 56"

Segundo (IGAM, 2008), realizaram-se dois tipos de campanhas de amostragem: completas e intermediárias. As campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, caracterizaram respectivamente os períodos de chuva e estiagem, enquanto que as intermediárias realizadas nos meses março/abril/maio e outubro/novembro/dezembro, caracterizaram os demais períodos climáticos do ano.

Nas campanhas completas é realizada uma extensa série de análises, englobando 50 parâmetros, comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme pode ser observado na Tabela 11.3. Enquanto que nas campanhas intermediárias, apenas 18 (Tabela 11.4). Para as regiões onde a pressão de atividades industriais e minerárias é mais expressiva, são incluídos parâmetros característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta.

#### 11.1.1. Indicadores ambientais

Os indicadores ambientais considerados nos resultados da qualidade da água são: o Índice de Qualidade das Águas (IQA), a Contaminação por Tóxicos (CT) e os Ensaio de Ecotoxicidade, (IGAM, 2008).

O Índice de Qualidade das Águas facilita a interpretação geral da condição de qualidade dos corpos d'água. Ele indica o grau de contaminação das águas devido aos materiais orgânicos, fecais, nutrientes e sólidos, que normalmente são indicadores de poluição relacionada a despejos domésticos, (IGAM, 2008).

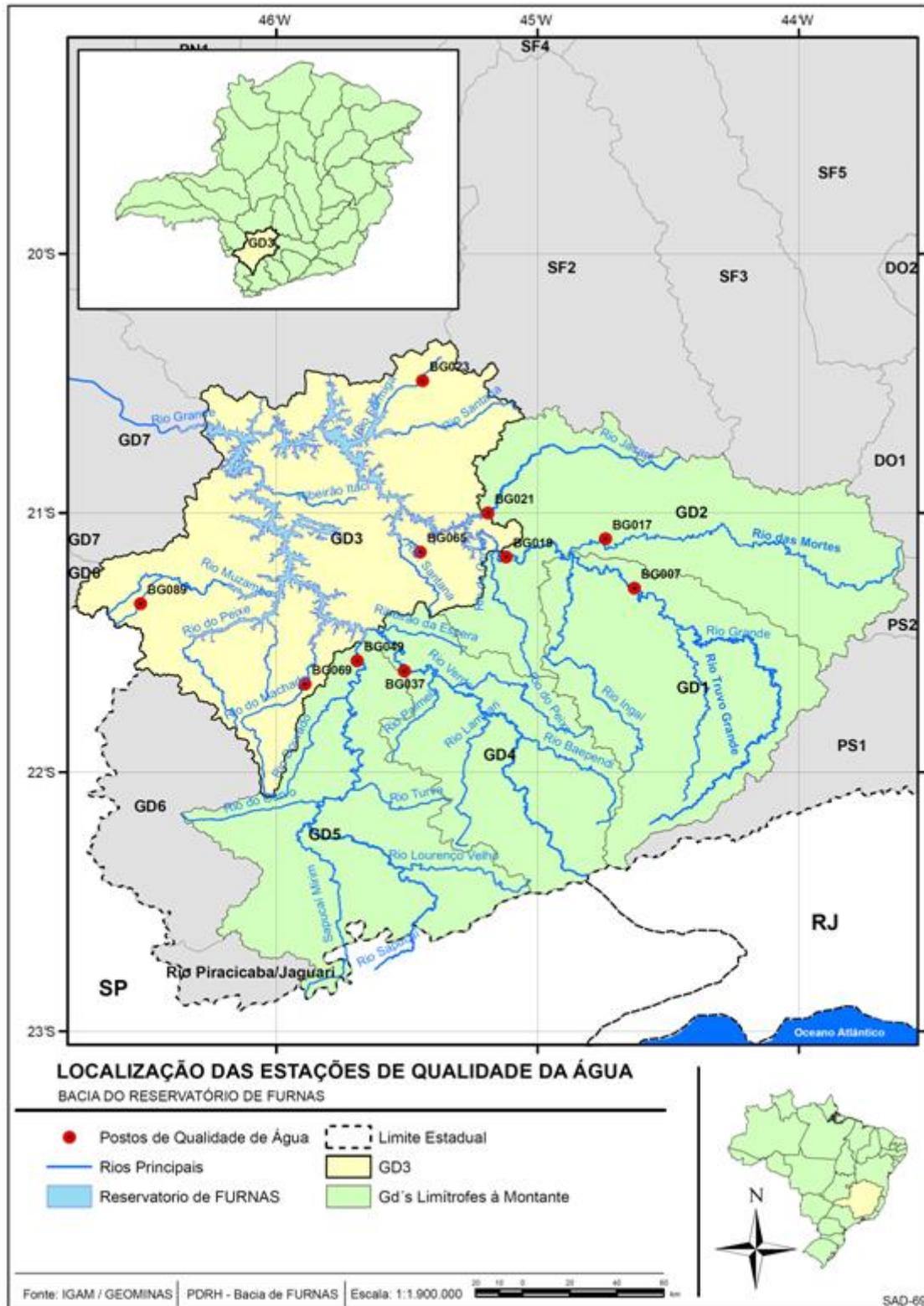


Figura 11.1. Localização das estações de coleta com ênfase nas fontes poluidoras que contribuem para área de drenagem na Unidade de Gestão GD3

Tabela 11.3. Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas do projeto Águas de Minas

PARÂMETROS COMUNS A TODOS OS PONTOS	
Alcalinidade Bicarbonato	Fosfato Total
Alcalinidade Total	Índice de Fenóis
Alumínio*	Magnésio
Amônia	Manganês
Arsênio	Mercurio
Bário	Níquel
Boro	Nitrato
Cádmio	Nitrito
Cálcio	Nitrogênio Orgânico
Chumbo	Óleos e Graxas
Cianetos	Oxigênio Dissolvido - OD
Cloretos	pH "in loco"
Cobre	Potássio
Coliformes Fecais	Selênio
Coliformes Totais	Sódio
Condutividade Elétrica "in loco"	Sólidos Dissolvidos
Cor	Sólidos em Suspensão
Cromo(III)	Sólidos Totais
Cromo(VI)	Surfactantes Aniônicos
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Sulfatos
Demanda Química de Oxigênio – DQO	Sulfetos
Dureza (Cálcio)	Temperatura da Água
Dureza (Magnésio)	Temperatura do Ar
Estreptococos Fecais	Turbidez
Ferro Solúvel	Zinco

(Fonte: IGAM, 2008).

Tabela 11.4. Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias do projeto Águas de Minas

PARÂMETROS COMUNS A TODOS OS PONTOS	
Amônia	Nitrogênio Orgânico
Cloretos	Oxigênio Dissolvido
Coliformes Fecais	pH "in loco"
Condutividade Elétrica "in loco"	Sólidos Dissolvidos
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Sólidos em Suspensão
Demanda Química de Oxigênio	Sólidos Totais
Fosfato Total	Temperatura da Água
Nitrato	Temperatura do Ar
Nitrito	Turbidez

(Fonte: IGAM, 2008).

O IQA foi desenvolvido a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos. Sua criação baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o

peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados, sendo eles: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO - 5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. A critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

Para obtenção dos dados de IQA foi utilizada a equação 11.1:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (11.1)$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  obtido através de curva média específica de qualidade;

$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, de 0 a 1.

Assim o cálculo do IQA é realizado empregando-se um software desenvolvido pelo CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais) (IGAM, 2008). A Tabela 11.5 traz os níveis de qualidade da água conforme a faixa em que se encontra o valor de IQA.

Tabela 11.5. Níveis de qualidade da água conforme a faixa de valor de IQA.

NÍVEL DE QUALIDADE	COR	FAIXA
Excelente	Azul	$90 < IQA \leq 100$
Bom	Verde	$70 < IQA \leq 90$
Médio	Amarelo	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	Laranja	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	Vermelho	$0 < IQA \leq 25$

(Fonte: IGAM, 2008).

A contaminação por tóxicos (CT) é avaliada considerando-se os nove componentes a seguir: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. A Tabela 11.6 traz o índice de toxicidade conforme a concentração.

Tabela 11.6. Índice de Toxicidade conforme a concentração

CONTAMINAÇÃO	COR	CONCENTRAÇÃO EM RELAÇÃO À CLASSE DE ENQUADRAMENTO
Baixa	Verde	$concentração \leq 1,2 * P$
Média	Amarelo	$1,2 * P < concentração \leq 2 * P$
Alta	Vermelho	$concentração > 2 * P$

P= Limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM N 10/86

(Fonte: IGAM, 2008).

Com ampla utilização nos países desenvolvidos e em uso em São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, os Ensaios de Ecotoxicidade complementam a metodologia tradicionalmente adotada através de padrões de emissão e de qualidade para controle de poluição das águas. Servem de instrumento a melhor compreensão e fornecimento de respostas às ações que vêm sendo empreendidas, no sentido de se reduzir à toxicidade do despejo líquido, de interpretar seu efeito sobre o corpo receptor, e, em última instância, promover a melhoria da qualidade ambiental.

A ecotoxicologia aquática é o estudo quantitativo e qualitativo do efeito adverso ou tóxico de substâncias químicas em organismos aquáticos. Os efeitos tóxicos compreendem efeitos letais e sub-letais, tais como mudanças nas taxas de crescimento e reprodução. Os efeitos podem ser expressos por critérios quantificáveis, tais como o número de organismos mortos e número de ovos eclodidos, sendo considerado como efeito agudo à mortalidade ou imobilidade e como crônico a alteração na reprodução dos organismos (Damato & Sobrinho, 2009).

Os ensaios de ecotoxicidade consistem na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses poluentes detectados através da resposta de organismos vivos. Eles servem de instrumento a melhor compreensão e fornecimento de respostas às ações que vêm sendo empreendidas no sentido de se reduzir à toxicidade do despejo líquido, de seu efeito sobre o corpo receptor, e, em última instância, promover a melhoria da qualidade ambiental.

Como comentado anteriormente, após aprovação da Resolução 357/2005, em que os ensaios de ecotoxicidade foram inseridos na legislação brasileira e, portanto foram incorporados nas redes de monitoramento de qualidade de água em vários estados brasileiros, inclusive em Minas Gerais. Para tanto, as metodologias adotadas seguem as Normas da ABNT.

As mais difundidas e utilizadas são as - NBR 12713/2004 - toxicidade aguda e NBR 13373/2005 - toxicidade crônica, em que são utilizados os microcrustáceos *D. similis* ou *D. magna* e *C. dubia* ou *C. silvestrii* respectivamente. Particularmente o projeto Águas de Minas realiza os ensaios para se avaliar os efeitos agudos com *D. similis* e os efeitos crônicos com *C. dubia*.

Três resultados podem ser observados, Agudo, Crônico e Não Tóxico, na avaliação dos efeitos deletérios sobre os organismos aquáticos. O efeito agudo é caracterizado por uma resposta severa e rápida a um estímulo, a qual se manifesta nos organismos aquáticos em tempos relativamente curtos (0 a 48 horas para microcrustáceos e 96 horas para peixes), sendo o efeito morte o mais observado (NBR, 12713). O efeito crônico é avaliado em função das alterações na reprodução, ou seja, no número de organismos nascidos expostos as diferentes concentrações amostrais comparados aos organismos expostos à amostra controle (apenas água de cultivo). A duração destes ensaios com *C. dubia/silvestrii* duram até a produção da terceira ninhada, mais ou menos 7 - 8 dias de duração, já que se tratam de organismos partenogenéticos (NBR, 13373).

Quando da ocorrência de eventos caracterizando efeito agudo ou crônico nas amostras de água coletadas, considera-se resultado positivo, indicando que os respectivos corpos de água que estão sendo avaliados não apresentam condições adequadas para a manutenção da vida aquática (IGAM, 2005).

### **11.1.2. Parâmetros de Qualidade das Águas e Análise das Violações**

De acordo com IGAM (2008) a análise dos principais parâmetros de qualidade das águas foi realizada a partir da influência destes parâmetros nos resultados do IQA, da contaminação por tóxicos e as suas frequências de violações quanto aos limites da legislação. Considerou-se a evolução espacial e temporal dos parâmetros monitorados dentre os anos de 2006 a 2008, confrontando-os com os limites estabelecidos na legislação em todas as estações de amostragem na UPGRH GD3, localizada na Bacia do rio Grande.

Para a análise das violações levantou-se o percentual de amostras cujas concentrações violaram em pelo menos 20% do valor padrão da Deliberação Normativa COPAM nº 10 de 1986, considerando a Classe 2 do enquadramento do corpo de água, enquanto não forem efetuados os enquadramentos.

## **11.2 Resultados das Análises na Unidade de Gestão GD3**

### **11.2.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA) e Contaminação por Tóxicos (CT)**

Em relação ao Índice de Qualidade da Água e a Contaminação por Tóxicos, analisou-se cada estação de amostragem responsável pelo monitoramento na Unidade de Gestão GD3, segundo o Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2007 (IGAM, 2008). A Figura 11.2 mostra a localização das estações com o IQA e a contaminação por tóxicos.

### **11.2.2. Estações de amostragem da Unidade de Gestão GD3**

#### **a) BG021 - Rio Jacaré a montante de Furnas**

Para o rio Jacaré a média anual do Índice de Qualidade das Águas (IQA) apresentou-se Médio para o período de 2007, sendo que os parâmetros coliformes termotolerantes e turbidez foram os que mais contribuíram para essa condição. Os valores médios de IQA obtidos para os anos de 2006 a 2008 são apresentados na Figura 11.3. Na Figura 11.4 são apresentados os valores obtidos para coliformes termotolerantes e turbidez de 1997 a 2007, e como se pode observar o parâmetro coliformes termotolerantes foram superiores ao permitido pela CONAMA 357/05 em três campanhas de 2007.

Para o parâmetro cor verdadeira observaram-se valores acima do limite permitido na primeira e quarta campanhas do ano de 2007 (Figura 11.5). Essas ocorrências comprovam lixiviação que carregou para os corpos aquáticos material orgânico dissolvido que refletiu nos dados de cor. Na Figura 11.6 estão apresentados os teores de manganês total obtidos, sendo que sua presença neste corpo d'água associada, sobretudo à atividade metalúrgica desempenhada na região e também a exploração de cascalho e areia no leito do rio.

