

Figura 29 - Distribuição das outorgas subterrâneas concedidas pelo IGAM.

**Tabela 17 - Evolução temporal das outorgas do IGAM para água subterrânea.**

ANO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	ACUMULADO	ABSOLUTO	ACUMULADO
2002	1	1	0,31	0,31
2003	2	3	1,28	1,59
2004	23	26	127,53	129,12
2005	10	36	81,18	210,30
2006	3	39	7,60	217,90
2007	1	40	6,10	224,00
2008	5	45	63,74	287,74

Como pode ser observado, tanto o número de outorgas como a vazão destas foi muito baixo nos anos de 2002 e 2003, contrastando fortemente com o ano de 2004, onde foram concedidas cerca de 50% das outorgas da Unidade de Gestão GD6 até o ano de 2008. O ano de 2005 ainda teve uma relativa representatividade com 22%, seguido de queda nos anos seguintes e pequeno aumento em 2008.

No que tange à vazão outorgada, mantém-se a tendência apresentada pelo número de outorgas, mas com aumento da representatividade dos anos de 2005 e 2008. A Tabela 18 apresenta o número de outorgas concedidas e as respectivas vazões distribuídas por município.

**Tabela 18 - Distribuição das outorgas do IGAM de água subterrânea por município.**

MUNICÍPIOS	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM (%)	ABSOLUTO	PORCENTAGEM (%)
Andradas	8	17,78	79,54	27,64
Arceburgo	3	6,67	1,70	0,59
Bandeira do Sul	3	6,67	6,65	2,31
Caldas	4	8,89	13,50	4,69
Guaranésia	4	8,89	8,32	2,89
Monte Sião	1	2,22	7,20	2,5
Munhoz	1	2,22	0,31	0,11
Ouro Fino	1	2,22	6,00	2,09
Poços de Caldas	17	37,78	155,44	54,02
Santa Rita de Caldas	2	4,44	8,00	2,78
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	<b>287,74</b>	<b>100</b>

Analisando a distribuição por município do número de outorgas concedidas, percebe-se que é em Poços de Caldas que se concentra a maior parcela das outorgas, cerca de 38%. Em seguida vem Andradas com aproximadamente 18%. Os demais possuem baixa

representatividade. Vale ressaltar que pouco mais de 50% da vazão outorgada corresponde às outorgas dos empreendimentos localizados no município de Poços de Caldas

## 6.2. Banco de Dados do CNARH

No caso do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH estabeleceu-se a relação de outorgas deferidas até janeiro de 2008. No total, foram concedidas 18 outorgas para uso de recursos hídricos. A Figura 30 mostra a distribuição das referidas outorgas na Unidade de Gestão GD6. O tamanho de cada círculo é relativo ao valor de vazão outorgado. A Tabela 19 apresenta o número de outorgas e a vazão total outorgada para cada tipo de uso da água na bacia solicitado. A mineração é a atividade que possui a maior quantidade de outorgas, assim como a maior vazão outorgada na bacia, segundo dados do CNARH. Comparativamente aos dados obtidos junto ao IGAM, evidenciam-se disparidades entre as duas fontes, pois neste último há uma maior quantidade de dados de outorgas e, portanto, mais informações acerca da bacia.

Em relação ao número de outorgas e sua distribuição dentre os tipos de uso na Unidade de Gestão GD6, fica evidente que o principal uso em número de outorgas é a mineração, visto que esta possui cerca de 60% das outorgas. No entanto, percebe-se que, apesar de possuir um número muito menor de outorgas, a irrigação se equipara à mineração em relação à vazão destinada às suas outorgas com cerca de 40% da vazão outorgada para cada um dos dois usos.

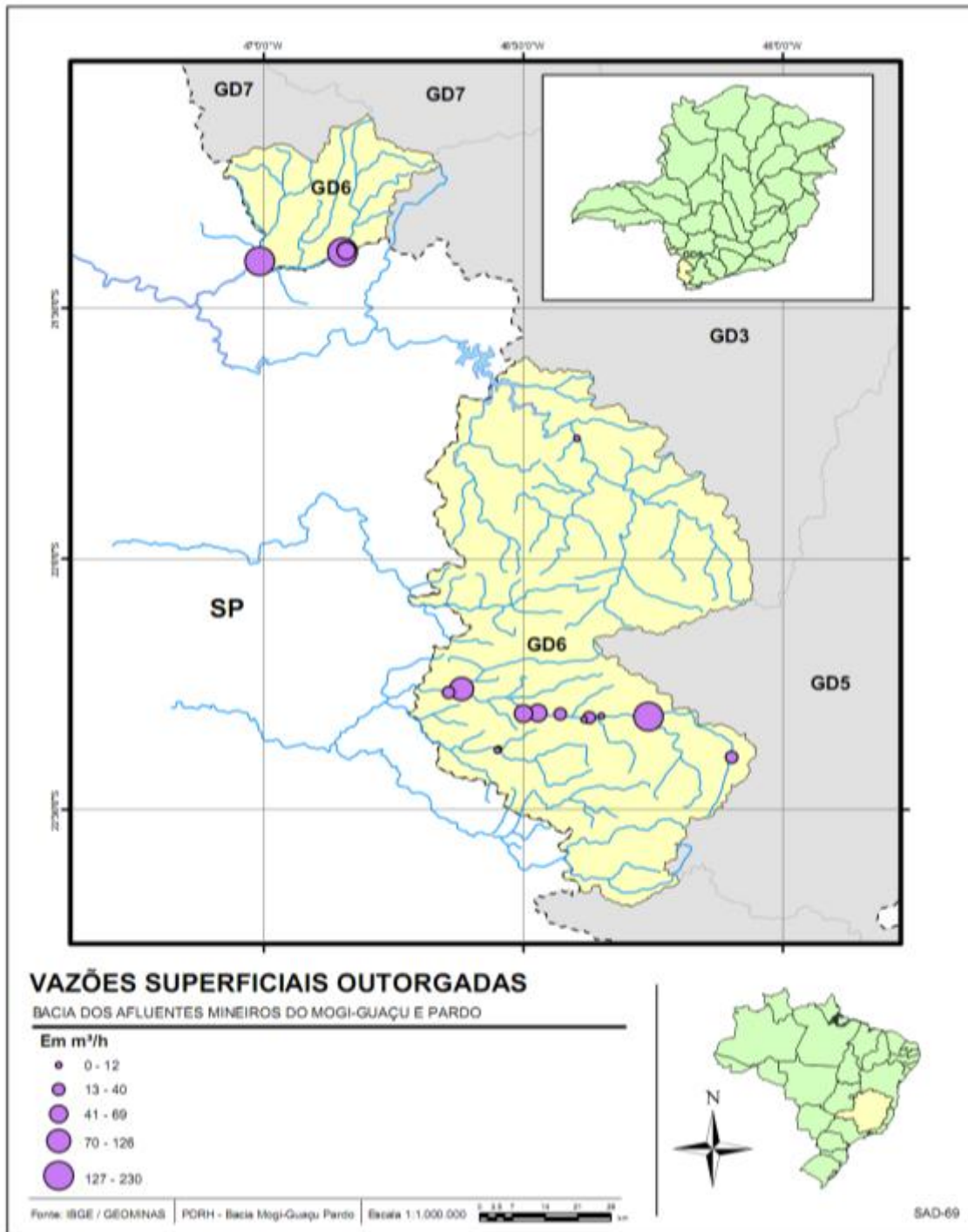


Figura 30 - Distribuição das outorgas do CNARH na Unidade de Gestão GD6.

**Tabela 19 - Número de outorgas do CNARH por uso e vazão outorgada.**

USO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Abastecimento Público	2	11,11	149	15,02
Indústria	1	5,56	40	4,03
Irrigação	4	22,22	399	40,22
Mineração	11	61,11	404	40,73

A Tabela 20 apresenta a evolução temporal do número de outorgas e da vazão outorgada. Merece destaque o ano de 2002 que, apesar de ter um número muito reduzido de outorgas se comparado a 2006, possui praticamente a mesma vazão outorgada deste último. Isso permite inferir que em 2002 foi focada a regulamentação de empreendimentos de grande impacto sobre os recursos hídricos. Em 2006, ano contrário, focaram-se os diversos pequenos empreendimentos que no montante geram impacto representativo.

**Tabela 20 - Evolução dos usos outorgados pelo CNARH.**

ANO	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	
	ABSOLUTO	ACUMULADO	ABSOLUTO	ACUMULADO
2002	3	3	265	265
2003	1	4	134	399
2004	1	5	23	422
2005	2	7	166	588
2006	8	15	281	869
2007	3	18	123	992

A Tabela 21 apresenta o número de outorgas concedidas e as respectivas vazões distribuídas por município. O município de Ouro Fino apresenta o maior número de outorgas na bacia e o município de Guaranésia apresenta as maiores vazões outorgadas.

**Tabela 21 - Distribuição das outorgas do CNARH para água superficial por município.**

MUNICÍPIOS	NÚMERO DE OUTORGAS		VAZÃO (m <sup>3</sup> /ano)	
	ABSOLUTO	PORCENTAGEM	ABSOLUTO	PORCENTAGEM
Arceburgo	1	5,56	134	13,52
Caldas	1	5,56	8	0,81
Guaranésia	3	16,67	265	26,73
Inconfidentes	2	11,11	233	23,45
Jacutinga	2	11,11	166	16,73
Monte Sião	3	16,67	15	1,51
Ouro Fino	5	27,78	148	14,92
Tocos do Moji	1	5,56	23	2,32
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>992</b>	<b>100</b>

### **6.3. Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos**

O conhecimento dos usos múltiplos é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos, possibilitando assim a identificação de conflitos potenciais. Conforme diagnóstico, constata-se que a bacia hidrográfica dos afluentes mineiros do Mogi-Guaçu e Pardo é caracterizada pelos seguintes tipos de usos dos recursos hídricos: abastecimento de água e diluição de efluentes, irrigação, pecuária, mineral, geração de energia, proteção da comunidade aquática, pesca e aquicultura.

#### **6.3.1. Abastecimento de Água e Diluição de Efluentes**

O abastecimento de água nas áreas urbanas da região do Mogi - Pardo abrange cerca de 90% dos domicílios, e a porcentagem da população residente com instalações adequadas de esgoto se elevou de 66% para 73% entre 1998 e 2003. Sendo assim, é necessária a intensificação da ampliação da rede de esgotos, da implementação de Estações de Tratamento de Esgotos e dos serviços de abastecimento de água.

O abastecimento é o uso de água mais relevante da bacia. Deste modo, há de se implementar, por parte das concessionárias, a gestão dos serviços de abastecimento de água em relação ao controle de perdas, e a gestão de renda suficiente para permitir sua administração, garantindo um serviço eficiente.

A utilização da água para diluição de efluentes afeta diretamente a qualidade das águas, visto que provoca um aumento da poluição orgânica, física, química e bacteriológica dos corpos hídricos receptores, limitando o uso das águas para outras finalidades, ou seja, comprometendo o aproveitamento dos recursos hídricos para usos múltiplos.

#### **6.3.2. Irrigação**

A irrigação consome cerca de 20,7% da vazão superficial total outorgada na bacia e 8,95% da vazão subterrânea total outorgada. É a atividade responsável pela utilização de maior volume de insumos agrícolas - fertilizantes e pesticidas - e pela intensificação do potencial de erodibilidade, causando a degradação dos solos e graves problemas aos cursos d'água. Assim, faz-se necessária a inicialização de um processo de controle e educação ambiental para adequação das técnicas de produção utilizadas na irrigação.

### **6.3.3. Pecuária**

O uso da água na atividade pecuária está relacionado a dessedentação de animais e se destaca como responsável por uma significativa parcela de renda gerada na bacia Cabe salientar que o abastecimento humano e animal possuem prioridade sobre qualquer tipo de uso, havendo, portanto, a necessidade de fomentar o uso racional da água na bacia.

### **6.3.4. Mineral**

A atividade de mineração é altamente geradora de impactos sérios sobre o meio ambiente, afetando a cobertura vegetal e a fauna e produzindo rejeitos, os subprodutos descartados da escavação. Tal atividade também leva a sérios impactos sobre as águas na região em que ela se desenvolve, levando a modificações em relação à sua disponibilidade e também à sua qualidade, devido às substâncias químicas utilizadas no processo de exploração e ao carregamento de sólidos em suspensão.

### **6.3.5. Proteção da comunidade aquática**

A água destinada à preservação da fauna e flora é um uso relevante para garantir manutenção do equilíbrio ecológico do meio aquático. Segundo a Deliberação Normativa COPAM n.º 10/86, que classifica as águas e define seus usos, as Classes especiais, 1 e 2 são destinadas a esta finalidade.

A proteção e preservação da comunidade aquática estão relacionadas à definição da vazão ecológica na Bacia dos Afluentes Mineiros do Mogi-Guaçu e Pardo. Para a determinação da vazão ecológica, este Plano realizará estudos por diferentes métodos em sua próxima fase, avaliando, assim o mais adequado para esta bacia.

### **6.3.6. Industrial**

A atividade industrial é um dos usos mais relevantes, sendo a segunda maior vazão outorgada na bacia. A maioria das unidades produtivas do setor secundário na bacia do Mogi - Pardo, englobando a indústria extrativa mineral, a indústria de transformação, os serviços industriais de utilidade pública e a indústria de construção civil.

### 6.3.7. Pesca e Aquicultura

Para esta atividade existe apenas a exploração de águas superficiais, sendo que o número de outorgas deferidas é 5 (cinco), que equivale a aproximadamente 9% do total de outorgas deferidas, com uma vazão absoluta de 7,26 m<sup>3</sup>/h representando a ínfima percentagem de 0,18% da vazão total.

### 6.3.8. Geração de energia

A geração de energia é fundamental como um dos usos múltiplos para o crescimento econômico da região. A produção e distribuição de eletricidade, água e gás apresentou no estado de Minas Gerais um crescimento de 1,1%, em 2007. O consumo total do mercado CEMIG cresceu 0,4%, enquanto a geração de Furnas mostrou uma queda de 1,4%.

Nos municípios da bacia do Mogi - Pardo a CEMIG é a concessionária que atende a maioria dos municípios, cerca de 70%. O setor industrial aparece como maior consumidor de energia elétrica da região correspondente a 51,3% da energia consumida na bacia, seguido do setor residencial, com 23,5%. No município de Poços de Caldas estão localizadas cinco usinas geradoras de energia, com potência instalada total de aproximadamente 27 MW.

- **Usina Hidrelétrica Engenheiro Pedro Affonso Junqueira (Antas I)**

Antas I, assim conhecida, foi a primeira usina construída em Poços de Caldas. Possui seis geradores de energia, alguns com mais de cem anos de fabricação e em perfeito funcionamento. Atualmente, o DME (Departamento Municipal de Eletricidade) está concluindo a reforma e ampliação da usina, implantando mais uma unidade hidrogeradora. Esta ampliação visa o aumento na produção de energia elétrica, ampliando a capacidade instalada para 8,8 MW.

- **Pequena Central Hidrelétrica Ubirajara Machado de Moraes (Véu das Noivas)**

Conhecida como Véu das Noivas por se localizar na cascata Véu das Noivas no Rio das Antas, esta usina foi construída na década de 80 em função da necessidade de aumentar a produção de energia na região. Juntamente com a construção da central, foi elaborado um Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas pela Eletrobrás, tendo como modelo a PCH Ubirajara Machado de Moraes.



- **Minicentral Hidrelétrica José Togni (Bortolan)**

Esta usina, também construída na década de 80, obteve reconhecimento internacional por se tornar a primeira central brasileira a utilizar turbina Bulbo “S” de dupla regulação. É uma hidrelétrica que apresenta grande simplicidade de operação e manutenção e assegura elevados rendimentos, gerando maior potência com menos água em toda faixa de operação.

- **Usina Hidrelétrica Walther Rossi (Antas II)**

A Usina Hidrelétrica de Walther Rossi, conhecida como Antas II se destaca por ser a hidrelétrica brasileira que possui a menor área inundada por KW instalado no Brasil. É a maior hidrelétrica da cidade de Poços de Caldas com 16,5 MW de potência total instalada e que, quando inaugurada em 1998, quase triplicou o fornecimento de energia no município.

- **Usina Hidrelétrica Padre Carlos (Usina do Rolador)**

A Usina Hidrelétrica Padre Carlos, conhecida como Usina do Rolador está localizada nas margens do Rio Lambari no município de Poços de Caldas, tem capacidade para produzir 7,8 MW e foi inaugurada em 2004. A usina opera com três turbinas hidráulicas Francis Horizontal Dupla de 2,6 MW de potência.

- **Usina Hidrelétrica de Caconde**

Teve suas obras iniciadas em 1958 e era conhecida como Usina Graminha, mas em 1996 foi nomeada Usina Caconde em homenagem a cidade de Caconde. A usina possui uma potência instalada de 80,40 MW e está localizada no estado de São Paulo, porém, parte do reservatório encontra-se no estado de Minas Gerais, mais especificamente, na Unidade de Gestão GD6.

- **Usina Hidrelétrica de Jacutinga**

A Usina Hidrelétrica de Jacutinga está localizada na cidade de Jacutinga Minas Gerais e sua barragem, que está localizada no rio Mogi-Guaçu, possui altura máxima de 8m e comprimento total de 100m. A empresa que detém a concessão é a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e a potência instalada na usina é de 0,72 MW, fornecida por apenas uma unidade geradora.

### 6.3.9. Reservatórios

A região de Poços de Caldas apresenta três represas que, juntas, armazenam um volume total de aproximadamente 40 milhões m<sup>3</sup> de água. São de suma importância para a região e desempenham diversas finalidades/usos múltiplos, tais como, turismo, regularização, controle de enchentes, captação, entre outros.

- **Represa Saturnino de Brito**

Primeiro barramento de controle de enchentes construído e operado no Brasil (Figura 31). Foi inaugurada em 1936 com capacidade de armazenamento de 246680m<sup>3</sup> de água, que é utilizada como abastecimento de água para a população de Poços de Caldas.



Figura 31 - Represa Saturnino de Brito (Fonte: Google Earth ).

- **Represa Bortolan**

Inaugurada em 1956 com capacidade para armazenar um volume aproximado de sete milhões m<sup>3</sup> de água. É a principal represa (Figura 32) do município de Poços de Caldas e um dos pontos turísticos mais visitados.

- **Represa Lindolpho Pio da Silva Dias (Barragem do Cipó)**

Represa do Cipó (Figura 33), como ficou conhecida, fica localizada junto ao ribeirão do Cipó/rio das Antas/rio Pardo, afluentes do rio Grande. Foi inaugurada em 1999 com a

finalidade de regularizar a vazão do rio das Antas, bem como a captação de água para tratamento. É uma obra do Departamento Municipal de Eletricidade (DME) de Poços de Caldas, que obedece a todas as exigências dos órgãos de controle ambiental, onde, ao longo da represa, foram plantadas 70 mil árvores. É também a maior e mais nova represa da cidade de Poços de Caldas com capacidade aproximada de 32 milhões de metros cúbicos de água.



Figura 32 - Represa Bortolan (Fonte: Google Earth ).

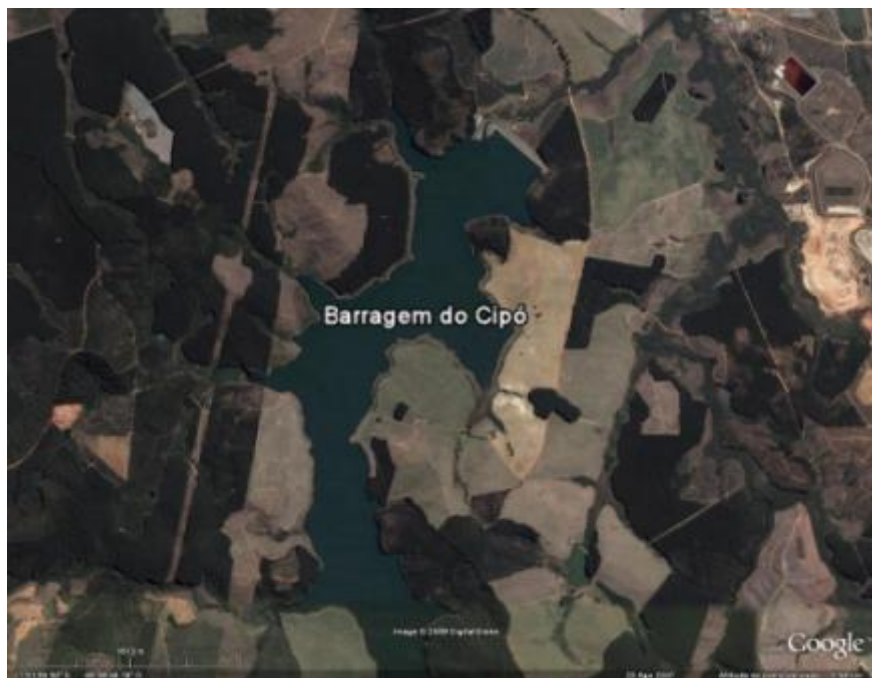


Figura 33 - Barragem do Cipó (Fonte: Google Earth ).