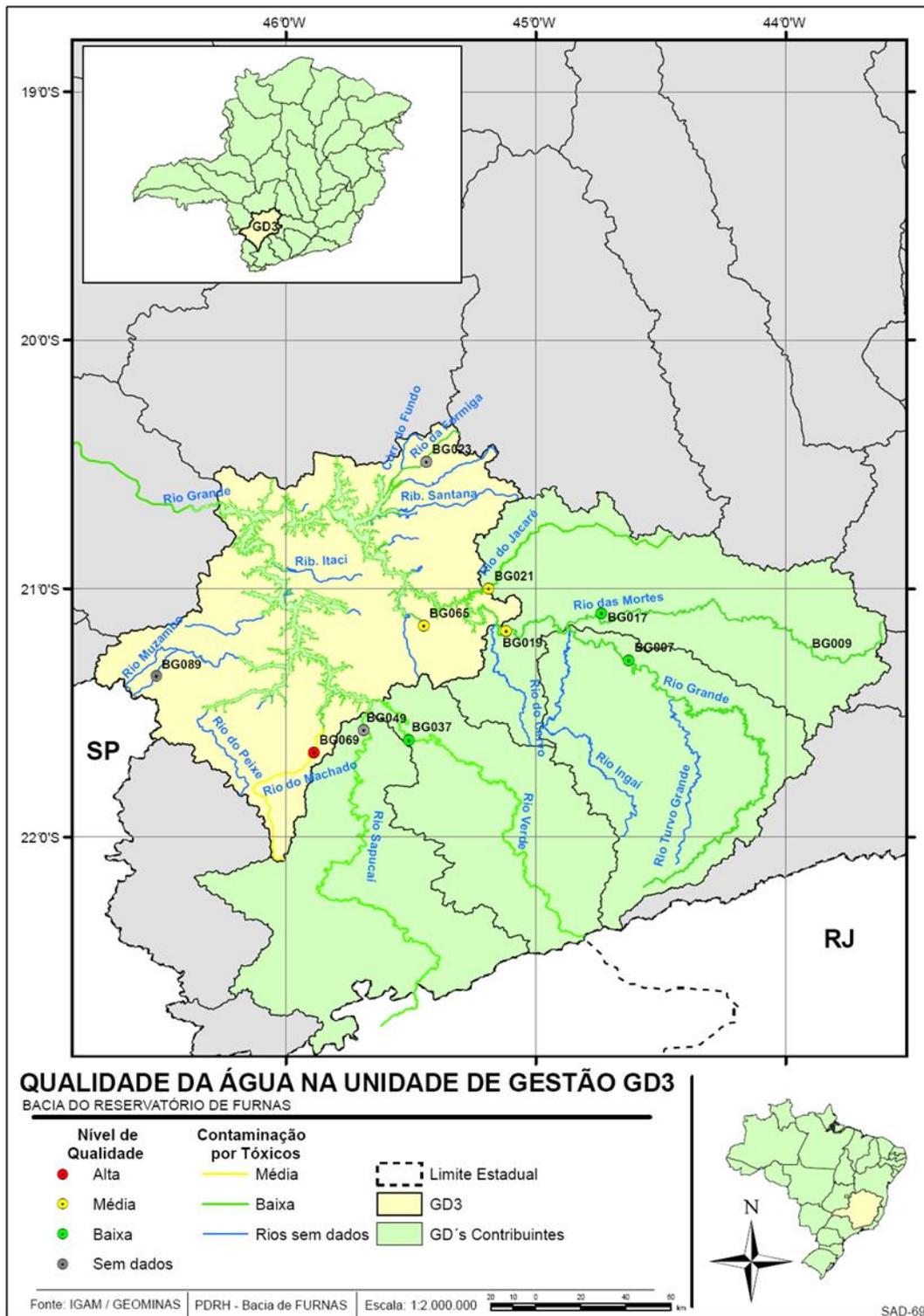


Figura 11.2. Resultados de qualidade de água no ano de 2007

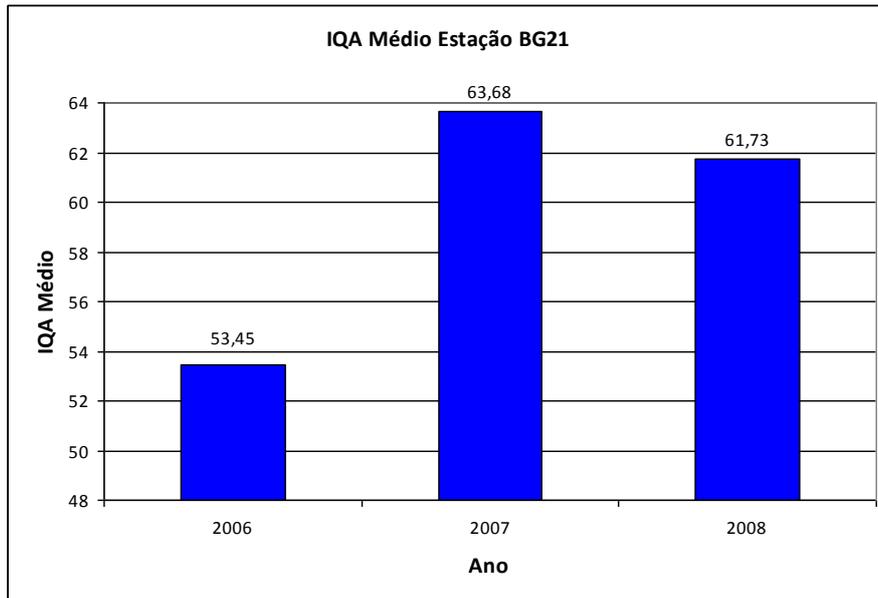


Figura 11.3. Valores médios de IQA na Estação BG021.

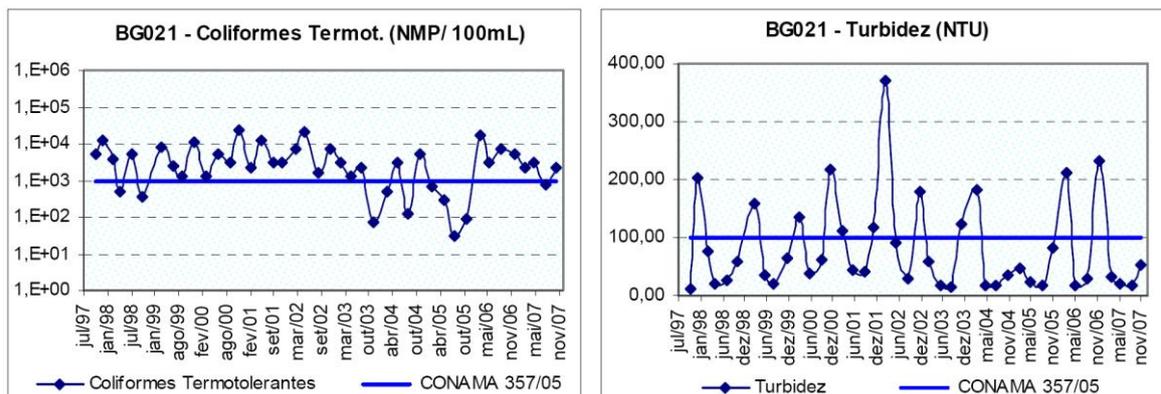


Figura 11.4. Ocorrência de coliformes termotolerantes e turbidez no rio Jacaré (BGO21), no período de 1997 a 2007. (Fonte: IGAM, 2008).

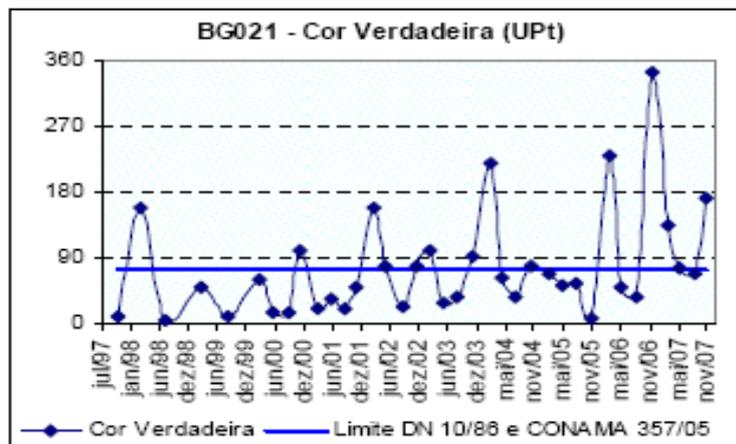


Figura 11.5. Ocorrência cor verdadeira no rio Jacaré a montante do reservatório de Furnas (BG021), no período de 1997 a 2007.

(Fonte: IGAM, 2008).

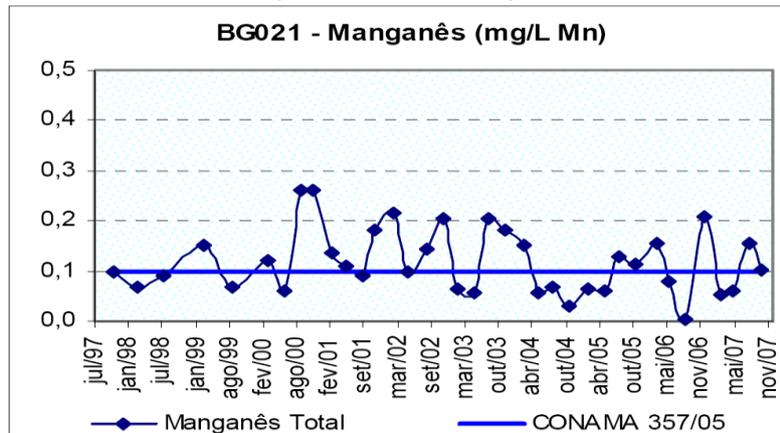


Figura 11.6. Ocorrência de manganês total no Jacaré (BG021), no período de 1997 a 2007. (Fonte: IGAM, 2008).

Na primeira campanha de 2007, o alumínio dissolvido e ferro dissolvido apresentaram concentrações acima do padrão permitido para a Classe 2. Isto se deve à presença natural deles no solo da bacia do Rio Grande e ao uso impróprio do solo na região. Quanto a Contaminação por Tóxicos (CT) apresentou-se Baixa no rio Jacaré para os anos de 2006 e 2007.

#### b) BG023 - Rio Formiga a montante do reservatório de Furnas

No rio Formiga, a média anual do IQA não pode ser obtido devido à perda de dados relativos ao parâmetro coliformes termotolerantes, contudo o resultado persistiu Ruim nas três campanhas realizadas em 2007, assim como em todo o período avaliado de 1997 a 2008. A Figura 11.7 mostra o IQA médio dos anos que foram feitas as campanhas.

Os valores obtidos de coliformes termotolerantes e fósforo total nas três campanhas realizadas em 2007 foram acima do permitido para a Classe 2, isso reflete o excesso de esgotos sanitários da cidade de Formiga que são descartados sem tratamento neste corpo d'água. Conforme pode ser observado na Figura 11.8, ambos os parâmetros mencionados apresentaram valores acima do permitido nas campanhas realizadas de 1997 a 2007.

Para o parâmetro fósforo total os valores elevados aconteceram, sobretudo no período de estiagem, identificando a contribuição de fontes pontuais, representada pelos esgotos sanitários.

A presença de valores elevados de fósforo nas águas do rio Formiga é mais crítica em razão de suas águas drenarem para o reservatório de Furnas, condição que beneficia o

processo de eutrofização em ambientes lênticos. Neste sentido, ao se avaliar os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) evidencia-se que em todo o período analisado (1997 – 2007) estes se apresentaram acima do limite permitido em todas as campanhas de monitoramento (Figura 11.9), o que evidencia a existência de matéria orgânica associada ao despejo de esgotos sanitários e efluentes industriais. Para o parâmetro condutividade elétrica foram obtidos valores característicos de ambientes com excesso de sais dissolvidos, comprovando a interferência antrópica nas águas do rio Formiga.

O parâmetro alumínio dissolvido apresentou valores acima do permitido somente na primeira campanha de 2007. Valores de ferro dissolvido foram superiores na primeira e terceira campanhas de 2007, sendo que o valor apresentando na primeira foi muito superior ao detectado em toda a fase histórica (Figura 11.10). Estes resultados influenciaram no parâmetro cor verdadeira, a qual apresentou valores acima do limite na primeira campanha de 2007, inclusive se mantendo nas terceira e quarta, embora este fato deva ter sido influenciado também pelo aporte de matéria orgânica dissolvida no corpo receptor.

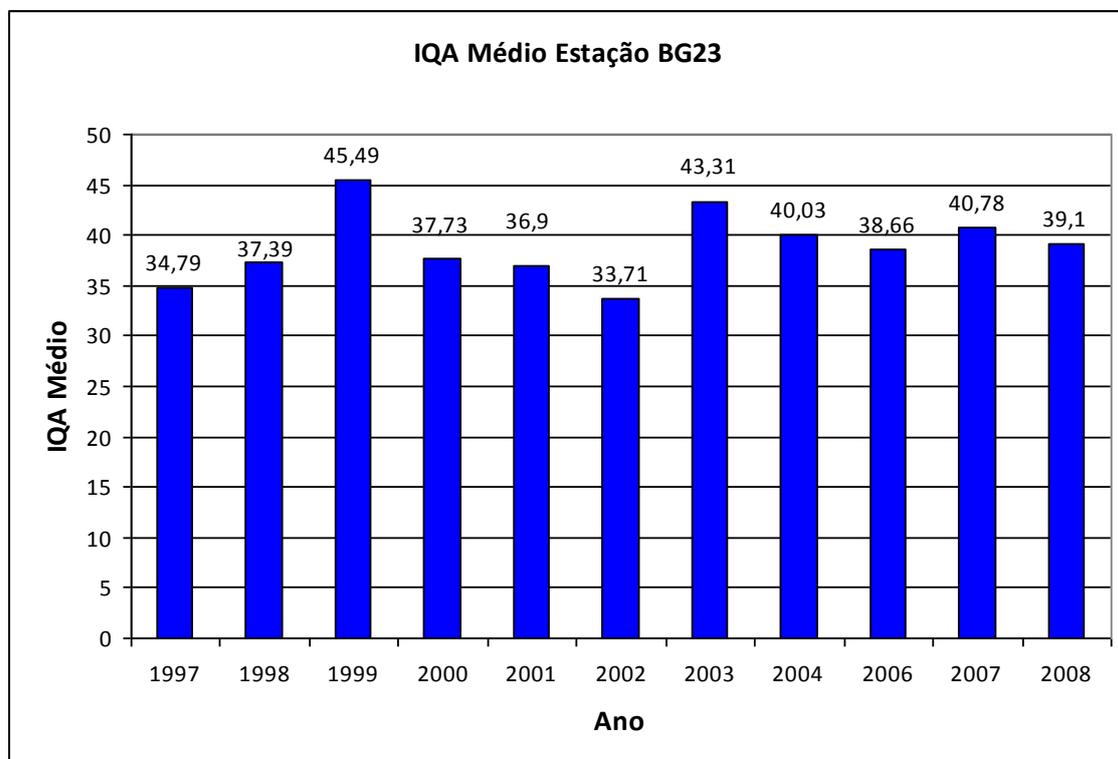


Figura 11.7. Valores médios de IQA na Estação BG023.

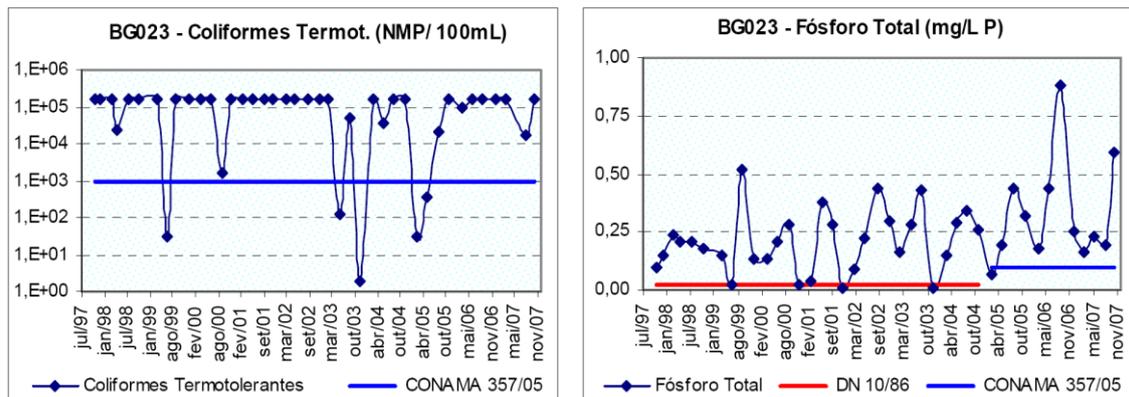


Figura 11.8. Ocorrência de coliformes termotolerantes e fósforo total no rio Formiga de 1997 a 2007.