## 7. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

### 7.1. Regionalização de Vazões

#### 7.1.1. Conceitos Básicos

Usualmente os dados hidrológicos são registrados a partir de medições em locais definidos, como um pluviômetro numa bacia, ou um posto fluviométrico na seção de um rio. A rede hidrológica destes postos dificilmente cobre todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região. Provavelmente existirão lacunas temporais e espaciais que necessitam ser preenchidas com base em metodologias mais robustas. Por este motivo, comumente em estudos, faz-se a regionalização dos dados.

O termo *regionalização* tem sido utilizado em hidrologia para denominar a *transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante*. De maneira geral, a regionalização envolve as seguintes etapas:

1. Definição dos limites da área a ser estudada;
2. Definição das variáveis dependentes e explicativas da regionalização;
3. Seleção dos dados das variáveis;
4. Construção de funções regionais: relações regionais e definição das regiões homogêneas;

Por sua vez, a regionalização de uma função ou variável é estabelecida através de um dos critérios seguintes:

- Estabelecimento da relação empírica entre valores da função e características conhecidas espacialmente do sistema hidrológico;
- Estabelecimento da função com base nos valores do item anterior ou de relações adimensionais.

A delimitação dos limites é realizada de acordo com as características estatísticas da função em análise e dos condicionantes físicos de comportamento. Algumas das principais

funções hidrológicas utilizadas em recursos hídricos são: curva de probabilidade de vazões máximas e mínimas, curva de permanência e curva de regularização.

### **7.1.2. Regionalização de Vazões Mínimas**

Dentro da série histórica de vazões, os menores valores da série, ou as vazões que não atendem às necessidades da demanda são denominadas mínimas ou de estiagem. As vazões mínimas que ocorrem em época de estiagem são utilizadas nestes estudos dentro de uma das seguintes finalidades: análise, projeto, previsão ou estimativa, regulamentação legal, operação e planejamento.

As características do escoamento de vazão mínima são dependentes da topografia, geologia, clima e uso da terra, sendo difícil apenas um destes fatores explicar a sua variabilidade. A partir destes conceitos, a metodologia de regionalização utilizada neste trabalho é dividida em duas etapas:

- (a) construção da curva adimensional de probabilidades  $e$ ;
- (b) determinação da equação de regressão com a vazão de adimensionalização.

O procedimento consiste no seguinte:

1. Escolha das  $m$  durações que serão utilizadas;
2. Determinação dos valores da série de vazões diárias, gerando  $Q(d,a)$ , vazão de duração  $d$  para o ano  $a$ ;
3. Determinação das curvas individuais de probabilidade de vazões mínimas;
4. Equação de regressão;
5. Regiões homogêneas;

## **7.2. Seleção dos Dados**

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 GD6. No início do estudo foi realizada uma pesquisa para a obtenção de todos os Postos fluviométricos localizados dentro das áreas de influência da Unidade de Gestão GD6 (Tabela 22).

**Tabela 22 - Postos Fluviométricos na área de influência da Unidade de Gestão GD6.**

<b>NOME</b>	<b>RESPONSÁVEL</b>	<b>CÓDIGO</b>
Congonhal	ANA	61389000
Usina Congonhal	ANA	61463000
Cachoeira Poço Fundo	ANA	61565000
Fazenda do Porto	ANA	61585000
Usina Muzambinho	ANA	61605000
Fazenda Carvalhais	ANA	61770000
Beira de Santa Rita	ANA	61800500
Granja Bela Vista	ANA	61801500
Cachoeira do Carmo	ANA	61802500
Alcominas	ANA	61803000
Barreira Fiscal	ANA	61805000
Usina Poços de Caldas	ANA	61807000
Vila Cruz	ANA	61807300
Córrego D'antas	ANA	61807400
Guaxupé	ANA	61815000
Usina Guaranésia	ANA	61824000
Usina Santa Teresa	ANA	61860000
Inconfidentes	ANA	61861000
Ponte Preta	ANA	61864000
Jacutinga	ANA	61865000
Usina Ouro Fino	ANA	61868000
Lindóia	ANA	61879000
São João da Boa Vista	ANA	61895000
Abaixo Cascata das Antas	AES	61807002
Abaixo Caconde	AES	61812000
Cachoeira do Carmo	AES	61802502
Abaixo Cascata das Antas	AES	61807001
Sítio Marangone	AES	61874000
Duas Pontes	AES	61880000
Cascata	CEMIG	61807080
UHE Jacutinga	CEMIG	61873600
Bom Jesus - BJE	CESP	61811000
Carrapatos - Jusante - CJS	CESP	61814000
Sítio Cachoeira Boa Vista - SCV	CESP	61816000
Sítio São Gabriel	CESP	61869100
Sítio São Gabriel	CESP	61869100
Rio Mogi-guaçu	CETESB	61869150
PCH São Sebastião Jusante	CLFC	61823000
UHE Eloy Chaves - Jusante	CPFL	61872000
PCH Antas I (DME)	DMEPC	61806080
PCH Rolador	DMEPC	61808000
Ribeirão das Antas (jus. Poços de Caldas)	IGAM	61807001

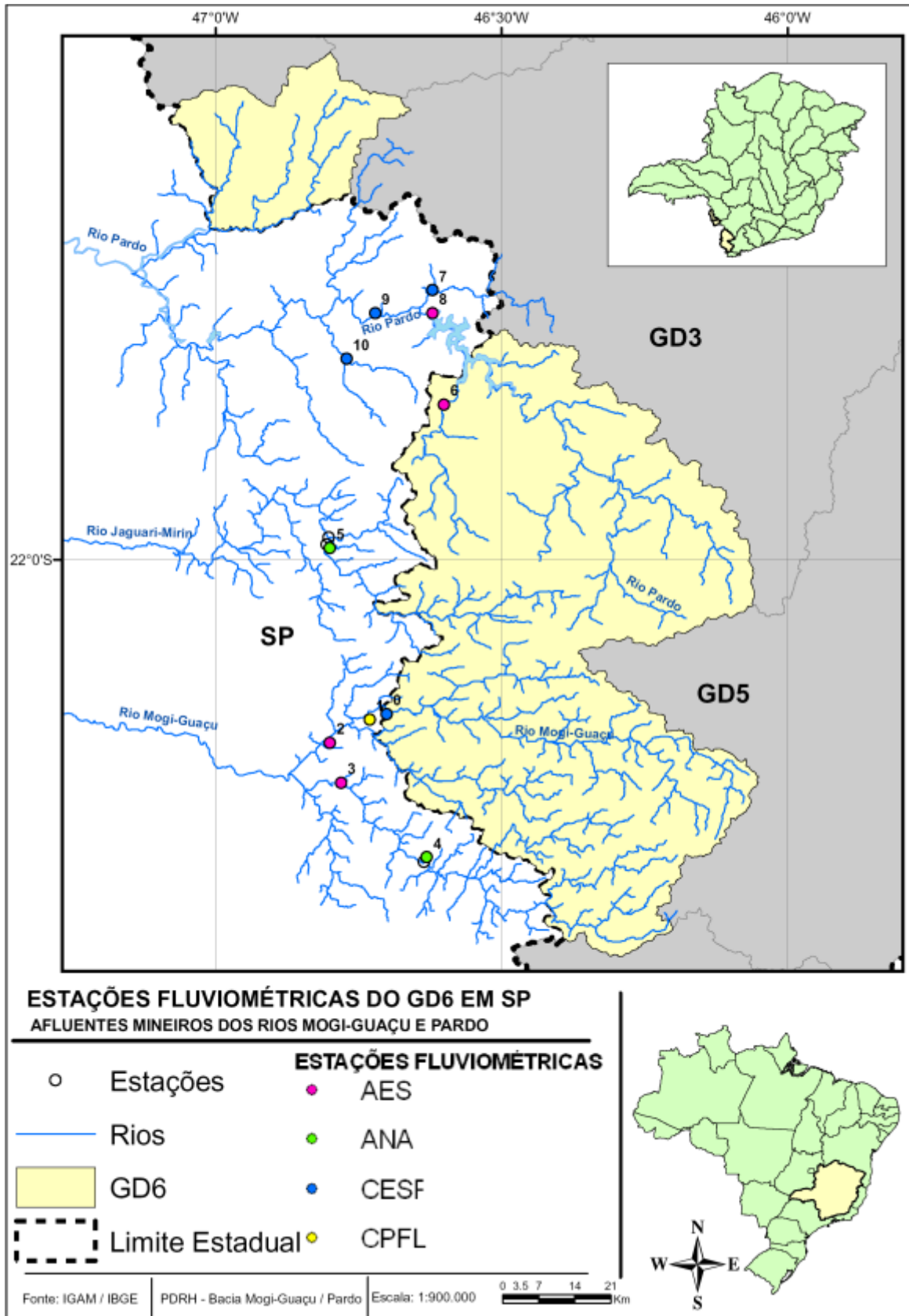


Figura 34 - Estações Fluviométricas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, no estado de São Paulo.