(Fonte: IGAM, 2008).

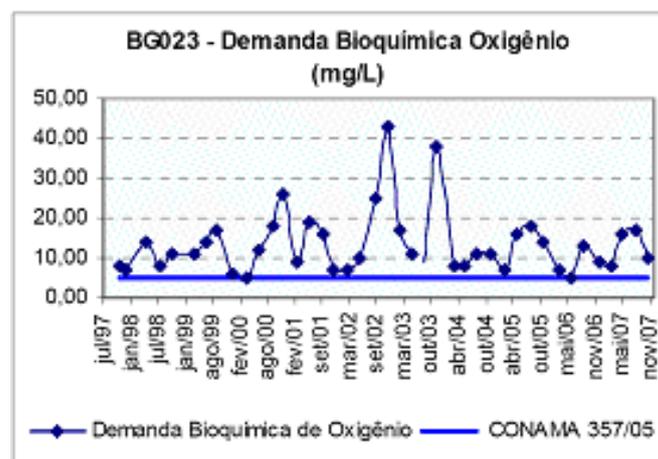


Figura 11.9. Ocorrência de demanda bioquímica de oxigênio no período de 1997 a 2007.

(Fonte: IGAM, 2008).

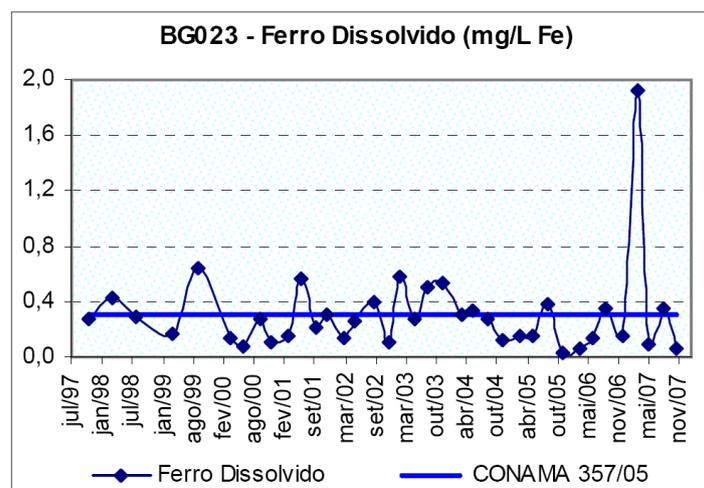


Figura 11.10. Ocorrência de ferro no rio Formiga (BG023), no período de 1997 a 2007.

(Fonte: IGAM, 2008).

Em 2007 ocorreu uma melhora na Contaminação por Tóxicos (CT) no Rio Formiga em vista de 2006, sendo considerada Baixa em 2007 (Figura 11.11).

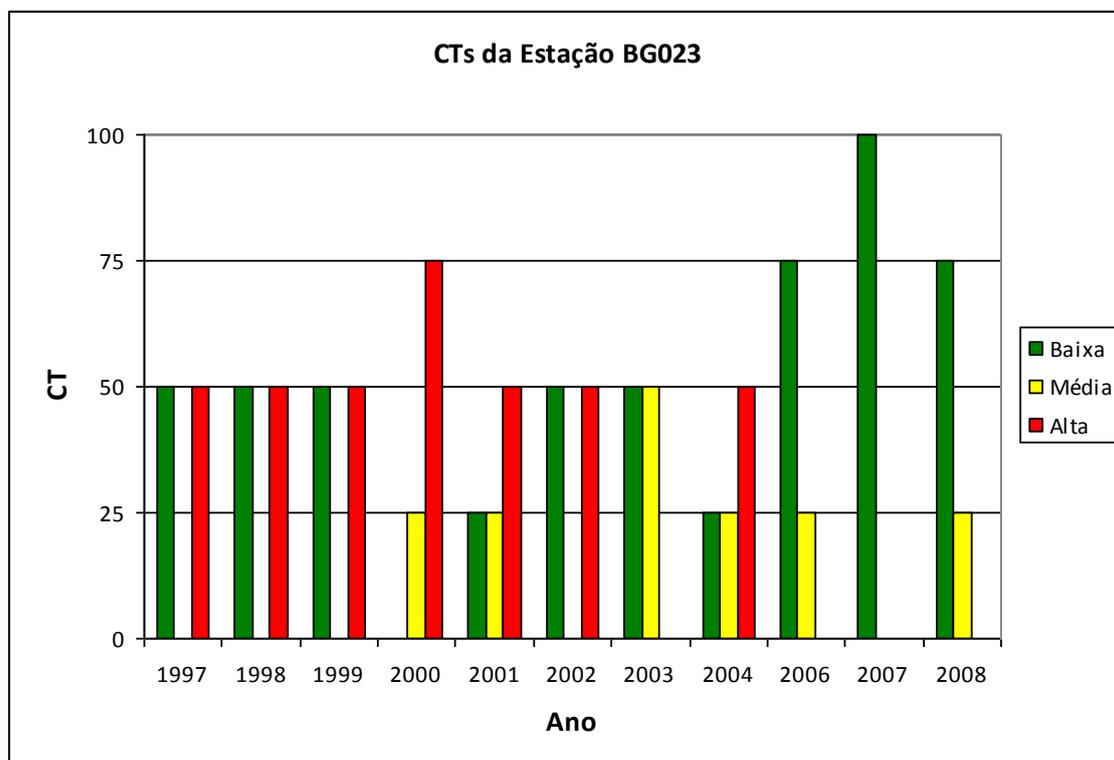


Figura 11.11. Frequência de contaminação por tóxicos na estação BG023.

### c) BG065 - Ribeirão São Pedro a montante do lago de Furnas

Implantada em julho de 2007, a BG065 foi monitorada somente na quarta campanha em novembro de 2007.

Os parâmetros coliformes termotolerantes e turbidez, embora não tenham sido superiores ao limite permitido, foram os que mais interferiram no nível do IQA que se apresentou Médio. A presença desses parâmetros no ribeirão São Pedro se deve aos esgotos domésticos lançados sem tratamento em seu leito. A Figura 11.12 apresenta o IQA médio nos anos de 2007 e 2008 quando foram realizadas as campanhas.

Nas campanhas de amostragem de 2007 e 2008 a CT foi considerada Baixa, visto que, não foi observado valores de substâncias tóxicas acima do permitido.

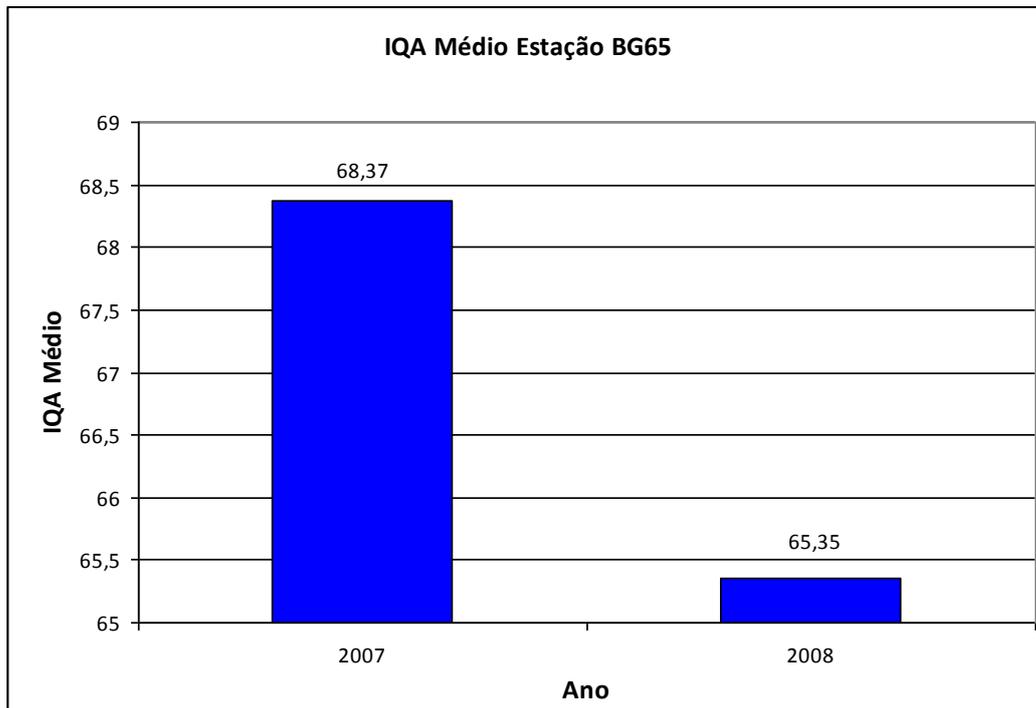


Figura 11.12. Valores médios de IQA na Estação BG065.

#### **d) BG069 - Rio Machado a jusante da cidade de Machado**

A estação BG069 foi implantada em julho de 2007 e monitorada pela primeira vez na quarta campanha em novembro desse ano. O IQA nessa campanha teve nível Ruim, devido, sobretudo aos parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total e turbidez.

Para o parâmetro coliformes termotolerantes o valor observado foi de 35000 NMP/100 mL, equivalente a 35 vezes o permitido pela Resolução CONAMA 357/05. Para o fósforo total obteve-se o valor de 0,29 mg/L, correspondendo à cerca de três vezes o limite e para a turbidez o valor observado não superou o limite previsto. Esses valores obtidos ocorrem devido ao despejo de esgotos domésticos e industriais in natura no leito do rio Machado. Os valores de fósforo total observados são mais críticos, pois esse corpo d'água deságua no reservatório de Furnas, situação que beneficia a eutrofização de ambientes lênticos.

Em razão da presença de cobre dissolvido em proporção de 4,4% superior ao permitido devido à utilização de fungicidas na agricultura e aos lançamentos da indústria têxtil a CT apresentou nível Médio.

De todas as estações analisadas na bacia em 2007, esta é a que apresentou os piores valores de CT (Figura 11.13), apesar de pouco tempo de amostragem.

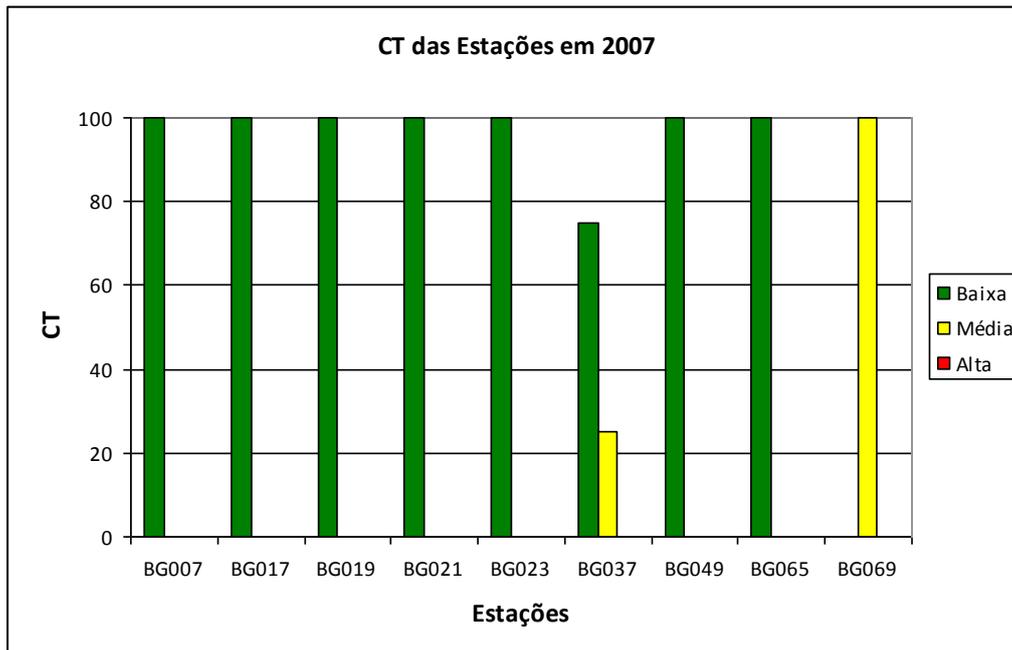


Figura 11.13. Comparação dos valores de CT obtidos nas estações em 2007.

#### e) BG089 - Rio Muzambinho a jusante da cidade de Muzambinho

Apesar de ter sido implantada na quarta campanha de 2007, a avaliação sanitária na estação BG089, somente pode ser realizada no ano de 2008, quando o valor de IQA médio apresentou-se Ruim (Figura 11.14).

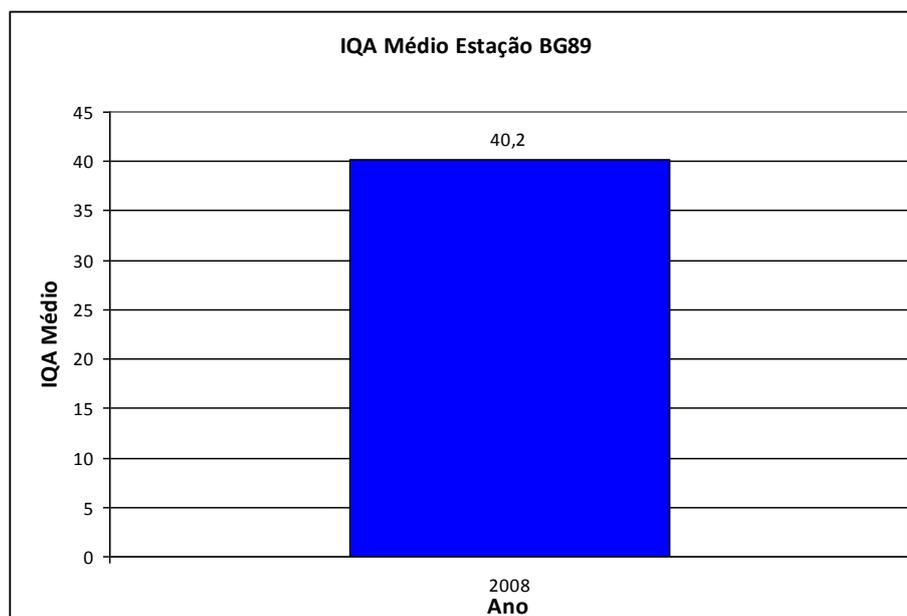


Figura 11.14. Valor médio de IQA na Estação BG089.

### 11.2.3. Estações de amostragem a montante da Unidade de Gestão GD3

#### a) BG007- Rio Grande a jusante do Reservatório de Itutinga

A média anual do IQA na estação BG007 apresentou resultado Bom de 2006 a 2008 (Figura 11.15). Para o parâmetro alumínio dissolvido, na primeira campanha de 2007, a concentração obtida foi superior ao padrão estabelecido para a Classe 2, bem como o valor de cor verdadeira que foi influenciado pela alta concentração de ferro dissolvido. A Contaminação por Tóxicos (CT) em 2007 apresentou-se Baixa.

#### b) BG017 – Rio das Mortes a montante da confluência com o Rio Grande

O IQA médio na estação de amostragem BG017 apresentou-se Médio para os anos avaliados de 2006 a 2008 (Figura 11.16). Sendo que, no ano de 2007, o parâmetro que mais interferiu nesse resultado foi coliformes termotolerantes, que apresentaram valores acima do limite permitido apenas na primeira campanha de 2007, confirmando a influência de contaminação por animais de pastagem e poluição difusa.