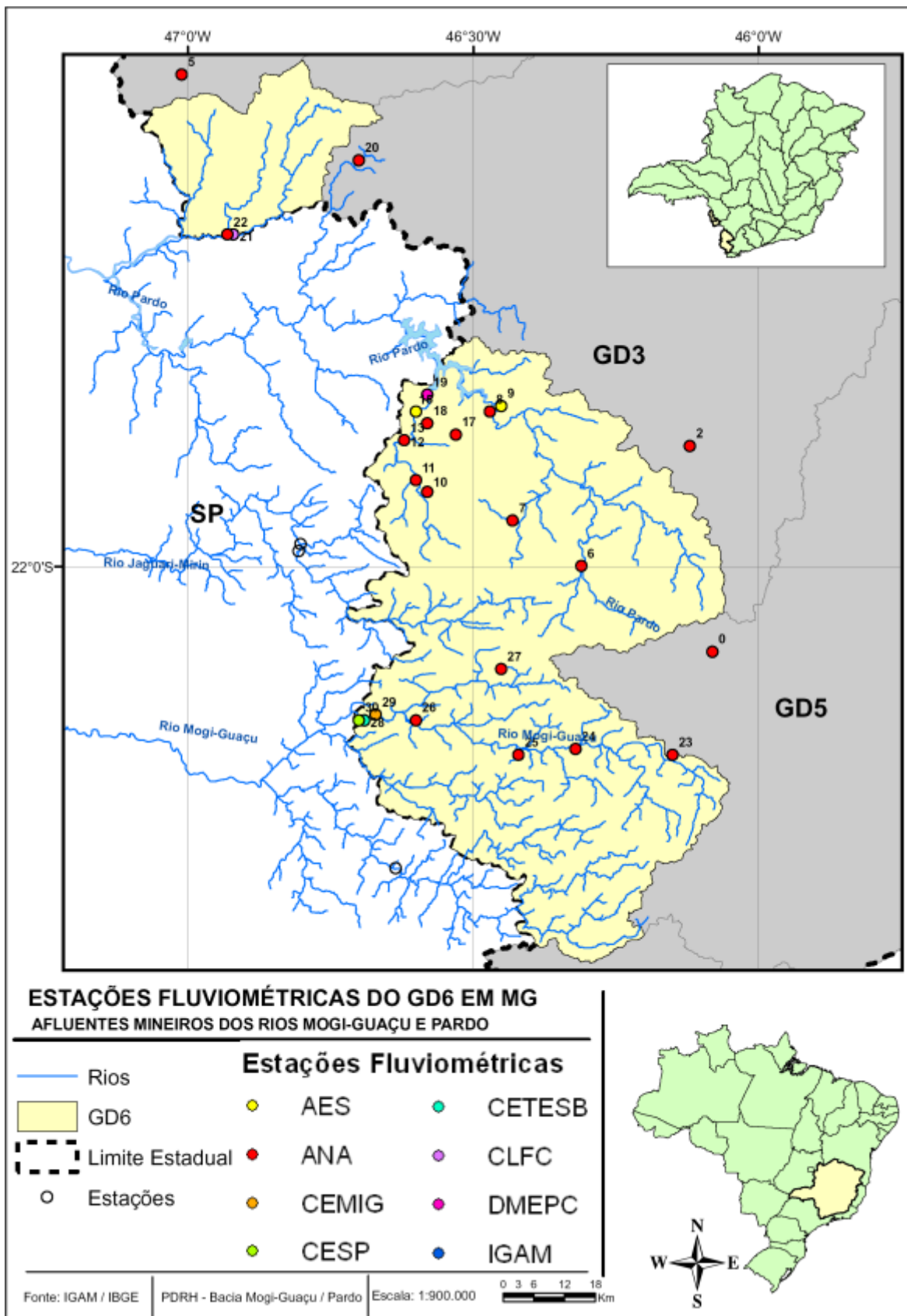


Figura 35 - Estações localizadas no estado de Minas Gerais.

Após a análise dos dados registrados nestes postos concluiu-se que muitos não possuíam a quantidade de informações necessárias para o estudo em questão. Desta forma, os seguintes critérios foram usados para a seleção dos postos utilizados neste estudo, os quais estão listados na Tabela 23 e cuja localização está ilustrada na Figura 36:

- 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.

**Tabela 23 - Postos selecionados na Unidade de Gestão GD6.**

NOME - MG	CÓDIGO
Fazenda Carvalhais	61770000
Beira de Santa Rita	61800500
Guaxupé	61815000
Inconfidentes	61861000
Jacutinga	61865000
Lindóia	61879000
São João da Boa Vista	61895000

Obtidos os mapas de relevo, declividade, e pluviosidade de toda a região da Unidade de Gestão GD6, foram gerados mapas das bacias referentes às estações fluviométricas selecionadas a partir do georreferenciamento dos postos. A área de drenagem estimada para os respectivos postos aproximaram-se dos valores apresentados no banco de dados HIDROWEB, conforme a Tabela 24, o que confirma os cálculos.

**Tabela 24 - Comparação dos valores de áreas de drenagem dos pontos selecionados.**

NOME - MG	ÁREA DE DRENAGEM CALCULADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA DE DRENAGEM ANA (km <sup>2</sup> )
Fazenda Carvalhais	224,8	227,0
Beira de Santa Rita	358,5	356,0
Guaxupé	75,0	73,0
Inconfidentes	461,4	462,0
Jacutinga	914,3	918,0
Lindóia	1169,1	1115,0
São João da Boa Vista	622,8	619,0

Utilizando os mapas gerados foi possível ainda obter os dados referentes ao comprimento do maior rio, declividade média (%), declividade média do rio principal (m/m), e precipitação média para cada uma das bacias referentes às estações fluviométricas escolhidas. A Tabela 25 apresenta os resultados finais.

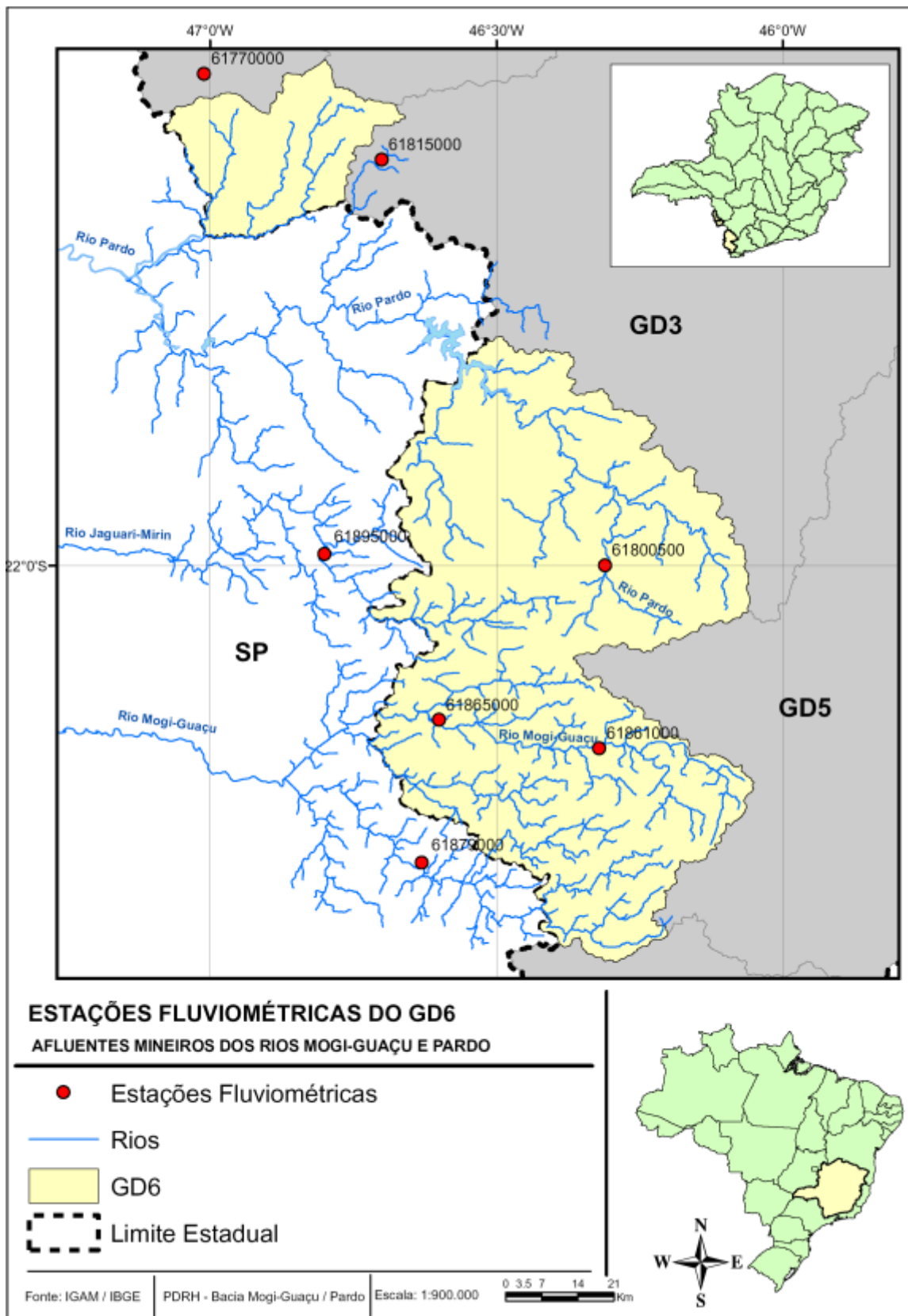


Figura 36 - Postos Fluviométricos selecionados na Unidade de Gestão GD6.

**Tabela 25 - Dados principais obtidos dos postos fluviométricos selecionados.**

NOME DO POSTO RESPONSÁVEL - CÓDIGO	COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL (Km)	DECLIVIDADE DO RIO PRINCIPAL (m/m)	DECLIVIDADE MÉDIA (%)	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s)	PLUVIOSIDADE MÉDIA (mm)	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	PERÍODO DE DADOS
Fazenda Carvalhais ANA - 61770000	27,72	0,00484	12,82	227	4,2526	1595	-21:8:7	-46:0:45	01/1946 - 09/2006
Beira de Santa Rita ANA - 61800500	23,04	0,00517	24,34	356	8,0364	1560	-21:0:11	-46:18:20	07/1937 - 09/2006
Guaxupé ANA - 61815000	9,52	0,01513	24,41	73	1,3464	1521	-21:17:39	-46:42:15	08/1966 - 09/2006
Inconfidentes ANA - 61861000	47,16	0,00912	24,97	462	10,345	1465	-21:19:6	-46:19:19	07/1966 - 09/2006
Jacutinga ANA - 61865000	84,82	0,00547	22,80	918	18,578	1482	-21:16:12	-46:36:15	11/1966 - 09/2006
Lindóia ANA - 61879000	71,47	0,01119	21,70	1115	23,798	1507	-22:31:21	-46:36:51	07/1966 - 01/2007
São João da Boa Vista ANA - 61895000	68,98	0,00397	15,28	619	12,11	1644	-21:58:45	-46:48:25	04/1944 - 12/2007

### **7.3. Determinação da Vazão Mínima de Referência com base em Séries observadas – POSTOS FLUVIOMÉTRICOS**

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 outorgas de uso da água. O procedimento para determinação dessa vazão a partir de séries observadas é 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. 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);
5. Obtida a série de valores mínimos, ordenar os valores em ordem crescente;
6. Calcular a probabilidade acumulada e o tempo de retorno para cada valor da série de mínimos, ou seja, a distribuição empírica;
7. Plotar o gráfico de vazão por tempo de retorno;
8. 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.

De acordo com o procedimento citado acima, 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 26 resume os valores mínimos anuais da média de sete dias encontrados para cada ano.