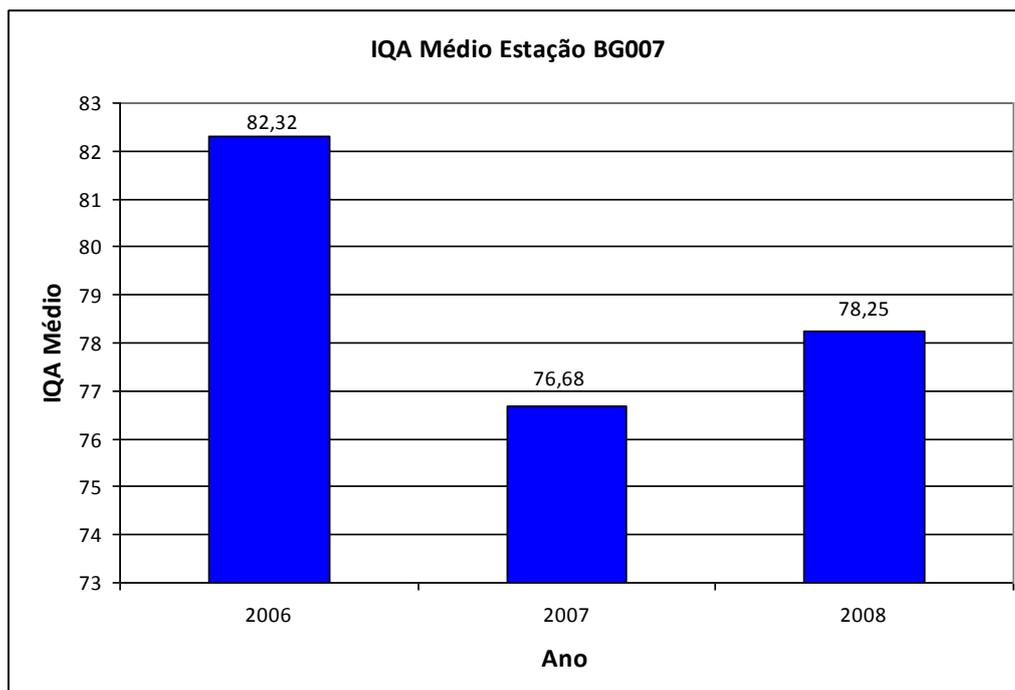


Figura 11.15. Valores médios de IQA na Estação BG007.

Os parâmetros alumínio dissolvido e ferro dissolvido apresentaram valores superiores ao padrão permitido para a Classe 2 na primeira campanha de 2007 e o manganês na primeira e quarta campanhas neste mesmo ano, devido à presença natural destes metais no solo da bacia do Rio Grande e ao emprego impróprio do solo na região, além da extração de areia e a produção de cimento na região. Embora estas ações não tenham influenciado nos valores de turbidez, os resultados de cor verdadeira ultrapassaram o limite CONAMA 357/05, corroborado também pela lixiviação do solo rico em ferro. Em 2007, a Contaminação por Tóxicos (CT) nesta estação foi Baixa.

### c) BG019 - Rio Grande a montante do reservatório de Furnas

Para a estação BG019 a média anual do IQA apresentou resultado Bom em 2007. O parâmetro coliforme termotolerantes neste ano apresentou-se acima do permitido na primeira campanha, devido à contribuição de esgotos sanitários sem tratamento prévio das cidades de Itumirim e Lavras, embora os valores de fósforo total tenham-se apresentados dentro do limite previsto na legislação.

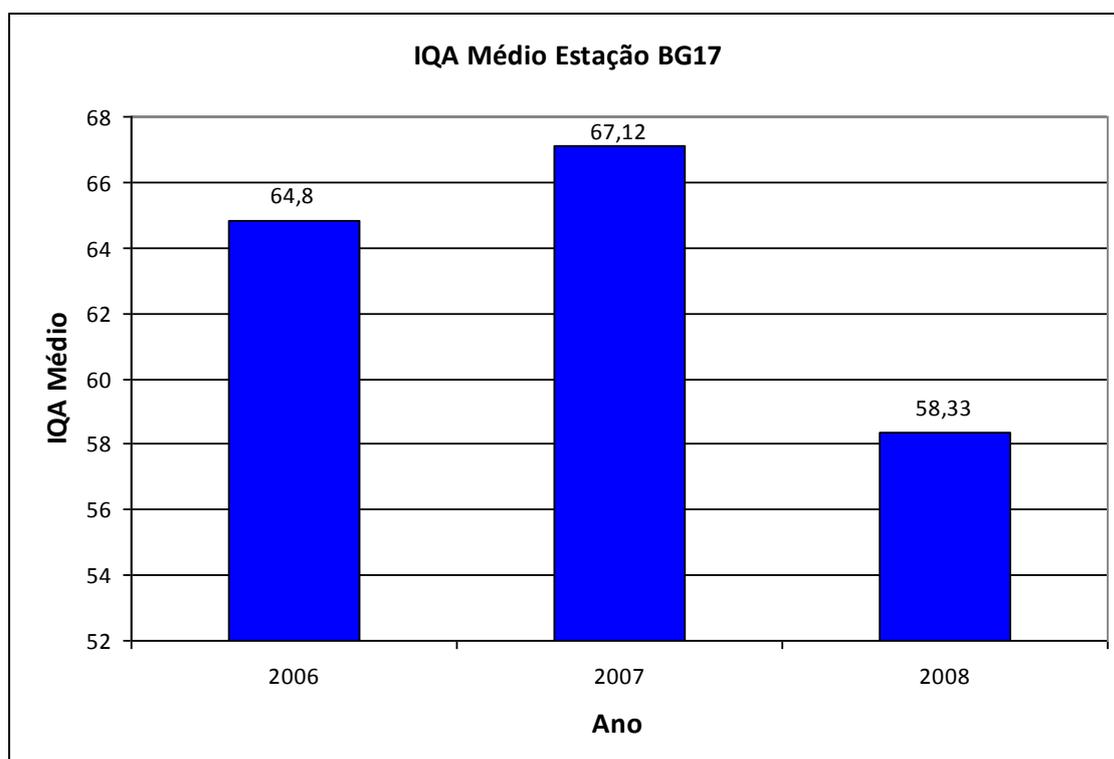


Figura 11.16. Valores médios de IQA na Estação BG017.

Os parâmetros alumínio dissolvido e ferro dissolvido também apresentaram valores acima do padrão permitido para a Classe 2 na primeira campanha de 2007, valores estes que influenciaram os de cor verdadeira.

Em 2007, a Contaminação por Tóxicos (CT) se apresentou Baixa nesta estação.

#### d) BG037 - Rio Verde a jusante da cidade de Varginha

Em virtude da ausência de dados relativos ao parâmetro coliformes termotolerantes na segunda campanha de 2007 a média anual do IQA não pode ser calculada. Portanto foi analisado o IQA trimestral das campanhas de 2007 que apresentaram resultado Médio (Figura 11.17), influenciado pelos resultados de coliformes termotolerantes que se apresentaram fora do padrão estabelecido, fósforo total em desconformidade na quarta campanha de amostragem e turbidez.

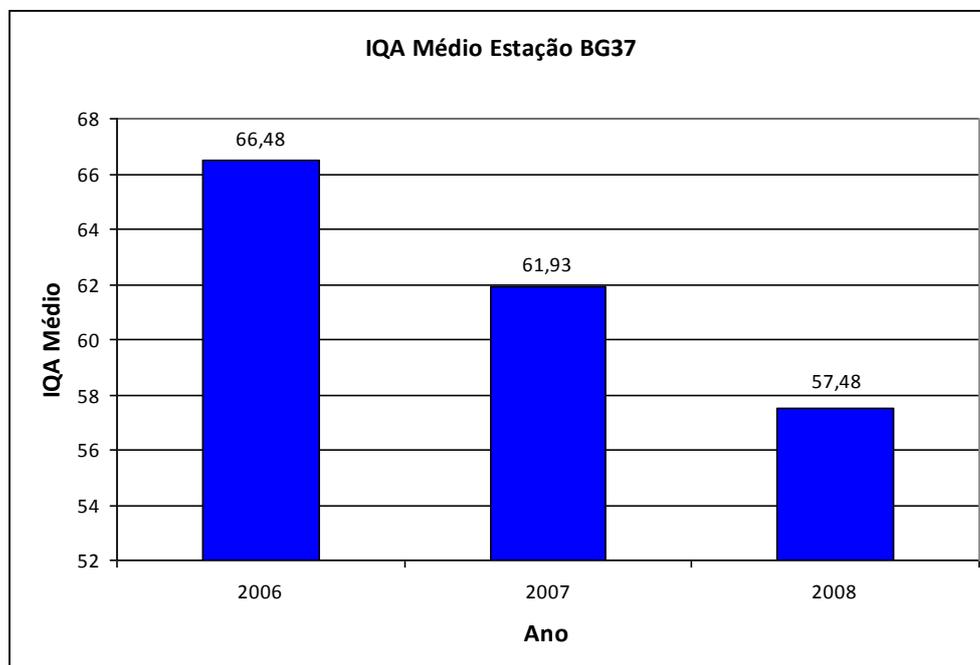


Figura 11.17. Valores Médios de IQA na Estação BG037.

Os parâmetros alumínio, na primeira campanha, e ferro, na primeira e quarta campanhas de 2007, apresentaram valores acima do limite permitido, devido à presença

natural destes metais no solo da bacia do Rio Grande, e da utilização imprópria do solo na região.

Em virtude da contaminação por esgotos domésticos e despejos industriais oriundos da cidade de Varginha que provocaram aumento de nutrientes e, portanto proliferação de algas, a concentração de clorofila-a superou o limite permitido na terceira campanha de 2007.

A CT na estação apresentou-se Baixa durante as três primeiras campanhas, e Média na última devido a concentração de chumbo que foi superior ao limite permitido. Isso pode ter ocorrido pela lixiviação de agrotóxicos empregados em atividades agrícolas na região (IGAM, 2008).

#### e) BG049 - Rio Sapucaí a montante do reservatório de Furnas

Em virtude da ausência de dados relativos ao parâmetro coliformes termotolerantes na segunda campanha de 2007 a média anual do IQA não pode ser calculada. Portanto, analisando as campanhas restantes os resultados encontrados não apresentaram uniformidade entre as campanhas amostrais para a estação, permanecendo os valores de IQA de Médio, Bom e Ruim na primeira, terceira e quarta campanhas, respectivamente. A Figura 11.18 mostra o IQA médio dos anos que foram feitas realizadas todas as campanhas.

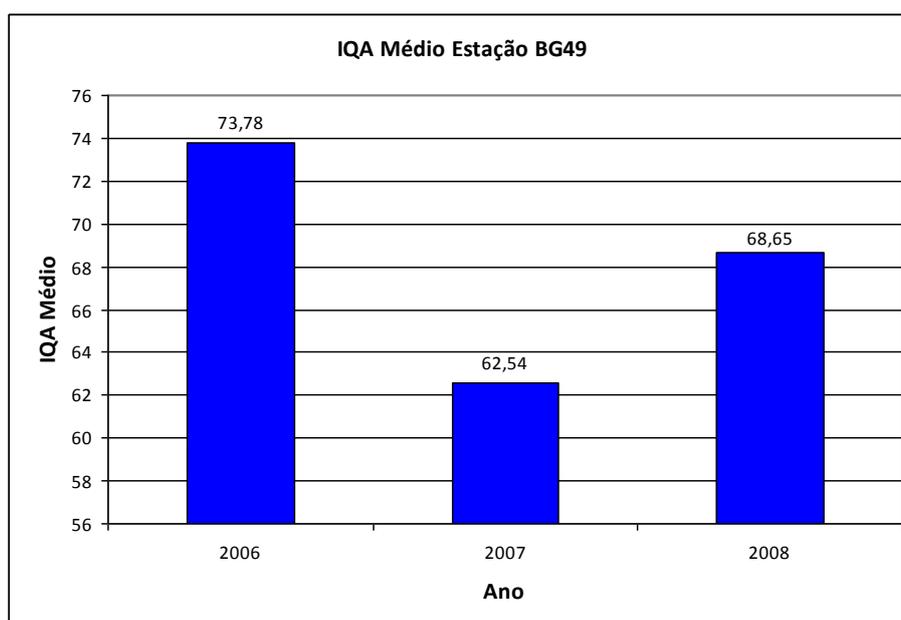


Figura 11.18. Valores Médios de IQA na Estação BG049.

O parâmetro fósforo total apresentou valores superiores ao permitido em três campanhas de amostragem de 2007. Isso se associa ao descarte de esgotos sanitários sem tratamento, além do aporte de carga de poluição difusa, em virtude da contribuição da atividade agrícola pela utilização de fertilizantes. Os valores de fósforo total obtidos tornam-se mais críticos por esse corpo d'água desaguar no reservatório de Furnas, situação que beneficia a eutrofização de ambientes lênticos.

O parâmetro alumínio dissolvido, apresentou-se acima do padrão da Classe 2 na primeira campanha de 2007, enquanto o manganês total e o ferro dissolvido superaram o limite permitido em pelo menos uma campanha deste ano, indicando a composição do solo da região e seu manejo incorreto.

A cor verdadeira ultrapassou o limite permitido na primeira e quarta campanhas de 2007, corroborado pelas concentrações de ferro dissolvido e manganês total também acima do limite permitido, oriundas da lixiviação do solo da região. Este fato também contribuiu para elevar os valores de turbidez.

A Contaminação por Tóxicos (CT) foi considerada Baixa (IGAM, 2008).

#### **11.2.4. Ensaios Ecotoxicológicos**

Os Ensaios Ecotoxicológicos contemplam a determinação de efeitos tóxicos (agudos ou crônicos) provocados por um ou por uma mistura de agentes químicos, sendo estes efeitos observados por respostas fisiológicas (mortalidade e/ou imobilidade ou alteração na reprodução) dos organismos aquáticos. Deste modo, estes ensaios mostram os efeitos adversos, a organismos aquáticos padronizados, oriundos da interação das substâncias presentes na amostra avaliada.

Na avaliação dos resultados dos ensaios de ecotoxicidade efetuados entre agosto/2003 e dezembro/2007 na bacia do rio Grande, foram obtidos os seguintes resultados para a estação BG021: do total de 15 ensaios, entre 25,1 a 50% deram resultados positivos, considerados de ocorrência Média. Considerando esse mesmo período, nas estações afluentes a Unidade de Gestão GD3, foram obtidos os seguintes resultados: em 16 ensaios, a estação BG007, 50,1 a 100% destes ensaios apresentaram resultado positivo, considerados de ocorrência Alta; em 16 ensaios a estação BG019, poucos ensaios (até 25%) apresentaram

resultados positivos, sendo considerados de ocorrência Baixa; em 16 ensaios a estação BG049, alguns ensaios apresentaram resultados positivos, sendo considerados com ocorrência Média.

Em resultados observados nas estações monitoradas na quarta campanha de 2007, foram obtidos os seguintes resultados: em um ensaio a estação BG065 e em outro na estação BG069 não houve ocorrência de toxicidade.

Observa-se que os resultados dos ensaios ecotoxicológicos forneceram informações não detectadas pelo IQA. Este fato foi nitidamente observado na estação BG007, uma vez que o IQA foi considerado médio e a presença de toxicidade alta. Por outro lado, o Índice de Contaminação foi alto na estação BG069 e esta toxicidade não foi detectada pela exposição aos organismos aquáticos.

Estas situações a priori contraditórias exprimem a real dificuldade de implantar numa rede de monitoramento de qualidade de água, metodologias que a princípio podem ser confiáveis, mas devido a ações antagônicas ou sinérgicas dos contaminantes no meio, dificultam esta detecção, e comprometem as possíveis ações mitigadoras a serem implantadas visando à melhoria da qualidade de água, destinadas aos diversos usos.