**Tabela 26 - Vazões mínimas anuais da vazão média de sete dias para os postos fluviométricos selecionados.**

ANO	CÓDIGO DO POSTO						
	61770000	61800500	61815000	61861000	61865000	61879000	61895000
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1937	---	2,063	---	---	---	---	---
1938	---	2,811	---	---	---	---	---
1939	---	1,239	---	---	---	---	---
1940	---	1,568	---	---	---	---	---
1941	---	0,886	---	---	---	---	---
1942	---	1,796	---	---	---	---	---
1943	---	1,711	---	---	---	---	---
1944	---	0,586	---	---	---	---	2,448
1945	---	0,866	---	---	---	---	3,372
1946	1,797	1,579	---	---	---	---	4,059
1947	1,655	3,072	---	---	---	---	5,480
1948	1,578	1,592	---	---	---	---	4,301
1949	1,075	1,086	---	---	---	---	2,639
1950	1,058	1,579	---	---	---	---	3,056
1951	0,823	1,403	---	---	---	---	3,002
1952	0,372	0,763	---	---	---	---	5,938
1953	0,261	1,274	---	---	---	---	---
1954	0,262	0,799	---	---	---	---	---
1955	0,599	1,966	---	---	---	---	---
1956	1,855	4,479	---	---	---	---	---
1957	1,476	4,955	---	---	---	---	---
1958	1,448	5,250	---	---	---	---	6,508
1959	1,310	3,463	---	---	---	---	4,419
1960	0,798	2,757	---	---	---	---	3,654
1961	0,714	2,626	---	---	---	---	3,133
1962	1,093	3,265	---	---	---	---	4,218
1963	0,374	2,525	---	---	---	---	3,050
1964	0,157	1,065	---	---	---	---	2,331
1965	1,346	3,284	---	---	---	---	4,056
1966	0,939	3,071	2,404	5,629	15,449	8,565	3,895
1967	1,014	2,097	1,101	5,236	7,307	8,300	3,573
1968	1,041	0,995	0,586	3,099	4,497	4,945	2,064
1969	0,205	1,254	0,376	2,797	3,616	4,510	1,560
1970	0,574	2,972	0,576	5,160	9,748	8,565	4,016
1971	0,714	1,684	0,243	3,067	6,307	7,146	2,821
1972	1,365	2,464	0,662	5,239	7,812	8,427	3,681
1973	1,111	1,757	0,576	4,510	6,551	7,067	3,347
1974	1,093	1,397	0,576	4,510	5,797	6,168	2,948
1975	0,926	1,147	1,095	4,304	5,443	6,144	1,822
1976	2,567	6,128	1,462	8,328	14,695	18,467	7,473
1977	1,429	2,256	0,511	4,317	8,016	8,677	4,110
1978	1,429	1,171	0,198	4,150	5,026	6,486	3,050
1979	1,759	3,121	0,343	6,531	9,549	11,517	4,945
1980	1,607	2,761	0,210	5,686	7,677	10,836	4,945
1981	1,494	1,890	0,909	4,669	6,440	9,889	3,289
1982	1,982	3,497	1,342	5,356	9,863	14,377	5,171
1983	2,760	6,309	1,298	9,893	17,817	20,288	9,887

**Tabela 26 (Cont.) - Vazões mínimas anuais da vazão média de sete dias para os postos fluviométricos selecionados.**

ANO	CÓDIGO DO POSTO						
	61770000	61800500	61815000	61861000	61865000	61879000	61895000
	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1984	0,900	1,207	0,385	3,930	6,031	7,014	2,985
1985	0,858	1,926	0,409	1,040	5,445	6,862	2,654
1986	0,953	2,170	0,374	4,451	7,112	7,045	2,965
1987	1,466	2,269	0,701	4,669	6,479	9,451	3,847
1988	1,112	1,480	0,567	4,172	6,010	8,179	3,107
1989	1,058	2,526	0,478	4,954	6,395	7,737	3,715
1990	1,129	1,853	0,386	5,412	6,224	8,483	3,513
1991	1,147	2,821	0,424	4,835	6,329	7,403	2,985
1992	1,532	3,082	0,761	4,964	7,319	9,189	4,845
1993	1,033	2,685	0,444	4,892	8,814	9,047	4,266
1994	0,730	1,782	0,408	3,154	6,095	6,244	2,335
1995	0,970	4,259	0,513	5,441	7,667	9,333	2,721
1996	1,560	5,010	0,518	6,561	9,925	10,704	5,322
1997	1,310	2,574	0,376	5,132	8,744	9,683	3,533
1998	1,005	1,818	0,365	4,889	8,677	9,566	3,553
1999	0,858	1,854	0,163	3,256	6,952	7,539	2,414
2000	0,875	2,802	0,165	3,060	4,802	6,219	3,302
2001	0,735	2,127	0,114	2,917	4,218	5,624	2,344
2002	0,518	1,305	0,021	2,860	3,809	7,015	1,776
2003	0,926	1,975	0,168	2,780	3,987	4,542	2,280
2004	0,984	3,094	0,315	3,126	7,408	8,306	3,939
2005	1,223	2,353	0,342	3,331	7,005	8,247	3,056
2006	1,133	2,747	0,305	3,640	6,576	6,135	3,048
2007	---	---	---	---	---	---	2,737
<b>Média</b>	<b>1,116</b>	<b>2,343</b>	<b>0,565</b>	<b>4,535</b>	<b>7,406</b>	<b>8,535</b>	<b>3,653</b>

As curvas de frequência de todos os postos, com as vazões adimensionalizadas pelas respectivas médias das mínimas de 7 dias é apresentada na Figura 37. De acordo com este gráfico observa-se claramente que o comportamento dos postos é suficientemente semelhante para que todos sejam considerados de uma mesma região homogênea. A Tabela 27 resume os valores encontrados para a vazão  $Q_{7,10}$  em cada posto analisado.

**Tabela 27 - Valores das vazões  $Q_{7,10}$  para os postos selecionados.**

POSTO	$Q_{7,10}$
61770000	0,407
61800500	1,065
61815000	0,165
61861000	2,855
61865000	4,200
61879000	5,745
61895000	2,322

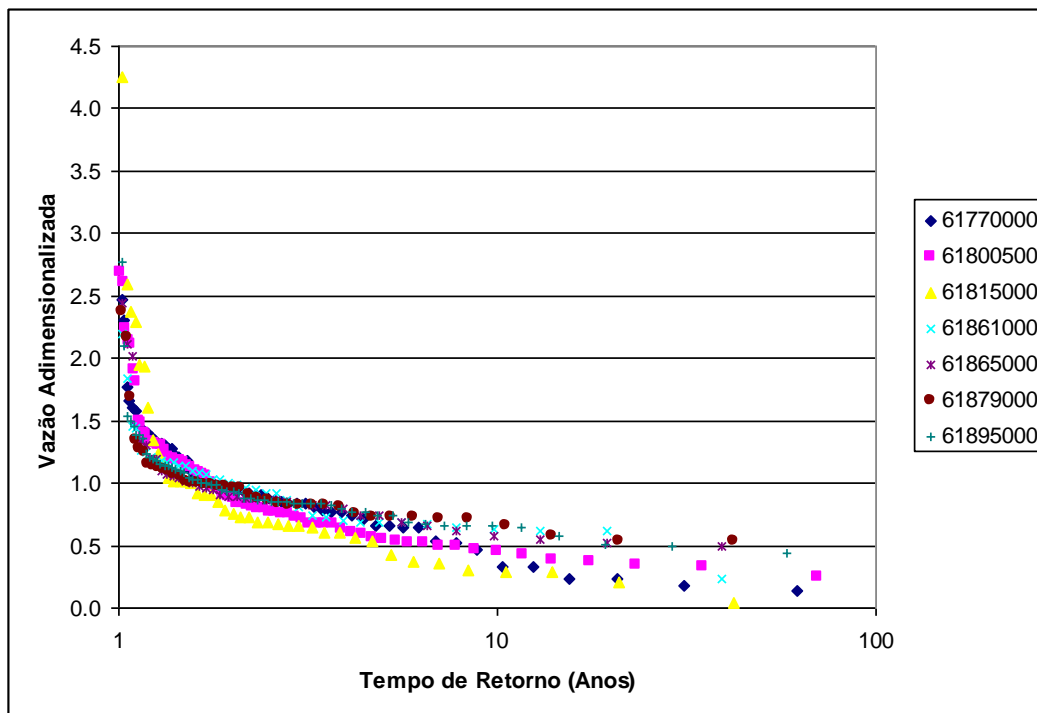


Figura 37 - Gráfico de frequência com as vazões mínimas adimensionalizadas.

#### 7.4. Determinação da Vazão Mínima de Referência com base nos Deflúvios superficiais – HIDROSSISTEMAS (1993)

Para o estabelecimento das outorgas, o IGAM utiliza a publicação DEFLÚVIOS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS, desenvolvido no ano de 1993 pela Hidrossistemas (HIDROSSISTEMAS, 1993). Essa publicação consiste da regionalização das vazões para todo o estado de Minas Gerais, através do estabelecimento regiões com comportamento hidrológico homogêneo. Para essas regiões são determinadas correlações com as características físicas da bacia, tal como a área de drenagem, que permitem estimar vazões de referência para diferentes finalidades. Desta forma, foram confeccionados mapas capazes de fornecer estimativas dos rendimentos característicos para todo território estadual.

Conhecendo o rendimento característico ( $l/s.km^2$ ) através do mapa de rendimento específico médio mensal de contribuições mínimas unitárias com 10 anos de recorrência, e a área de drenagem ( $km^2$ ) da bacia hidrográfica controlada pela seção de interesse, pode-se estimar a vazão característica ( $l/s$ ), conforme a Equação 1.

$$Q_{M,10} = Re_{M,10} \cdot Ad$$

Equação 1



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.

Devido a homogeneidade das bacias da Unidade de Gestão GD6 os rendimentos específicos obtidos são de aproximadamente  $7,0$  ( $l/s.km^2$ ) para as áreas de drenagem relativas a cada posto selecionado. A vazão  $Q_{7,10}$ , é obtida pela Equação 2.

$$Q_{7,10} = \frac{F_{7,10} \cdot Q_{M,10}}{1000} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:  $F_{7,10}$  - fator de proporção;

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

Para as áreas de estudo, a tipologia regional homogênea corresponde a um número para a qual os fatores de proporção são obtidos por tabelas. A Tabela 28 traz os valores encontrados.