#### **11.2.5. Qualidade das Águas Superficiais**

Considerando os corpos d'água monitorados nas estações do GD3 foram obtidas violações específicas para cada uma delas de acordo com o padrão de enquadramento Classe 2, estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 10 de 1986. A Tabela 11.7 apresenta os parâmetros violados das estações nos anos analisados e os padrões de enquadramento para a Classe 2.



VARIÁVEL	BG089		BG007		BG017			BG019			BG037			BG049					
	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08	
pH																			X
pH "in loco"																			
Turbidez		X					X	X		X	X				X		X	X	X
Cor Verdadeira		X			X			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X
Sólidos Dissolvidos Totais																			
Sólidos Suspensos Totais		X							X	X									X
Cloreto Total																			
Sulfato Total																			
Sulfeto																			
Fosfato Total			X				X	X		X			X				X		
Fósforo Total (ambiente lótico)		X								X				X	X		X	X	X
Nitrogênio Amoniacal																			
Nitrato																			
Nitrito																			
Amônia não Ionizável																			
OD		X																	
DBO		X																	
Cianeto Livre																			
Fenóis Totais (substâncias que reagem com 4-aminoantiprina)																			
Índice de Fenóis			X				X			X			X				X		
Óleos e Graxas			X	X			X			X	X		X	X	X		X	X	

VARIÁVEL	PADRÃO DA CLASSE 2	UNIDADE	BG021							BG023							BG065	BG069	
			00	06	07	08	97	98	99	00	01	02	03	04	06	07	08	08	07
Substâncias tensoativas	0,5	mg / L LAS																	
Coliformes Fecais			x				x	x	x	x	x	x	x						
Coliformes Termotolerantes	1000	NMP / 100 ml		x		x								x	x	x	x	x	x
Coliformes Totais			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Clorofila a	30	µg / L																	
Densidade de Cianobactérias	50000	cel / mL																	
Alumínio	0,1	mg / L Al							x	x	x		x	x					
Alumínio Dissolvido	0,1	mg / L Al			x										x	x	x		
Arsênio Total	0,01	mg / L As																	
Bário Total	0,7	mg / L Ba																	
Boro Total	0,5	mg / L B																	
Cádmio	0,001	mg / L Cd						x											
Cádmio Total	0,001	mg / L Cd	x																
Chumbo	0,03	mg / L Pb							x	x			x	x					
Chumbo Total	0,01	mg / L Pb												x					x
Cobre	0,02	mg / L Cu							x	x	x								
Cobre Dissolvido	0,009	mg / L Cu																	x
Cromo Total	0,05	mg / L Cr			x	x													
Ferro Dissolvido	0,3	mg / L Fe												x		x	x		
Ferro Solúvel							x	x	x		x	x	x	x					
Manganês			x	x	x	x		x		x	x	x	x	x					
Manganês Total	0,1	mg / L Mn														x			x
Merúrio Total	0,2	µg / L Hg																	
Níquel	0,025	mg / L Ni						x		x									
Selênio Total	0,01	mg / L Se					x												
Surfactantes Aniônicos	0,5	mg / L LAS									x								
Zinco Total	0,18	mg / L Zn																	

VARIÁVEL	BG089			BG007			BG017			BG019			BG037			BG049		
	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08	00	06	07	08
Substâncias tensoativas																		
Coliformes Fecais			x				x				x				x			
Coliformes Termotolerantes	x			x				x	x	x		x	x	x				x
Coliformes Totais	x	x					x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Clorofila a														x			x	
Densidade de Cianobactérias																		
Alumínio																		
Alumínio Dissolvido	x				x			x	x	x			x	x				x
Arsênio Total																		
Bário Total																		
Boro Total																		
Cádmio																		
Cádmio Total																		
Chumbo																		
Chumbo Total				x				x	x	x	x			x		x		x
Cobre																		
Cobre Dissolvido																		
Cromo Total																		
Ferro Dissolvido		x			x	x			x	x			x		x	x		x
Ferro Solúvel																		
Manganês															x			
Manganês Total								x	x	x	x	x					x	x
Mercurio Total																		x
Níquel																		
Selênio Total																		
Surfactantes Aniônicos																		
Zinco Total																		

## 11.3 Estudo das águas nos balneários no reservatório de FURNAS

Foram feitos dois estudos de coleta e análise das águas dos balneários localizados no reservatório de FURNAS. O primeiro estudo foi realizado pela UNIFENAS (2003), ele teve um número maior de pontos amostrados, abrangendo diversos parâmetros, como contaminação por agrotóxicos. O segundo estudo foi realizado por Tanure (2007), o estudo abrangeu menos pontos e analisou apenas parâmetros básicos, como DBO, pH, etc. Os resumos dos trabalhos são descritos abaixo.

### 11.3.1. Monitoramento de metais, cargas poluidoras e agrotóxicos

Segundo UNIFENAS, 2003, foram coletadas amostras nos rios Grande e Sapucaí, entre Junho de 2001 a Maio de 2002, foram analisados parâmetros indicadores da qualidade da água, como metais pesados, cargas poluidoras e agrotóxicos. A distribuição dos pontos de coleta ocorreu conforme as Tabela 11.8, Tabela 11.9 e Tabela 11.10:

#### a) Para balneabilidade:

A seguir são apresentados os valores máximos e mínimos encontrados para os parâmetros avaliados nos Balneários:

- Temperatura, 15°C em Fama, balneário, montante e jusante, 27°C em Ponte das Amoras, balneário e montante, Pousada do Porto, balneário e montante, Itací, balneário e montante, Campo do Meio, balneário e montante, Boa Esperança, balneário, montante e jusante, Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí, Escarpas do Lago, balneário, montante e jusante, Estância de Furnas, balneário, montante e jusante, Furnastur balneário e montante e Porto Fernandes.

- pH, 6,2 em Itací montante e 8,9 no Balneário Itací.

- Cor, 2,5 unidades de cor em Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí e Escarpas do Lago jusante, 400 unidades de cor em Fama balneário, montante e jusante, Ponte das Amoras, balneário e montante e Boa Esperança, balneário, montante e jusante.

- Turbidez, 1,2 NTU em Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí e 53,2, no Balneário de Fama.

Tabela 11.8. Locais amostrados para balneabilidade.

<b>BRAÇO FORMADO PELO RIO SAPUCAÍ</b>			
<b>PONTO</b>	<b>BALNEÁRIO</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
1	GUTIERREZ MONTANTE	21°26'49"	46°00'15"
2	GUTIERREZ	21°26'48"	46°00'18"
6	FAMA MONTANTE	21°24'18"	45°49'19"
7	FAMA	21°24'17"	45°49'36"
8	FAMA JUSANTE	21°24'12"	45°49'43"
9	PONTE DAS AMORAS MONTANTE	21°18'05"	45°50'13"
10	PONTE DAS AMORAS	21°18'02"	45°50'15"
14	POUSADA DO PORTO MONTANTE	21°25'21"	46°08'29"
15	POUSADA DO PORTO	21°25'18"	46°08'26"
19	ITACÍ MONTANTE	21°00'51"	46°00'18"
20	ITACÍ	21°00'55"	46°00'26"
23	CAMPO DO MEIO MONTANTE	21°06'21"	45°49'37"
24	CAMPO DO MEIO	21°06'11"	45°49'58"
<b>BRAÇO FORMADO PELO RIO GRANDE</b>			
27	BOA ESPERANÇA MONTANTE	21°05'11"	45°34'05"
28	BOA ESPERANÇA	21°05'13"	45°33'42"
29	BOA ESPERANÇA JUSANTE	21°04'13"	45°33'16"
34	CONFLUÊNCIA RIO GRANDE COM RIO SAPUCAÍ	20°41'03"	46°10'28"
35	ESCARPAS DO LAGO MONTANTE	20°38'50"	46°00'18"
36	ESCARPAS DO LAGO	20°38'44"	46°00'22"
37	ESCARPAS DO LAGO JUSANTE	20°38'42"	46°00'25"
40	ESTÂNCIA DE FURNAS MONTANTE	20°33'06"	45°37'32"
41	ESTÂNCIA DE FURNAS	20°31'59"	45°47'23"
42	ESTÂNCIA DE FURNAS JUSANTE	20°31'60"	45°47'25"
43	FURNASTUR MONTANTE	20°33'19"	45°37'30"
44	FURNASTUR	20°33'16"	45°37'34"
45	FURNASTUR JUSANTE	20°32'49"	45°32'59"
48	PORTO FERNANDES	20°48'50"	45°40'05"

- DBO, 0,00 mg/L no Balneário de Ponte das Amoras e em Furnastur jusante, 7,6 mg/L em Campo do Meio montante.

-OD, 0,00 mg/L no Balneário de Fama, 11,2 mg/L no Balneário Estância de Furnas.

- Alcalinidade total, 5 mg/L em Escarpas do Lago montante e jusante e 65 mg/L em Furnastur montante.

- Bicarbonato, 5 mg/L em Escarpas do Lago montante e jusante e 65 mg/L em Furnastur montante.
- Carbonato, 0,00 mg/L em Itací balneário e montante 6 mg/L em Itací montante.
- Contagem padrão de colônias de bactérias por 1 mL de amostra, 5 em Boa Esperança jusante e 6700 em Furnatur jusante.
- Número mais provável de coliformes fecais por 100 mL de amostra, 2 em Boa Esperança montante, Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí, Escarpas do Lago jusante, Furnastur jusante e Balneário de Porto Fernandes e 1800 em Furnastur jusante.
- Número mais provável de coliformes totais por 100 mL de amostra, 4 em Furnastur jusante e Balneário de Porto Fernandes e 2400 no Balneário de Gutierrez, Fama balneário e montante, Ponte das Amoras montante, Pousada do Porto balneário e montante, Itací balneário e montante, Campo do Meio montante, Boa Esperança balneário, montante e jusante, Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí, Escarpas do Lago montante e jusante, Estância de Furnas montante e jusante e Furnastur balneário e jusante.
- Cádmiu, ppb, 0,13 no Balneário de Boa Esperança e 0,315 no Balneário de Gutierrez.
- Ferro, 0,02 mg/L nos Balneários de Itací e Escarpas do Lago, 1,1 mg/L no Balneário Ponte das Amoras.
- Manganês, ppb, 14 nos Balneários de Ponte das Amoras e Furnastur e 120 no Balneário de Itací.
- Zinco, 0,031 mg/L no Balneário de Furnastur e 0,49 na Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí.
- Alumínio, 0,00 mg/L no Balneário de Gutierrez, Fama, Ponte das Amoras, Boa Esperança, Itací, Confluência do Rio Grande com o Rio Sapucaí, Escarpas do Lago, Estância de Furnas, Furnastur e Porto Fernandes e 0,223 mg/L no Balneário Estância de Furnas.
- Bário, ppb, 15,58 no Balneário Estância de Furnas e 68,8 no Balneário Gutierrez.
- Prata, ppb, 0,317 no Balneário de Boa Esperança e 66,4 no Balneário Estância de Furnas.
- Lítio, ppb, 0,0257 no Balneário Gutierrez e 0,5968 no Balneário Ponte das Amoras.

**b) Para carga poluidora:**

Em seguida são apresentados os valores máximos e mínimos obtidos para os parâmetros avaliados:

Tabela 11.9. Balneários amostrados, para carga poluidora.

<b>BRAÇO FORMADO PELO RIO SAPUCAÍ</b>			
<b>PONTO</b>	<b>BALNEÁRIO</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
3	Alfenas, Córrego Volta da Ferradura	21°21'31"	45°57'29"
4	Alfenas, Horto Florestal	21°23'55"	45°58'53"
5	Serrania, Ponte São Tomé/ Cabo Verde	21°29'11"	46°00'01"
11	Machado, Ponte Rio Machado	21°34'46"	45°51'04"
13	Três Pontas, riacho bambuzal	21°20'50"	45°43'22"
16	Areado, Ponte saída cidade	21°20'48"	46°08'44"
17	Deságüe rio Muzambo	21°16'50"	46°11'21"
18	Alterosa, ribeirão São Joaquim	21°14'17"	46°05'34"
21	Carmo do Rio Claro, ponte dos boiadeiros	20°57'38"	46°07'51"
22	Campos Gerais, ribeirão Cervo	21°11'44"	45°51'29"
25	Campo do Meio, ribeirão Carmo	21°06'24"	45°49'21"
30	Paraguaçu, ribeirão Carmo	21°31'56"	45°41'46"
<b>BRAÇO FORMADO PELO RIO GRANDE</b>			
26	Boa Esperança, após o dique	21°04'09"	45°33'14"
33	Campo Belo, ponte Fazenda Vale do S. João	20°58'46"	45°16'48"
38	Pimenta, rua Justino de Souza	20°29'01"	45°47'46"
39	Pimenta, bairro praínha, poço	20°29'12"	45°47'47"
46	Formiga, fazenda José Laurindo	20°32'49"	45°32'59"
47A	Guapé, fundo Cacisa	20°45'32"	45°55'24"
47B	Guapé, Bangalô	20°45'52"	45°55'33"

- Temperatura, 15°C em Campo do Meio no ribeirão Carmo, 27°C em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro praínha, poço, em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô.

- pH, 5,9 em Guapé, Bangalô e 7,9 em Serrania na ponte São Tomé/ Cabo Verde.

- Cor, 20 em Areado na ponte da saída da cidade e em Guapé em Bangalô, 5000 em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Turbidez, 1,5 UTN em Machado na ponte do Rio Machado e 584 UTN em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Condutividade elétrica, 6,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em Machado na ponte do rio Machado e 1359  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Sólidos Sedimentados, o valor < 0,1 mg/L foi encontrado em todos os pontos avaliados e 50 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Sólidos Totais, 42 mg/L em Alfenas no Horto Florestal, 1494 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Sólidos Voláteis, 4 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura e 994 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Sólidos Fixos, 2 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura e 712 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- DQO, 7,8 mg/L em Guapé no fundo Cacisa e 3160 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- DBO, 0,8 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura e em Pimenta na rua Justino de Souza e 1730 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- OD, 0,00 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura e no Horto Florestal, em Areado na ponte da saída da cidade, em Campo do Meio no ribeirão Carmo, em Boa Esperança após o dique, em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João, em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro prainha, poço e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô e 9,2 mg/L em Campos Gerais no ribeirão Cervo.
- Dureza total, 5,2 mg/L em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João, 256 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Cálcio, 2 mg/L em Serrania na ponte São Tomé/ Cabo Verde, em Machado na ponte do rio Machado e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô e 160 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Magnésio, 2 mg/L em Alfenas no Horto Florestal e 178 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Alcalinidade total e Alcalinidade bicarbonato, 12 mg/L em Machado na ponte do rio Machado e 780 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.
- Acidez total e Acidez carbônica, 1 mg/L em Três Pontas no riacho bambuzal e em Guapé no fundo Cacisa e 300 mg/L em Boa Esperança após o dique.
- Acidez orgânica, 0,00 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura, em Serrania na ponte São Tomé/ Cabo Verde, em Areado na ponte da saída da cidade, no Deságüe do rio Muzambo,

em Alterosa no ribeirão São Joaquim, em Campo do Meio no ribeirão Carmo, em Boa Esperança após o dique, em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João, em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro praínha, poço e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô e 72 mg/L em Areado na ponte da saída da cidade.

- Cromo, 0,108 ppb em Pimenta na rua Justino de Souza e 20,2 ppb em Areado na ponte da saída da cidade.