**Tabela 28 - Tipologia da região dos postos e os respectivos fatores de referência.**

POSTO	TIPOLOGIA	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Fazenda Carvalhais	221	0,500785	0,392361	1,006300
Beira de Santa Rita	221	0,500785	0,392361	1,006300
Guaxupé	221	0,500785	0,392361	1,006300
Inconfidentes	111	0,482396	0,415234	1,005878
Jacutinga	111	0,482396	0,415234	1,005878
Lindóia	111	0,482396	0,415234	1,005878
São João da Boa Vista	221	0,500785	0,392361	1,006300

O parâmetro  $F_{7,10}$ , é obtido pelo seguinte equacionamento (Equação 3): Observe-se que como o período  $T = 10$ , o  $\log T = 1$ , portanto a equação final para  $F_{7,10}$  será (Equação 4):

$$F_{D,T} = (\alpha + \beta \cdot \gamma^D) \cdot (\log T)^{-(r \cdot \log T + s) \cdot D^{(m+n \cdot \log^2 T)}} \quad \text{Equação 3}$$

$$F_{D,T} = (\alpha + \beta \cdot \gamma^D) \quad \text{Equação 4}$$

A Tabela 29 apresenta os valores calculados referentes a cada área de atuação dos postos fluviométricos.

**Tabela 29 - Cálculo dos valores da vazão  $Q_{7,10}$  por HIDROSSISTEMAS (1993).**

POSTO	CÓDIGO	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	RENDIMENTO ESPECÍFICO (Re) (l/s.km <sup>2</sup> )	$Q_{10-M}$ (l/s)	$F_{7-10}$	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)
Fazenda Carvalhais	61770000	227	7	1589	0,91078	1,44723
Beira de Santa Rita	61800500	356	7	2492	0,91078	2,26966
Guaxupé	61815000	73	7	511	0,91078	0,46541
Inconfidentes	61861000	462	7	3234	0,91502	2,95917
Jacutinga	61865000	918	7	6426	0,91502	5,87992
Lindóia	61879000	1115	7	7805	0,91502	7,14173
São João da Boa Vista	61895000	619	7	4333	0,91078	3,94641

## 7.5. Equações Regionais

Foram escolhidas cinco características físicas para servirem de possíveis variáveis explicativas na regionalização da  $Q_{7,10}$ . Essas características são referentes a cada uma das sub-bacias contribuintes dos sete postos utilizados no cálculo da  $Q_{7,10}$ , e são apresentadas na Tabela 30.

**Tabela 30 - Vazão  $Q_{7,10}$  e variáveis explicativas.**

CÓDIGO	COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL (km)	DECLIVIDADE DO RIO PRINCIPAL (%)	DECLIVIDADE MÉDIA (%)	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	PLUVIOSIDADE MÉDIA (mm)
61770000	27.702	0.00484	12.820	224.8	1595
61800500	23.035	0.00517	24.340	358.4	1560
61815000	9.518	0.01513	24.410	74.9	1521
61861000	47.159	0.00912	24.970	461.4	1465
61865000	84.816	0.00547	22.798	914.3	1482
61879000	71.471	0.01119	21.680	1116.0	1507
61895000	68.977	0.00397	15.280	622.8	1644

A partir dos valores presentes na Tabela 31, foi utilizada a regressão linear simples e múltipla, relacionando sempre a  $Q_{7,10}$  com uma ou mais variáveis explicativas a fim de se obter a função com o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a regionalização. Entre as regressões simples os melhores coeficientes foram obtidos para a área de drenagem e para o comprimento do rio principal, 0,943 e 0,741, respectivamente. Os demais coeficientes não superaram 0,20. Portanto, testou-se somente a regressão múltipla para  $Q_{7,10} = F(A, L)$ , ou seja, área de drenagem e comprimento do rio principal como variáveis explicativas da  $Q_{7,10}$ . A Tabela 31 resume os valores dos coeficientes de determinação para cada regressão realizada, bem como suas equações. É importante observar que no caso das regressões múltiplas o que

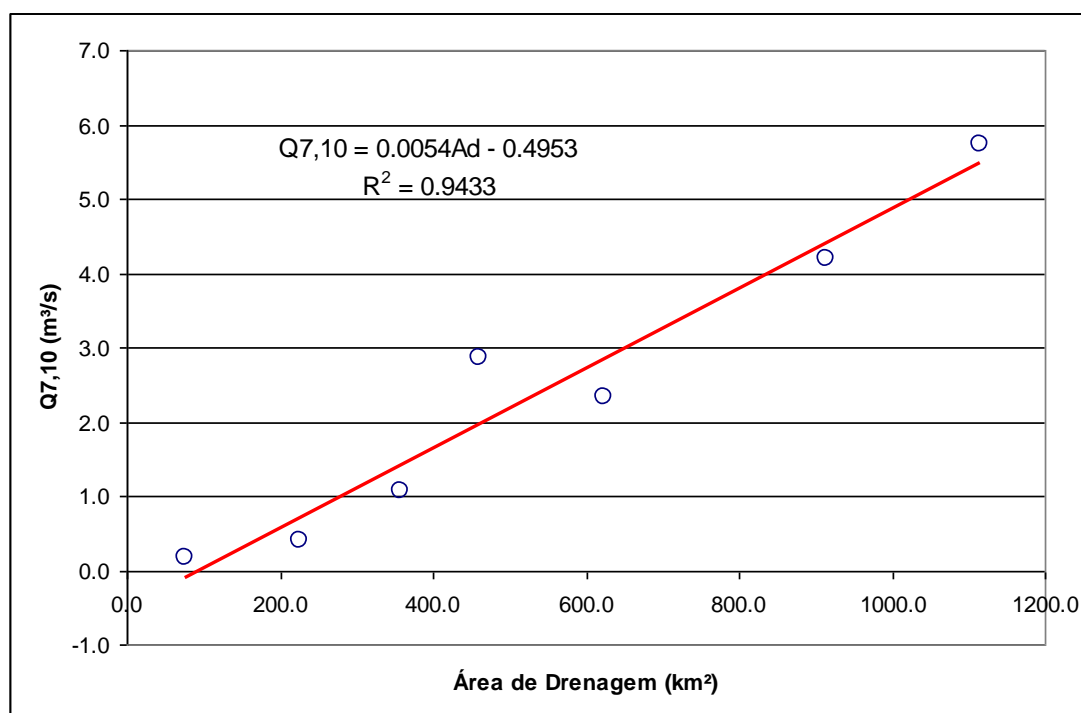
deve ser analisado é o valor do  $R^2$  ajustado. Como o melhor valor de  $R^2$  foi obtido na regressão simples com a área de drenagem ( $A_d$ ), somente a área de drenagem foi adotada como variável explicativa.

**Tabela 31 - Resultados das regressões lineares testadas.**

VARIÁVEL	EQUAÇÃO	$R^2$	$R^2$ - AJUSTADO
Comprimento do Rio Principal (km)	$Q_{7,10} = 0,0622L - 0,5635$	0,7414	----
Declividade do Rio Principal (m/m)	$Q_{7,10} = 10,719Z + 2,3102$	0,0005	----
Declividade Média (%)	$Q_{7,10} = 0,0845Zm + 0,6278$	0,0399	----
Área de Drenagem ( $km^2$ )	$Q_{7,10} = 0,0054A_d - 0,4953$	0,9433	----
Pluviosidade Média (mm)	$Q_{7,10} = -0,0141P + 24,174$	0,1954	----
Área e Comprimento	$Q_{7,10} = 0,006A - 0,00956L - 0,399$	0,9463	0,9195

Dessa forma, procurou-se determinar a melhor curva de regressão entre a área e vazão de referência. A Figura 36 e Figura 37 mostram os gráficos dos ajustes lineares e de potência respectivamente. Essas figuras também fornecem o valor do  $R^2$  e a equação de regressão. Observa-se que o melhor ajuste é obtido com a equação tipo potência.

As vazões de referência obtidas a partir do método publicado por Hidrossistemas (1993) tendem a ser superestimadas se comparadas às obtidas a partir das séries hidrológicas dos postos fluviométricos, como confirma a Figura 40.



**Figura 38 - Função regional tipo linear.**

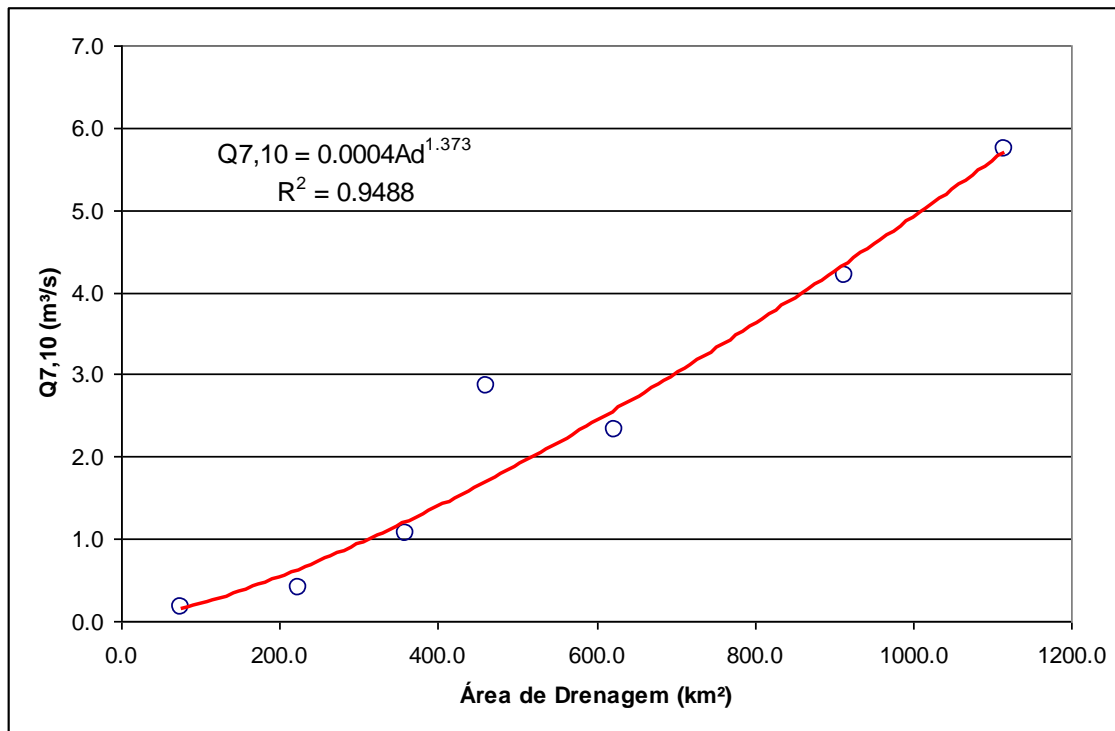


Figura 39 - Função regional tipo potência.