- Ferro, 0,02 mg/L em Formiga na fazenda José Laurindo e 154 mg/L em Campo Belo na ponte fazenda Vale do S. João.

- Manganês, 1,2 ppb em Boa Esperança após o dique e 500 ppb em Campos Gerais no ribeirão Cervo.

- Fluoreto, 0,00 mg/L em Serrania na ponte São Tomé/ Cabo Verde e 2,78 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Detergente LAS, 0,046 mg/L em Três Pontas no riacho bambuzal e 2,535 mg/L em Guapé em Bangalô.

- Bário, 9,71 ppb em Pimenta no bairro praínha, poço e 246 ppb em Formiga na fazenda José Laurindo.

- Estanho, o valor <0,5 mg/L foi encontrado em todos os pontos avaliados e 129,3 mg/L em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João.

- Prata, 0,139 ppb em Campos Gerais no ribeirão Cervo e 29,88 ppb em Pimenta na rua Justino de Souza.

- Cloreto, 0,3 mg/L em Serrania na ponte São Tomé/ Cabo Verde, em Três Pontas no riacho bambuzal, em Campos Gerais no ribeirão Cervo e em Guapé em Bangalô, 251,7 mg/L em Guapé em Bangalô.

- Nitrogênio orgânico, 0,00 mg/L em Alfenas no Horto Florestal, em Machado na ponte do rio Machado, em Três Pontas no rio bambuzal e em Alterosa no ribeirão São Joaquim e 17,9 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Nitrogênio amoniacal, 0,016 mg/L em Guapé em Bangalô e 92,75 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Nitrito, 0,00 mg/L em Alfenas no córrego Volta da Ferradura, em Carmo do Rio Claro na ponte dos boiadeiros, em Campos Gerais no ribeirão Cervo, em Campo do Meio no ribeirão

Carmo, em Boa Esperança após o dique, em Paraguaçu no ribeirão Carmo, em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João, em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro praínha, poço, em Formiga na fazenda José Laurindo e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô, 125 mg/L em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João.

- Nitrato, 2,1 mg/L em Campo Belo na ponte da fazenda vale do S. João e 125 mg/L em Areado na ponte da saída da cidade.

- Ortofosfato, 0,00 mg/L em Alterosa no ribeirão São Joaquim e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô e 7,6 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Fosfato total, 0,00 mg/L em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô e 11,6 mg/L em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- Contagem padrão de colônias de bactérias por 1 mL, 34 em Três Pontas no riacho bambuzal e 192.000 em Areado na ponte da saída da cidade e em Campo do Meio no ribeirão Carmo.

- NMP Coliformes Fecais/ 100 mL, 7 em Três Pontas no riacho bambuzal e 350.000 em Alfenas no Horto Florestal, em Areado na ponte da saída da cidade, em Carmo do Rio Claro na ponte dos boiadeiros, em Campo do Meio no ribeirão Carmo, em Boa Esperança após o dique, em Paraguaçu no ribeirão Carmo, em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro praínha, poço, em Formiga na fazenda José Laurindo e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô.

- NMP Coliformes Totais/ 100 mL, 17 em Três Pontas no riacho bambuzal e 2.400.000 em Alfenas no córrego Volta da Ferradura e no Horto Florestal, em Areado na ponte da saída da cidade, no Deságüe do rio Muzambo, em Alterosa no ribeirão São Joaquim, em Carmo do Rio Claro na ponte dos boiadeiros, em Campo do Meio no ribeirão Carmo, em Boa Esperança após o dique, em Paraguaçu no ribeirão Carmo, em Campo Belo na ponte da fazenda Vale do S. João, em Pimenta na rua Justino de Souza e no bairro praínha, poço, em Formiga na fazenda José Laurindo e em Guapé no fundo Cacisa e em Bangalô.

**c) As coletas das amostras para agrotóxicos foram feitas em 9 pontos:**

Tabela 11.10. Locais de amostragens de agrotóxicos.

PONTO DE COLETA	LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE
1	AABB em Alfenas, plantação de batatas	21°23'26"	45°59'31"
2	Porto Fernandes, Cristais	20°48'50"	45°40'05"
3	Rio Grande desembocando no Reservatório, Ribeirão Vermelho	21°11'35"	45°03'00"
4	Itací, Carmo do Rio Claro	21°00'55"	46°00'25"
5	Confluência do Rio Sapucaí com o Rio Grande, Capitólio	20°41'03"	46°10'28"
6	Rio Sapucaí desembocando no Reservatório, Paraguaçu	21°31'56"	45°41'46"
7	Plantação de café, Fama	21°24'18"	45°49'19"
8	Rio Muzambo desembocando no Reservatório, Areado	21°16'50"	46°11'21"
10	Rio Machado desembocando no Reservatório	21°34'46"	45°51'04"

A seguir são apresentados os valores máximos e mínimos encontrados para os parâmetros avaliados:

- Heptacloro, 0,03 ppb no Rio Sapucaí desembocando no reservatório em Paraguaçu e 0,47 ppb na plantação de café em Fama.
- Folidol, 0,24 ppb e 43,14 ppb na AABB em Alfenas na plantação de batatas.
- Lorsban, 0,22 ppb em Itací em Carmo do Rio Claro e 25,1 ppb na AABB em Alfenas na plantação de batatas.
- Heptacloroepoxi, 0,01 ppb na AABB em Alfenas na plantação de batatas, em Porto Fernandes em Cristais e na Confluência do Rio Sapucaí com o Rio Grande em Capitólio e 0,28 ppb no Rio Muzambo desembocando no reservatório em Areado.
- Endossulfan, 0,01 ppb em Porto Fernandes em Cristais e 24,93 ppb na AABB em Alfenas na plantação de batatas.
- Endossulfato, 0,17 ppb na plantação de café em Fama e 4,39 ppb na AABB em Alfenas na plantação de batatas.

**d) Análise de DBO e sólidos totais**

A Tabela 11.11 apresenta os valores calculados relativos aos parâmetros de DBO e Sólidos totais. Em relação aos dados obtidos, pode-se verificar que o local amostrado que mais contribui no valor da carga poluidora tanto em termos de DBO quanto de Sólidos totais é Três Pontas.

As Tabela 11.12 e Tabela 11.13 mostram o crescimento na carga poluidora em termos de DBO e Sólidos totais. Observa-se que nos dados apresentados, os locais que apresentaram os maiores e os menores valores percentuais de crescimento foram:

- DBO, entre 1996 a 1999, 11,0 % em Areado na R. José P. Cabral e 600,0 % em Formiga na Fazenda J. Laurindo, e entre os anos de 1999 a 2002, -48,3 % em Boa Esperança na saída emissária e 1225,0 % em Areado na R. José P. Cabral.

-Sólidos totais, entre 1996 a 1999, -69,5 % no Deságüe rio Muzambo na Fazenda Movimento em Areado e 1869,2 % em Guapé na Cacisa, e entre os anos de 1999 a 2002, -13,2 % em Formiga na Fazenda J. Laurindo e 428,6 % em Areado na R. José P. Cabral.

De acordo com UNIFENAS (2003), foram detectadas alterações nas características físico-químicas e bacteriológicas nas águas e nos esgotos dos balneários, devido principalmente ao aporte intermediário de sólidos e nutrientes da diluição de efluentes e da drenagem das margens do reservatório de Furnas, sendo essas alterações mais ou menos significativas conforme o nível do reservatório.

Nos locais onde ocorrem despejos de esgoto verificou-se uma poluição pontual que se deve provavelmente a baixa circulação e turbulência naquele ponto, característico de alguns braços do reservatório.

Em relação aos resíduos agrotóxicos, pode-se constatar uma contaminação generalizada do reservatório, sendo necessário a reavaliação dos procedimentos usados para proteção das culturas agrícolas presentes ao longo da Bacia Hidrográfica do rio Sapucaí.

Tabela 11.11. Média das cargas poluidoras em termos de DBO e Sólidos totais de agosto de 1996 a maio de 2002

PONTO DE COLETA DE ESGOTO	MÉDIA DBO/DIA (KG)	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA MUNICÍPIO DBO (%)	MÉDIA SÓLIDOS TOTAIS/DIA (KG)	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA MUNICÍPIO SÓLIDOS TOTAIS (%)
Alfenas-Horto Florestal	303,43	0,17	2.281,57	0,10
Alfenas-Volta da Ferradura	2.713,53	1,49	6.348,68	0,28
Alterosa	1.576,19	0,86	15.110,01	0,67
Areado	6.086,62	3,33	12.705,16	0,56
Boa Esperança	49.799,56	27,26	90.985,64	4,02
Campo Belo	3.378,78	1,85	46.732,39	2,06
Campo do Meio	15.361,38	8,41	28.065,81	1,24
Campos Gerais	1.284,26	0,70	20.395,43	0,90
Carmo do Rio Claro	707,81	0,39	5.073,17	0,22
Formiga	4.686,88	2,57	136.014,63	6,01
Guapé	755,57	0,41	6.128,47	0,27
Machado	8.757,62	4,79	119.449,89	5,28
Paraguaçu	1.050,62	0,58	8.521,70	0,38
Pimenta	434,92	0,24	3.527,64	0,16
Serrania	3.008,13	1,65	62.602,75	2,77
Rio Muzambo	17.196,16	9,41	314.943,21	13,92
Três Pontas	65.556,85	35,89	1.384.235,21	61,16
<b>Total</b>	<b>182.658,31</b>	<b>100,00</b>	<b>2.263.121,36</b>	<b>100,00</b>

Tabela 11.12. Crescimento da DBO nos esgotos, fases I, II e III do estudo

ORIGEM	LOCAL DESÁGÜE	DBO				
		96-97 (mg/L)	98-99 (mg/L)	AUMENTO (%)	01-02 (mg/L)	AUMENTO (%)
Alfenas	Volta da Ferradura	3,0	10,0	233,3	41,5	315,0
Alfenas	Horto Florestal	10,8	15,5	43,5	66,9	331,6
Serrania	ribeirão São Tomé	3,7	5,3	43,2	19,4	266,0
Machado	F. Nanetti, Paraguaçu	2,5	6	140,0	17,3	188,3
Três Pontas	F. Pinheiros, Campos Gerais	2,1	5,1	142,9	26,4	417,6
Areado	R. José P. Cabral, Areado	20,9	23,2	11,0	307,4	1225,0
Deságüe rio Muzambo	Fazenda Movimento, Areado	2,7	6,1	125,9	19,5	219,7
Alterosa	ribeirão S. Joaquim, Alterosa	2,8	15,3	446,4	51,7	237,9
Carmo do Rio Claro	Ponte dos boiadeiros, C. Rio Claro	13,7	28,6	108,8	92,9	224,8
Campos Gerais	Fazenda Rancho Alegre, C. Gerais	2,2	5	127,3	14,5	190,0
Campo do Meio	Balneário Campo do Meio	106,3	144,4	35,8	582,4	303,3
Boa Esperança	Saída emissária	134,2	390,8	191,2	202	-48,3
Paraguaçu	Ribeirão do Carmo, Paraguaçu	2,4	8,9	270,8	29,6	232,6
Campo Belo	Fazenda S. João, Campo Belo	6,9	8,9	29,0	43,6	389,9
Pimenta	Sítio Antônio Lopes, Pimenta	7,8	26,5	239,7	100,2	278,1
Pimenta	Poço artesiano, Pimenta	8,5	52,3	515,3	57,3	9,6
Formiga	Fazenda J. Laurindo, Formiga	1,8	12,6	600,0	29,3	132,5
Guapé	Cacisa, Guapé	86,3	225,5	161,3	280,6	24,4
Guapé	Bangalô, Guapé	57,3	327,5	471,6	398,8	21,8

Tabela 11.13. Crescimento dos Sólidos totais nos esgotos, fases I, II e III do estudo

ORIGEM	LOCAL DESÁGUE	SÓLIDOS TOTAIS				
		96-97 (mg/L)	98-99 (mg/L)	AUMENTO (%)	01-02 (mg/L)	AUMENTO (%)
Alfenas	Volta da Ferradura	121	82	-32,2	162,2	97,8
Alfenas	Horto Florestal	150	140	-6,7	230,8	64,9
Serrania	ribeirão São Tomé	77	96	24,7	103,3	7,6
Machado	F. Nanetti, Paraguaçu	78	72	-7,7	104,4	45,0
Três Pontas	F. Pinheiros, Campos Gerais	97	71	-26,8	119,3	68,0
Areado	R. José P. Cabral, Areado	155	112	-27,7	592	428,6
Deságüe rio Muzambo	Fazenda Movimento, Areado	246	75	-69,5	137,7	83,6
Alterosa	ribeirão S. Joaquim, Alterosa	98	77	-21,4	256,3	232,9
Carmo do Rio Claro	Ponte dos boiadeiros, C. Rio Claro	162	277	71,0	313,2	13,1
Campos Gerais	Fazenda Rancho Alegre, C. Gerais	106	71	-33,0	122,3	72,3
Campo do Meio	Balneário Campo do Meio	377	184	-51,2	938,7	410,2
Boa Esperança	Saída emissária	322	374	16,1	389,4	4,1
Paraguaçu	Ribeirão do Carmo, Paraguaçu	112	138	23,2	188,4	36,5
Campo Belo	Fazenda S. João, Campo Belo	195	97	-50,3	294,7	203,8
Pimenta	Sítio Antônio Lopes, Pimenta	275	177	-35,6	263,2	48,7
Pimenta	Poço artesiano, Pimenta	355	206	-42,0	274,6	33,3
Formiga	Fazenda J. Laurindo, Formiga	17,3	236	1264,2	204,8	-13,2
Guapé	Cacisa, Guapé	13	256	1869,2	514,8	101,1
Guapé	Bangalô, Guapé	227	245	7,9	533,2	117,6

### 11.3.2. Monitoramento dos balneários

Segundo Tanure (2007), foram amostrados outros pontos conforme podem ser observados na Tabela 11.14. A Figura 11.19 ilustra a localização no reservatório das localidades amostradas.

Tabela 11.14. Localização das localidades amostradas.

PONTOS AMOSTRADOS	LATITUDE	LONGITUDE	BACIA	CIDADE
Balneário de Fama	21°24'17"	45°49'36"	Rio Sapucaí	Fama
Balneário Pousada do Porto	21°25'18"	46°08'26"	Rio Sapucaí	Areado
Balneário Gutierrez	21°26'48"	46°00'18"	Rio Sapucaí	Alfenas
Balneário Boa Esperança	21°05'13"	45°33'42"	Rio Grande	Boa Esperança
Balneário Ponte das Amoras	21°18'02"	45°50'15"	Rio Sapucaí	Campos Gerais
Balneário Escarpas do lago	20°38'44"	46°00'22"	Rio Grande	Capitólio
Balneário Estância de Furnas	20°31'59"	45°47'23"	Rio Grande	Pimenta
Balneário Furnastur	20°33'16"	45°37'34"	Rio Grande	Formiga

#### a) Resultados obtidos:

Através dos resultados obtidos nos pontos avaliados, observou-se que a temperatura da água no Balneário de Boa Esperança foi mais baixa, visto que suas águas estão no rio Marimbondo, que possui caudal menor. As outras localidades apresentaram temperaturas próximas, pois se encontram misturadas ao reservatório de Furnas. Em relação ao pH, ocorreram pequenas diferenças nos valores obtidos, mesmo se tratando de localidades distantes uma das outras.

Para o Balneário Ponte das Amoras, pode-se perceber elevados valores de sólidos totais, dissolvidos e suspensos e em razão do uso de suas margens no dia da amostragem, também se obteve valores elevados de cor e turbidez. Nos demais pontos os valores obtidos foram menores e próximos. Para o parâmetro sólidos sedimentáveis o valor encontrado em todos os Balneários foi menor que 0,1 ml/ L.

Em relação aos baixos valores obtidos de DQO, DBO e cloreto podem-se concluir que as águas avaliadas não possuem características significativas de poluição por esgoto. Para a percentagem de saturação de OD, encontrou-se no Balneário de Fama valor superior às outras localidades até mesmo se comparado à média das demais.

Os maiores valores de alcalinidade, bicarbonato, dureza, cálcio e magnésio foram encontrados no Balneário de Boa Esperança o que justifica a maior alcalinidade em suas águas em vista dos demais Balneários analisados.

No Balneário Pousada do Porto e Ponte das Amoras foram encontrados os maiores valores de Coliformes Totais e nos Balneários de Fama e Ponte de Amoras os maiores valores de Coliformes Fecais.

Para a condutividade elétrica, o menor valor foi encontrado no Balneário Escarpas do Lago, 2,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o maior no Balneário Ponte das Amoras, 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Em todos os balneários analisados, os valores obtidos do parâmetro endossulfan sulfato foram menores que 0,01 $\mu\text{g}/\text{l}$  e para o parâmetro cloropirifós não foi verificado sua presença. Para os Balneários de Fama, Pousada do Porto, Gutierrez e Boa Esperança foram encontrados valores de organofosforado paration metílico menor que 0,01  $\mu\text{g}/\text{l}$  e para as outras localidades avaliadas foram obtidos valores consideráveis. Os agrotóxicos, heptacloro, heptacloro epóxi e endossulfan apresentam-se de maneira generalizada em todos os balneários.

Comparando-se os resultados obtidos com o padrão para classe 2, em todos os balneários, os parâmetros avaliados estão dentro do permitido, exceto o parâmetro cor, que no Balneário Ponte das Amoras encontrou-se acima do permitido.

Em relação aos agrotóxicos, heptacloro, heptacloro epóxi e endossulfan foram obtidos valores acima do permitido para a classe 2 e portanto para a balneabilidade dos balneários.



Figura 11.19. Mapa com a localização dos pontos amostrados.

## 11.4 Análise do Capítulo

Em relação à qualidade das águas foi avaliada a evolução do IQA ao longo dos anos, sendo ele um bom indicador da contaminação por esgotos sanitários, por ser uma síntese da presença de sólidos, nutrientes e, sobretudo de matéria orgânica e fecal. E também se examinou a violação dos parâmetros mais característicos dos esgotos sanitários, como OD, DBO (matéria orgânica), amônia não ionizável e nitrogênio amoniacal total (nutrientes).

Dentre os rios pertencentes à unidade de gestão, o Rio Formiga, a jusante da cidade de Formiga, foi o que apresentou os piores valores de IQA, mantendo-se ruim durante o período de 1997 a 2006, caracterizando a má qualidade do corpo d'água receptor dos esgotos. Além disso, os parâmetros Coliformes termotolerantes, OD, DBO, fósforo total e amônia não ionizável apresentaram respectivamente 88%, 14%, 93%, 87% e 10% de violações no período de 1997 a 2006. Tais resultados são reflexo dos usos existentes na bacia, que incluem atividades industriais e agrícolas. Situação semelhante foi observado no rio Machado, embora tenham sido feitas medições somente em anos recentes.

Nos rios localizados a montante da unidade de gestão, o Grande, Sapucaí e verde, os resultados observados variam entre bom e médio, mostrando que esses rios não são problemáticos para o GD3 em termos de qualidade, devido às vazões relativamente elevadas que possuem.

Em algumas estações foram identificadas contaminações por metais como chumbo total, que pode ser resultado de efluentes das indústrias de peças automotivas, materiais plásticos sintéticos, produtos inorgânicos, produtos orgânicos, indústria têxtil e de tratamento de superfícies metálicas e galvanoplastia. E em outros foram identificados impactos de poluição difusa, como os provocados por indústrias cimenteiras, com destaque para o manganês total e o ferro dissolvido que apresentaram valores acima dos limites permitidos. Outro contaminante encontrado foi o cobre dissolvido, que é empregado freqüentemente como fungicida nas lavouras de café.

Os resultados das análises de água evidenciam os dados apresentados em capítulos anteriores, relativos ao uso do solo, ausência de tratamento de esgoto e industrialização das cidades. Essas informações influenciam fortemente nas propostas a serem apresentadas para o Plano de Bacia, uma vez que um de seus objetivos principais é a melhora da qualidade das águas. O estabelecimento de metas de melhoria é fundamental, mas caberá à proposta de



enquadramento a definição dos padrões de qualidade desejáveis para as rios da bacias, com reflexos diretos sobre o Lago de Furnas, que é o principal corpo receptor de água na bacia.

## 12 Considerações Finais

O presente relatório teve como objetivo principal elaborar o diagnóstico da Unidade de Gestão GD3, como subsídio para elaboração de seu Plano Diretor de Recursos Hídricos. Dessa forma, a bacia foi analisada em suas características físiográficas, o meio biótico, o uso e ocupação do solo, o meio sócio-econômico e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em relação à quantidade e qualidade.

Conforme descrito nesse relatório, a Unidade de Gestão GD3 compreende o trecho do rio Grande inundado pelo reservatório da UHE Furnas, incluindo suas contribuições laterais. Duas características principais diferenciam essa unidade de gestão da maioria das outras, que são contribuição de rios a montante (cerca de 70% do volume de água) e a presença do Reservatório da Hidrelétrica de Furnas, que ocupa uma grande extensão da unidade de gestão.

A presença do reservatório, vista inicialmente como algo ruim para a região, acabou se tornando vital para a economia dos municípios de seu entorno. A existência do Lago de Furnas agrega muitas potencialidades para o aproveitamento dos recursos hídricos na unidade de gestão. Além do perímetro extenso e extremamente recortado, as terras ao redor do reservatório apresentam potencialidades para expansão de culturas agrícolas de plantio anual, devido ao tipo de solo (Latosolo) e relevo relativamente plano. O período de maior estiagem, que dura cerca de 3 meses é compensado pela abundância de água, seja a disponível no reservatório ou nos rios sempre perenes.

Por esses motivos nota-se o crescimento expressivo da cultura de cana de açúcar na região, vinda inicialmente através das áreas mais próximas ao interior do estado de São Paulo, como a cidade Guaxupé. Esse fato traz mudanças importantes para a economia regional, que ainda se destaca pela produção de café. Por conseqüência, os impactos nos recursos hídricos são inevitáveis, devido ao uso para irrigação e a contaminação por resíduos de defensivos agrícolas.

Alia-se a esse cenário o crescimento de núcleos urbanos, como Alfenas, Formiga, Guaxupé, Machado, Campo Belo, Três Pontas dentre outras cidades, que também provocam aumentos no consumo e contaminação da águas. Os resultados a curto e médio prazo é o provável surgimento de conflitos entre os usos preponderantes, como abastecimento urbano, irrigação e industrial. Os dados de outorga já mostram que algumas bacias já apresentam estados de atenção em relação aos limites máximos outorgáveis, como ocorrido em rios nos municípios de Alfenas e Três Pontas.

Os municípios da unidade de gestão apresentam fortes potencialidades para o desenvolvimento de atividades econômicas tradicionais como a agropecuária e indústria, aproveitando seus recursos naturais, mas que também oferecem enormes potenciais para o setor de turismo. Esse é certamente o maior dilema a ser enfrentado pela região, ou seja, compatibilizar a exploração de suas águas para o turismo e aqüicultura, por exemplo, com as atividades econômicas tradicionais, que costumam gerar impactos negativos aos recursos hídricos.

Embora a quantidade de água já apresente sinais de alertas em alguns pontos localizados, o maior desafio a ser enfrentados pelo Plano de Bacia do GD3 será a melhora da qualidade dos recursos hídricos. As fontes de contaminação são diversas e exigiram ações sobre toda a área da bacia. Além de metas para redução dos impactos causados pelos usos urbanos, serão necessárias medidas para recuperar áreas de proteção permanente, não somente junto às margens de rios e nascentes, mas também em locais de recarga de aquíferos. A eficácia dessas medidas irá depender do entendimento de que a água é um patrimônio de todos e que sua preservação só será viável com ações conjuntas entre os usuários. O Plano de Bacia deve, portanto, ser entendido como um pacto do conjunto de usuário da bacia em prol da melhora da quantidade e qualidade de seus recursos hídricos.

## 13 Referências Bibliográficas

- **Ab'Saber, A.N.** 1970. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo: IGEOG/USP. 26p. (Geomorfologia, 20)
- **Ab'Saber, A.N.** 1970. Províncias geológicas e domínios morfo-climáticos no Brasil. São Paulo: IGEOG/USP. 26p. (Geomorfologia, 20)
- **ALAGO.** 2009. Lançamento de Projetos Ambientais. Disponível em: <<http://www.alago.org.br/>>. Acesso em: 06/07/2009.
- **ANA (Agencia Nacional das Águas),** [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br) (8/01/2009).
- **ANA (Agência Nacional das Águas)** - Monitoramento do Reservatório de Furnas, Brasília – DF, 2005. Disponível em <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/BoletimANAFurnas-ago2005.pdf>. Acessado em 8 de Janeiro de 2009.
- **ANDEF,** Associação Nacional de Defesa Vegetal. Disponível em <<http://www.undef.com.br/2008/index.asp>> Acesso em setembro de 2009.
- **ANDEF,** Associação Nacional de Defesa Vegetal. Disponível em <<http://www.undef.com.br/2008/index.asp>> Acesso em setembro de 2009.
- **Anuário Mata Atlântica.** Conselho Nacional Reserva da biosfera da mata atlântica. Disponível em [http://www.rbma.org.br/anuário/mata 02 baciashidro.asp](http://www.rbma.org.br/anuário/mata%20bacia%20hidro.asp). Acesso em 7 de abril de 2009.
- **APG II.** An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical Journal of Linnean Society 141(4): 399-436, 2003.
- **Aves.Brasil,** 2009. Aves. Disponível em <http://www.aves.brasil.com.br>. Acesso em 19/ mai/ 09.

- **Aves do Brasil**, 2009. Disponível em <http://www.avesdobrasil.com.br>. Acesso em 19/ mai/ 09.
- **Avibase**. The world bird database, 2009. Disponível em <http://avibase.bsc-eoc.org>. Acesso em 15/ mai/ 09.
- **BIODIVERSITAS**. Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do Estado de Minas Gerais. PDF disponível em [www.biodiversitas.org.br](http://www.biodiversitas.org.br). Belo Horizonte, 2007.
- **Bomfim, L. F. C.** Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil - Mapa Geodiversidade do Brasil - 1:2.500.000. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Rio de Janeiro: CPRM, 2002.
- **Bonfim, L. F. C.** Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil - Mapa Geodiversidade do Brasil - 1:2.500.000. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Rio de Janeiro: CPRM, 2002.
- **BRASIL**. 2009a. Lei 10.257 de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/internet/legislacao/legin.html/visualizarNorma.html?ideNorma=327901&PalavrasDestaque=estatuto%20da%20cidade>> Acesso em 06 de julho de 2009.
- **BRASIL**. 2009b. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legislacao/legin.html/visualizarNorma.html?ideNorma=374778&PalavrasDestaque=recurso%20hidricos>>. Acesso em 06 de julho de 2009.
- **CAMPO BELO**. LEI COMPLEMENTAR Nº 068, DE 10/10/2006. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal do Município de CAMPO BELO e dá outras providências. Disponível em: <http://www.campobelo.mg.gov.br/index.php?pagina=lei068>. Acesso em 08 de outubro de 2009.
- **Campos Neto, M. C.**; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R. SZABÓ, G. A. J.; VASCONCELOS, P. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. Revista do Instituto de Geociências – USP. v. 4, n. 1, 2004. p. 13-40.
- **Campos Neto, M. C.**; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R. SZABÓ, G. A. J.; VASCONCELOS, P. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. Revista do Instituto de Geociências – USP. v. 4, n. 1, 2004. p. 13-40.

- **Carvalho, L.M.T & Scolforo, J.R.S.** Inventário Florestal de Minas Gerais.: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007. Lavras: Editora UFLA, 357p:il., 2008.
- **Catalogue of Life:** 2009 Annual Checklist. Disponível em <http://www.catalogueoflife.org/search.php>. Acesso em 22/ abr/ 09.
- **CEMIG-IESA.** UHE de Igarapava - Projeto Básico - Ictiofauna. Relatório técnico, Belo Horizonte:CEMIG, 131p., 1989.
- **CETESB.** Relatório final do levantamento ecológico-sanitário das represas do rio Grande. Considerações sobre a piscicultura e recreação. Vol. 1. Sistema FURNAS-CEMIG. Relatório técnico. São Paulo:CETESB, 42p., 1976.
- **Ciminelli, R.R.** 1997. Minerais industriais – a geologia com o foco no mercado. In: Schobbenhaus, C., Queiroz, E.T., Coelho, C.E.S. (coords.), Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, DNPM/ CPRM IV(B):1-5.
- **Ciminelli, R.R.** 1997. Minerais industriais – a geologia com o foco no mercado. In: Schobbenhaus, C., Queiroz, E.T., Coelho, C.E.S. (coords.), Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, DNPM/ CPRM IV(B):1-5.
- **COPASA,** Companhia se Saneamento de Minas Gerais. Disponível em < <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>> Acesso em julho de 2009.
- **COPASA,** Companhia se Saneamento de Minas Gerais. Disponível em < <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>> Acesso em julho de 2009.
- **CPRM** (Serviço Geológico do Brasil). Disponível em <http://www.cprm.gov.br/>. Acessado em 15 de Abril de 2009.
- **CPTEC / INPE** (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Disponível em <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Acessado em 7 de Abril de 2009.
- **Damato M., Sobrinho P. A.** Determinação da Toxicidade Crônica em Efluentes Finais de Refinaria de Petróleo para Ceriodaphnia Dúbia.São Paulo –SP. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01135p04.pdf>. Acesso em 02/ Jun/ 09.
- **DNIT** (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes). Disponível em [www.dnit.gov.br/](http://www.dnit.gov.br/). Acessado em 12 de Janeiro de 2009.

- **DNIT** (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes), [www.dnit.gov.br/](http://www.dnit.gov.br/) visitado (12/01/2009).
- **DNPM** (Departamento Nacional de Produção Mineral). SIGMINE - Informações Geográficas da Mineração. Disponível em <http://sigmine.dnpm.gov.br/>. Acessado em 20 de Março de 2009.
- **DNPM** (Departamento Nacional de Produção Mineral). SIGMINE - Informações Geográficas da Mineração. Disponível em <http://sigmine.dnpm.gov.br/>. Acessado em 20 de Março de 2009.
- **Drummond, G.M.** Livro Vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de Extinção. Introdução. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=179&idConteudo=8122&idMenu=8631>, Acesso em 27/05/2009.
- **EMATER/MG** (Empresa de Assistência Técnica Instituto e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais). Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. In: AMARAL, F. C - Escala 1:1.000.000. EMBRAPA/CNPMS. Minas Gerais, 1993.
- **EMATER/MG** (Empresa de Assistência Técnica Instituto e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais). Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. In: AMARAL, F. C - Escala 1:1.000.000. EMBRAPA/CNPMS. Minas Gerais, 1993.
- **EMBRAPA** (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- **EMBRAPA** (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). Embrapa – Monitoramento por Satélite – Banco de Dados Climáticos do Brasil. Disponível em <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>. Acessado em 16 de Março de 2009.
- **EMBRAPA** (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- **EMBRAPA** (Centro Nacional de Pesquisa de Solos) / INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Embrapa – Monitoramento por Satélite – Banco de Dados Climáticos do Brasil. Disponível em <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/>. Acessado em 18 de Março de 2009.
- **FEAM**, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em < <http://www.feam.br/>> Acesso em agosto 2009.