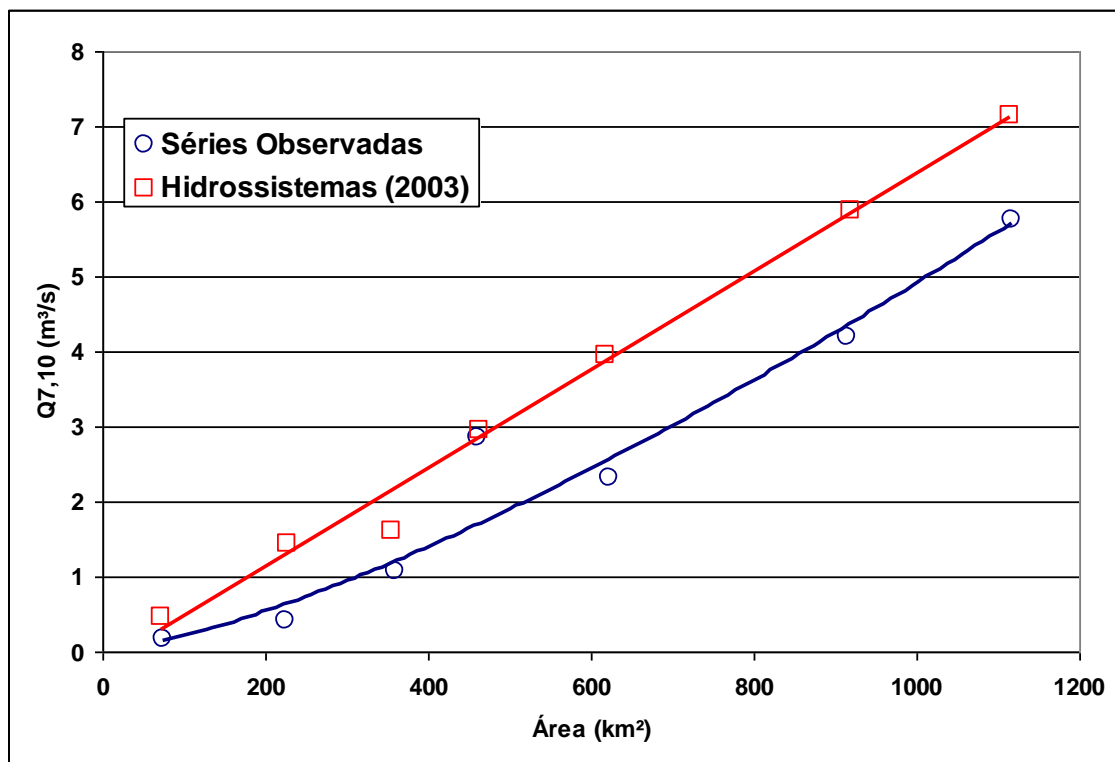


Figura 40 - Comparação entre os métodos de estimativa.

## 7.6. Indicadores Regionais

A estimativa de valores hidrológicos característicos está sujeita as mais variadas incertezas, quando os tem. 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, e a vazão de 95% da curva de permanência. O uso de valores médios regionais como indicadores não é um procedimento preciso mais é útil pois permite verificar se resultados e estudos específicos estão dentro da ordem de grandeza de uma determinada região; é 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.

### 7.6.1. Vazão Específica Média

A vazão específica média é definida pela vazão média por unidade de área (Equação 5).

$$q = \frac{Q_{MLT}}{A} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:  $q$  - vazão específica média ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );

$Q_{MLT}$  - vazão média de longo período ( $m^3.s^{-1}$ );

$A$  - área de drenagem da estação ( $km^2$ ).

### 7.6.2. Relações das Vazões da Curva de Permanência

São consideradas duas vazões para caracterizar a curva de permanência. A primeira define o extremo inferior da curva, sendo determinada pela Equação 6. A segunda 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 7:

$$rcp_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_{MLT}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:  $Q_{95}$  é a vazão de 95% da curva de permanência ( $m^3.s^{-1}$ ).

$$r_{cp_{50}} = \frac{Q_{50}}{Q_{MLT}} \quad \text{Equação 7}$$

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 termo permite estimar a primeira em função da vazão à medida que este índice é conhecido. Este índice tende a apresentar pequena variação quando as características que determinam a variabilidade da vazão ao longo do ano se mantêm de um local para outro.

### 7.6.3. Índices de enchente

A vazão média de enchente  $Q_{mc}$  representa o tempo de retorno da ordem de 2 anos, sendo um indicador da vazão correspondente à 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 indicativos do início da faixa de inundação ribeirinha de um rio.

$$r_{mc} = \frac{Q_{mc}}{Q_m} \quad \text{Equação 8}$$

A vazão  $Q_{100}$ , correspondente ao tempo de retorno de 100 anos geralmente representa o limite superior da faixa de inundação ribeirinha. Num tempo de retorno de 100 anos. O fator para a enchente é expresso na Equação 9 seguinte.

$$r_{100} = \frac{Q_{100}}{Q_{mc}} \quad \text{Equação 9}$$

Estes fatores devem variar em função das características das precipitações máximas da bacia como intensidade, e distribuição temporal e espacial que dependem dos tipos predominantes das precipitações; e das 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.

#### 7.6.4. 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 10 e Equação 11).

$$r_{7,10} = \frac{Q_{7,10}}{Q_m} \quad \text{Equação 10}$$

$$r_m = \frac{Q_{95}}{Q_{7,10}} \quad \text{Equação 11}$$

O primeiro identifica a variabilidade entre a vazão média e uma vazão mínima característica e permite obter uma idéia da vazão mínima com relação a 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.

#### 7.6.5. Indicadores para a Unidade de Gestão GD6

Os indicadores expressos na Tabela 32 foram calculados para os postos localizados na porção mineira da Bacia do Mogi - Pardo (sub-bacia da Bacia do Rio Grande), com exceção de dois postos localizados na parte paulista. Salienta-se que, mesmo assim, os indicadores não abrangeram todos os postos, pois alguns não apresentaram dados suficientes. Os indicadores  $r_{cp_{mc}}$  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 estiagem, pelo contrário, elas apresentam um grande risco de sofrerem com a estiagem, portanto indica que uma mesma região pode sofrer com dois tipos de fenômenos extremos e opostos. A  $Q_{95}$  é um indicador usado na definição de energia firme de aproveitamento hidroelétrico. Analisando esse indicador conclui-se que a região das estações 61770000 e 61815000 são menos indicadas para investimento hidroelétricos, pois elas apresentam grandes variações de vazões durante o período de estiagem, portanto elas possuem baixa capacidade de regularização natural.

### 7.6.6. Balanço da Disponibilidade Hídrica Superficial

Conforme se observa, a equação regional de Hidrossistemas (1993) tende a superestimar os valores da  $Q_{7,10}$ , se comparada com a equação obtida a partir dos dados dos postos regionais. Essa característica da equação ocorre devido à baixa representatividade dos postos usados na área da Unidade de Gestão e ao fato dos estudos estarem desatualizados. Dessa forma, a estimativa da vazão de referência para a Unidade de Gestão GD6 através dos resultados de Hidrossistemas (1993) pode mascarar os resultados referentes a possíveis áreas de conflito, que não serão identificadas.

A fim de confrontar a disponibilidade e a demanda da Unidade de Gestão GD6 optou-se por dividir a área em sub-bacias, conforme apresentado na Figura 41. Nessa figura também são apresentadas as localizações das outorgas em vigor na bacia, conforme o banco de dados a que pertencem. No total foram selecionadas 13 sub-bacias, cujo rio principal correspondente encontra-se expresso na Tabela 33. Conforme já mencionado, as equações utilizadas para a regionalização da vazão mínima de referência baseiam-se na área de drenagem (Ad) 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 34.

Nesta tabela também são apresentados os percentuais atualmente outorgados da vazão de referência nas sub-bacias analisadas. Nota-se que, dentre as 13 sub-bacias, apenas uma encontra-se com os percentuais acima de 30% em ambas as metodologias de regionalização. Trata-se da bacia da sub-bacia número 8, que corresponde ao Ribeirão de Poços. Esse ribeirão possui todo seu curso principal na cidade de Poços de Caldas, sendo um importante manancial de abastecimento. Observa-se que mesmo com a estimativa da vazão de referência pelo método Hidrossistemas (1993) a bacia encontra-se com o atual limite de outorgas excedido, uma vez que as outorgas atuais correspondem a 35,67% da vazão  $Q_{7,10}$ . Caso se utilize a estimativa da vazão apresentada nesse relatório, por ser mais representativa da realidade da Unidade de Gestão GD6, a vazão outorgada já excedeu 108% da vazão  $Q_{7,10}$ .



**Tabela 32 - Indicadores para a Unidade de Gestão GD6.**

ESTAÇÕES	Q <sub>média</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mc</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	q (l.s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup> )	r <sub>cp50</sub>	r <sub>cp95</sub>	r <sub>cpmc</sub>	r <sub>100</sub>	r <sub>7,10</sub>	r <sub>m</sub>
61770000	4,235	33,633	2,729	0,987	68,905	0,407	227	0,019	0,644	0,233	7,941	16,269	0,096	2,428
61800500	8,001	44,113	5,878	2,011	98,130	1,065	356	0,022	0,735	0,251	5,514	12,265	0,133	1,889
61815000	1,345	21,189	1,022	0,324	64,666	0,165	73	0,018	0,760	0,241	15,759	48,094	0,123	1,960
61861000	10,311	73,138	8,160	3,673	161,661	2,855	462	0,022	0,791	0,356	7,093	15,679	0,277	1,287
61865000	18,597	75,542	14,544	6,721	140,871	4,200	918	0,020	0,782	0,361	4,062	7,575	0,226	1,600
61879000	23,159	168,609	17,849	7,988	431,960	5,745	1115	0,021	0,750	0,336	7,083	18,147	0,248	1,390
61895000	12,118	116,702	8,372	3,291	387,611	2,322	619	0,020	0,691	0,272	9,631	31,988	0,192	1,417