- **FEAM**, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Disponível em < <http://www.feam.br/>> Acesso em agosto 2009.
- **Froese, R & Pauly, D** Fish Base. electronic publication. Disponível em <http://www.fishbase.org>. Acesso em 22/ abr/ 09.
- **Fundação João Pinheiro**. 2003b. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - 2003. Fundação João Pinheiro (FJP-MG). 2003.
- **Fundação João Pinheiro**. Centro de Estatística e Informações. Perfil demográfico do Estado de Minas Gerais - 2002. – Belo Horizonte, 2003.
- **Fundação SOS Mata Atlântica /INPE/ Instituto Socioambiental**. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Período de 2000-2005. São Paulo, 2008.
- **Fundação SOS Mata Atlântica /INPE/ Instituto Socioambiental**. Mapa dos Remanescentes de Floresta. Disponível em <http://mapas.sosma.org.br>. São Paulo. Acesso em 09 de abril de 2009.
- **FUNDEP**. Estudo Técnico – Científico visando a delimitação de Parques Aquícolas nos Lagos das Usinas Hidroelétricas de Furnas e Três Marias – MG, Belo Horizonte, 63p. , 2007.
- **FURNAS**. Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas – Estudos e Amostragens das Populações de Peixes do Reservatório da UHE de Furnas (1996 a 2003) [2003].
- **Gomes, F. A. R. , Araújo Jr., A. F., Salvato, M. A.** 2006. Mortalidade Infantil no Brasil e no Sudeste: Determinantes e Perspectivas para o Futuro. IDHS – Instituto de Desenvolvimento Humano Sustentável/PUC MINAS.
- **Gonçalves, E. G. & Lorenzi, H.** Morfologia vegetal. Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007
- **Gonçalves, J. H.** et al. (coord.) GEOBANK. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acessado em 10 de Março de 2009.
- **Gonçalves, J. H.** et al. (coord.) GEOBANK. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acessado em 10 de Março de 2009.
- **Google Earth**. Acessado em 4 de Junho de 2009.

- **Hackspacher, P.C.** et al., Consolidation and Breack-up of the South American Platform in Southeastern Brazil: Tectonothermal and Denudation Histories. *Gondwana Research*, V. 7, No. 1, 2004. pp. 91-101.
- **Hackspacher, P.C.** et al., Consolidation and Breack-up of the South American Platform in Southeastern Brazil: Tectonothermal and Denudation Histories. *Gondwana Research*, V. 7, No. 1, 2004. pp. 91-101.
- **Hidroweb** (Sistema de Informações Hidrológicas) / ANA (Agência Nacional de Águas). Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado em 5 de Maio de 2009.
- **IBAMA** (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 2008. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/vol\\_ii\\_peixes.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/vol_ii_peixes.pdf). Acesso em 27/ abr/ 09.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapa de Unidade de Relevo do Brasil. Escala 1:5.000.000. Diretoria de Geociências, 2006.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Contagem da População em 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 05 de Março de 2009.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapa de vegetação do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro, 2004.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapa de Unidade de Relevo do Brasil. Escala 1:5.000.000. Diretoria de Geociências, 2006.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Formações Florestais no DMA no Estado de Minas Gerais. Base de informações municipais – malha digital. IBGE, Rio de Janeiro. (1997). DMA – SOS Mata Atlântica/INPE/IGA, 2000. Disponível em <http://www.rbma.org.br>. Acesso em 09 de abril de 2009.
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2009.
- **IGAM**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Relatório Anual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Grande de 2007/2008. Disponível em <http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>. Acesso em 17/ Jun/ 09.
- **IGAM** (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), [www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br) visitado (17/02/2009)

- **IGAM**, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Estudos de Metas de Qualidade Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu 2005 – Estudo Técnico de Apoio ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu. Disponível em [http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/acordo\\_resultados/Estudo\\_Metas\\_Paracatu.pdf](http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/acordo_resultados/Estudo_Metas_Paracatu.pdf). Acesso em 02/ Jun/ 09.
- **IMA**, Instituto Mineiro de Agropecuária. Disponível em <<http://www.ima.mg.gov.br/>> Acesso em setembro de 2009.
- **IMA**, Instituto Mineiro de Agropecuária. Disponível em <<http://www.ima.mg.gov.br/>> Acesso em setembro de 2009.
- **INPEV**, Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Disponível em <<http://www.inpev.org.br/>> Acesso em setembro de 2009.
- **INPEV**, Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Disponível em <<http://www.inpev.org.br/>> Acesso em setembro de 2009.
- **JUNHO, R.A.C.** Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, USP, 2008.
- **JUNIOR, L. U. R.**, Contribuições Metodológicas Visando a Outorga do Uso de Recursos Hídricos para Geração Hidrelétrica, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2004, Itajubá.
- **Lacerda Filho, J. V.** de Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Esc. 1:1.000.000. Org: LACERDA FILHO, J. V.; BRITO, R. S. C.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA, C. C.; MORETON, L. C.; MATINS, E. G.; LOPES, R. C.; LIMA, T. M.; LARIZZATTI, J. H.; VALENTE, C. R. Goiânia: CPRM (Serviço Geológico do Brasil), 2004.(Convênio CPRM/SICME):. 121p.
- **Lacerda Filho, J. V.**; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000. 2ª edição. / org: LACERDA FILHO, J. V; REZENDE, A.; SILVA, A. Goiânia: CPRM/ METAGO/UnB, 2000.
- **Lacerda Filho, J. V.** de Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Esc. 1:1.000.000. Org: LACERDA FILHO, J. V.; BRITO, R. S. C.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA, C. C.; MORETON, L. C.; MATINS, E. G.; LOPES, R. C.; LIMA, T. M.; LARIZZATTI, J. H.; VALENTE, C. R. Goiânia: CPRM, 2004.(Convênio CPRM/SICME):. 121p.

- **Lacerda Filho, J. V.;** Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e Recursos Mineiros do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000. 2ª edição. / org: LACERDA FILHO, J. V.; REZENDE, A.; SILVA, A. Goiânia: CPRM/ METAGO/UnB, 2000.
- **Leite, C.A.S.** et al. Folha SF. 23 – Rio de Janeiro, In: SCHOBENHAUS, C. et al. (eds.) . Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM (Serviço Geológico do Brasil), Brasília, 2004.
- **Leite, C.A.S.** et al. Folha SF. 23 – Rio de Janeiro, In: SCHOBENHAUS, C. et al. (eds.) . Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília, 2004.
- **Lima-e-Silva, P.P, Guerra, A.J.T, Mousinho, P., Bueno, C., Almeida, F.G., Malheiros, T. & Souza Jr., A.B.** Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais. Editora Thex, RJ, 2002.
- **LYRA-JORGE, M.C.** Avaliação de qualidade de fragmentos de cerrado e floresta semidecídua na região da bacia do rio Mogi-Guaçu com base na ocorrência de carnívoros. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual de São Paulo, 125p., 2008.
- **MENDONÇA, P.V.E.** Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. In: CONGRESSO LUSO-ESPANHOL PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS, 24., 1958, Madrid, Acta, Madrid, 1958. p.415-425.
- **MINAS GERAIS** (Estado). 1999. Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?co1=e&d=NJMG&p=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama\\_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&l=20&r=1&f=G&s1=LEI%2013199%201999.NORM.&SECT8=SOTEXTO](http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?co1=e&d=NJMG&p=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&l=20&r=1&f=G&s1=LEI%2013199%201999.NORM.&SECT8=SOTEXTO)>. Acesso em: 06 de julho de 2009.
- **Ministério da Saúde.** 2009. Caderno de Informações da Saúde de Minas Gerais. Secretaria Executiva do Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/mg.htm>>. Acesso em: 03 de julho de 2009.
- **MMA** (Ministério do Meio Ambiente). INSTRUÇÃO NORMATIVA No 6, DE 23 DE SETEMBRO DE 2008. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008033615.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf). Acesso em 02 de maio de 2009.
- **Moreira, M. A. A.; Lorandi, R.; Moraes, M. E. B.** Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no Município de Descalvado (SP), na escala 1:50.000. Revista Brasileira de Cartografia n° 60, v. 02, 2008. p. 177-194.

- **NIMER, E., 1989:** Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ; 421 p.
- **Oliveira, J. B.** Pedologia Aplicada. Editora FEALQ, ed. 3ª, 2008. 574 p.
- **Oliveira, J. B.** Pedologia Aplicada. Editora FEALQ, ed. 3ª, 2008. 574 p.
- **Oliveira-Filho, A. T.** Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Editora Lavras, UFLA, 2006.
- **ONS** (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Evaporações Líquidas nas Usinas Hidrelétricas, 2004. Disponível em [http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/rel\\_evapora%C3%A7%C3%A3o\\_08\\_02\\_2006.pdf](http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/rel_evapora%C3%A7%C3%A3o_08_02_2006.pdf). Acessado em 23 de Abril de 2009.
- **PEDRO JR., M. J.; MELLO, M. H. A.; ORTOLANI, A. et al.** Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo. Campinas. Instituto Agrônomo, 11 p., 1991 (Boletim Técnico n. 142).
- **PENMAN, H. L.** Evaporation : an Introductory Survey. Neth. J. Agric. Sci, n. 4, p.9-29. 1956.
- **PERFIL DO AGRONEGOCIO MINEIRO:** Secretária de Estado Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- **Peternel, R.; Trouw, R. A. J.; Schmitt, R. S.** Interferência entre duas faixas móveis Neoproterozóicas: O caso das Faixas Brasília e Ribeira no Sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências. n°.35, Vol. 3, 2005. p. 297-310.
- **Peternel, R.; Trouw, R. A. J.; Schmitt, R. S.** Interferência entre duas faixas móveis Neoproterozóicas: O caso das Faixas Brasília e Ribeira no Sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências. n°.35, Vol. 3, 2005. p. 297-310.
- **Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G.(Org.)**. Águas doces no Brasil.1ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. p. 338.
- **Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G.(Org.)**. Águas doces no Brasil.1ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. p. 338.

- **Ribeiro A., Andreis R.R., Trouw R.A.J., PACIULLO F.V.P., Valença J.G.** 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. Rev.Bras. Geoc., 25:235-248.
- **Ribeiro A., Andreis R.R., Trouw R.A.J., PACIULLO F.V.P., Valença J.G.** 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. Rev.Bras. Geoc., 25:235-248
- **Roig, H. L.** Caracterização da “Zona de Sutura” Jucuí-Conceição da Aparecida, MG- Limite Norte do Cinturão Alto Rio Grande: Implicações geotectônicas e metalogenéticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 1993. p. 161.
- **Roig, H. L.** Caracterização da “Zona de Sutura” Jucuí-Conceição da Aparecida, MG- Limite Norte do Cinturão Alto Rio Grande: Implicações geotectônicas e metalogenéticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 1993. p. 161.
- **ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V.** Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- **Royal Botanic Gardens, KEW** (2002). Electronic Plant Information Centre. Disponível em <http://epic.kew.org/epic>. Acesso em 25 abril 2009.
- **SBH**, Sociedade Brasileira de Herpetologia, 2009. *Brazilian amphibians – List of species*. Disponível em <http://www.sbherpetologia.org.br/>. Acesso em 14/ mai/ 09.
- **Scolforo, J. R. & Carvalho, L. M. T.** Mapeamento e Inventário da Flora nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA. 288 p.il., 2006.
- **SIAGAS** (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow>. Acessado em 10 de Março de 2009.
- **SIAGAS** (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow>. Acessado em 10 de Março de 2009.
- **Silva, C. R.** Folha SF.23 Rio de Janeiro. Mapa Geodiversidade do Brasil – 1:2.500.000. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Rio de Janeiro: CPRM, 2008.
- **Silva, C. R.,** Folha SF.23 Rio de Janeiro. Mapa Geodiversidade do Brasil – 1:2.500.000. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

- **Silva, J. A.**, Análise dos Impactos Ambientais de Geração Hidrelétrica: Estudo de Caso da Usina Hidrelétrica Três Irmãos, SP. Dissertação de Mestrado, Núcleo de Estudos – Instituto de Recursos Naturais, Pós Graduação em Ciências da Engenharia da Energia. Universidade Federal de Itajubá, 2006 - 136 P.
- **SNIS**, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2008. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>> Acesso em julho de 2009.
- **SNIS**, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2008. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>> Acesso em julho de 2009.
- **SPECIESLINKS - Coleção de Anfíbios** in **DZSJR-*Amphibia-adults***, Departamento de Zoologia e Botânica, São José do Rio Preto – SP, 2009. Disponível em [http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=DZSJR-\*Amphibia-adults\*&setlang=pt](http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=DZSJR-<i>Amphibia-adults</i>&setlang=pt). Acesso em 05/ mai/ 09.
- **SPECIESLINKS - Coleção de Peixes do Museu de Zoologia da USP (MZUSP)**, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2009. Disponível em <http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=MZUSP&setlang=pt>. Acesso em 05/ mai/ 09.
- **SPECIESLINKS - Coleção Ictiológica do Nupélia (NUP)**, Maringá/PR, 2009. Disponível em <http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=NUP&setlang=pt>. Acesso em 05/ mai/ 09.
- **TANURE E. L.** Estudo das águas nos balneários no lago do reservatório de Furnas: UNIFENAS, Alfenas, 2007.
- **Tanure, E.L.**, Estudo das águas nos balneários no lago do Reservatório de Furnas, UNIFENAS, 2007.
- **THORNTHWAITE, C. W.** An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev., 38: 55-94, 1948.
- **THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R.** The water balance. Centerton, H. J. Laboratory of, 1955. 104p. (publications in Climatology, vol. 8 nº 1.
- **UNIFENAS**, Laboratório de Pesquisas Ambientais de Recursos Hídricos, Projeto Furnas Fase III – Monitoramento Metais, Resíduos Agrotóxicos e Cargas Poluidoras, 2003.
- **Vianello, R. L.; Aalves, A. R.** Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 448p. 1991.

- **Vianello, R. L.; Aalves, A. R.** Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 448p. 1991.
- **Wilson, D. E., Reeder, D. M.,** Mammal Species of the World – A Taxonomic and Geographic Reference, 3ª edição, JHU Press, 2005. Disponível em <http://books.google.com.br/books?id=JgAMbNSt8ikC&printsec=frontcover&dq=mammal+of+species+of+the+world#PPR7,M1>. Acesso em 15/ mai/ 09.
- **ZUEC-AMP.** Coleção de Anfíbios do Museu de Zoologia da UNICAMP, Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Campinas/ SP, 2009. Disponível em <http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=ZUEC-AMP&setlang=pt>. Acesso em 05/ mai/ 09.
- **ZUEC-AVE.** Coleção de Aves do Museu de Zoologia da UNICAMP , Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Campinas/ SP, 2009. Disponível em <http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=ZUEC-AVE&setlang=pt>. Acesso em 05/ mai/ 09.
- **ZUEC-REP.** Coleção de Répteis do Museu de Zoologia da UNICAMP Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Campinas/ SP, 2009. Disponível em <http://smlink.cria.org.br/manager/detail?resource=ZUEC-REP&setlang=pt>. Acesso em 05/ mai/ 09. Cria, 2009. Disponível em <http://names.cria.org.br>. Acesso em 15/ mai/ 09