**Tabela 33 - Rios principais das sub-bacias selecionadas.**

BACIA	RIO PRINCIPAL	Nº OUTORGAS	VAZÃO TOTAL OUTORGADA (m <sup>3</sup> /s)
1	Córrego das Areias	2	0,079
2	Ribeirão da Onça	2	0,127
3	Rio Canoas	1	0,021
4	Rio Canoas	9	0,388
5	Ribeirão Pirapetinga	1	0,030
6	Rio Pardo	11	0,072
7	Ribeirão das Antas	15	0,490
8	Ribeirão de Poços	9	0,183
9	Jaguari-Mirim	2	0,011
10	Rio Mogi-Guaçu	15	0,205
11	Rio Eleutério	4	0,031
12	Rio das Antas	2	0,020
13	Rio do Peixe	1	0,004

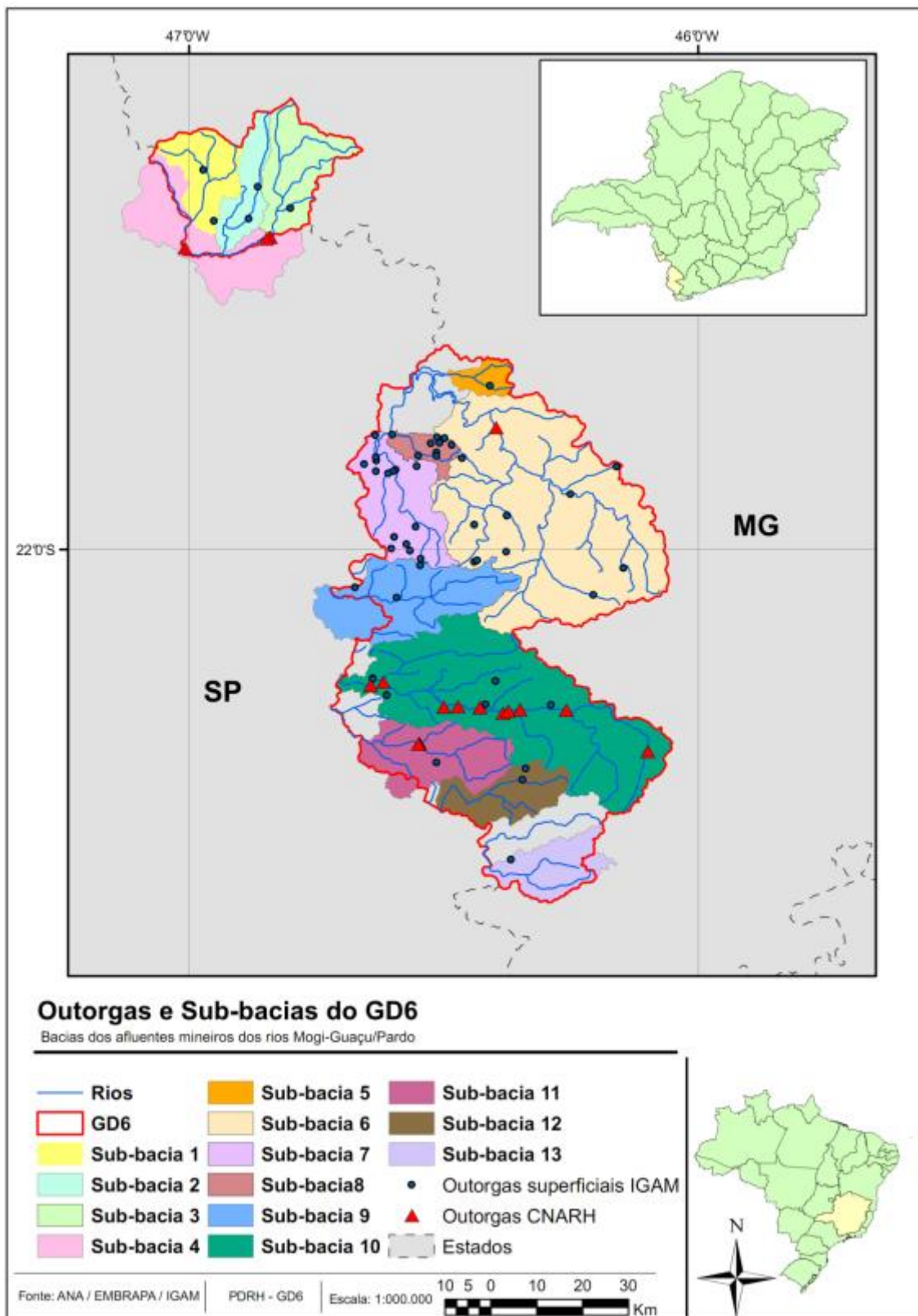


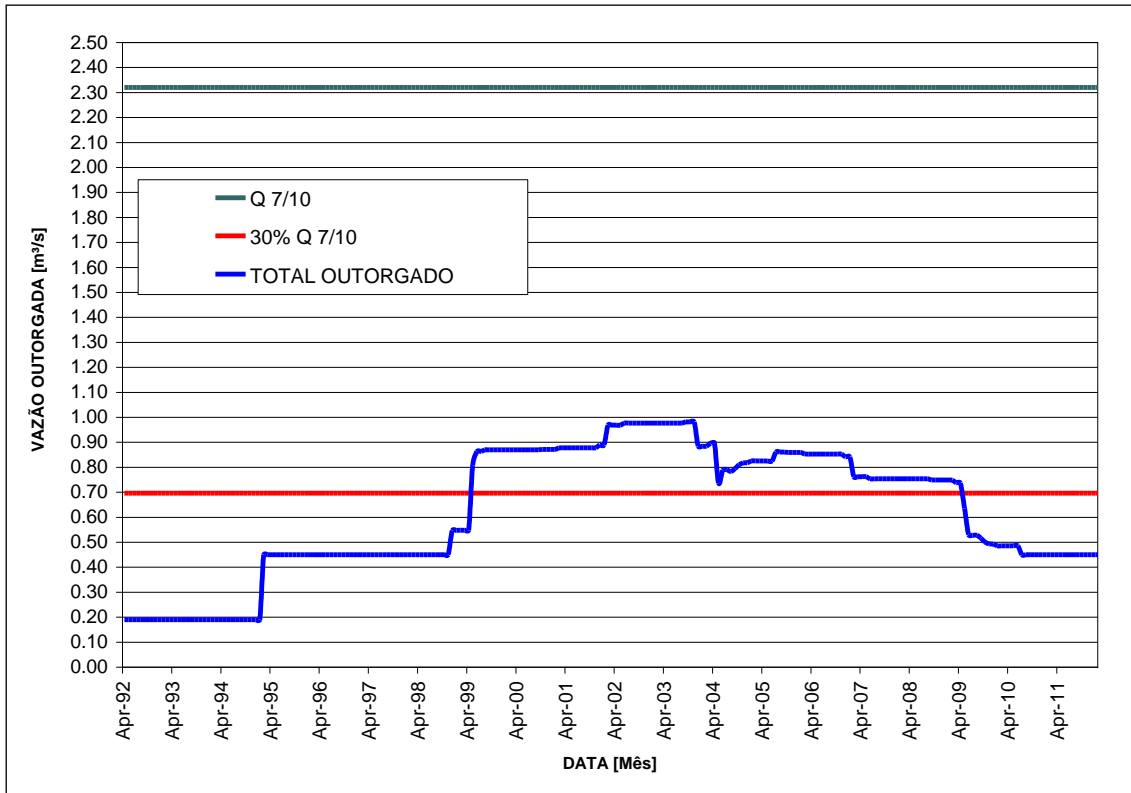
Figura 41 - Distribuição das outorgas e sub-bacias selecionadas na Unidade de Gestão GD6.

**Tabela 34 - Balanço hídrico da disponibilidade hídrica superficial na Unidade de Gestão GD6: comparação entre metodologias de regionalização.**

BACIA	Ad (KM <sup>2</sup> )	DADOS DOS POSTOS		HIDROSSISTEMAS	
		Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	% Outorgada	Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	% Outorgada
1	224,85	0,678	11,58	1,431	5,48
2	173,58	0,475	<b>26,72</b>	1,103	<b>11,51</b>
3	306,73	1,038	2,02	1,955	1,07
4	1140,86	6,304	6,16	7,294	5,32
5	72,36	0,143	20,99	0,455	6,59
6	1673,18	10,666	0,68	10,701	0,67
7	377,50	1,381	<b>35,49</b>	2,408	<b>20,35</b>
8	81,37	0,168	<b>108,97</b>	0,513	<b>35,67</b>
9	491,18	1,982	0,56	3,136	0,35
10	1263,12	7,250	2,83	8,076	2,54
11	363,32	1,310	2,38	2,318	1,34
12	228,36	0,693	2,93	1,454	1,40
13	227,35	0,688	0,60	1,447	0,28

No caso da sub-bacia número 7, correspondente ao Ribeirão das Antas, nota-se que em seu trecho mais crítico o limite de outorgas não se encontra excedido, de acordo com a estimativa por Hidrossistemas (1993), uma vez que o total outorgado corresponde a 20,35% da vazão Q<sub>7,10</sub>. No caso da estimativa com os Postos Regionais o limite estaria excedido, chegando a 35,49% da vazão Q<sub>7, 10</sub>.

Sobre a bacia do Ribeirão das Antas, é importante destacar que foi oficialmente declarada em estado de conflito pelo IGAM no início do ano de 2009. A motivação para a declaração surgiu no primeiro semestre de 2008, por ocasião do pedido de renovação de outorga da Empresa Danone S.A., empresa instalada no município de Poços de Caldas, quando se constatou que o limite de outorgas para sua seção de captação havia sido excedido. Desde então não foram concedidas novas outorgas na bacia. O resultado dessa medida pode ser observado no gráfico da Figura 42, onde se observa que a partir de abril de 2009 a bacia passou a ter o total de outorgas abaixo do limite de 30% da vazão Q<sub>7,10</sub>. Por esse motivo, constata-se que atualmente a bacia não se encontra mais em estado de conflito, considerando a estimativa da vazão Q<sub>7,10</sub> pelo método Hidrossistemas (1993), oficialmente utilizado como controle da vazão outorgada no estado de Minas Gerais. Em relação às demais sub-bacias, merece destaque o Ribeirão da Onça, localizado entre os municípios de Monte Santos de Minas e Guaranésia. Embora não esteja com limite excedido pelos dois métodos, o percentual de vazão outorgável já se encontra bastante elevado em relação às demais sub-bacias.



**Figura 42 - Evolução das outorgas na bacia do ribeirão das Antas. Vazão  $Q_{7,10}$  calculada por Hidrossistemas (1993).**

## 8. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

### SUBTERRÂNEA

#### 8.1. Águas Subterrâneas

A água subterrânea é a componente do ciclo hidrológico que infiltra nos solos, ocupando todos os espaços vazios de uma formação geológica, dando origem aos aquíferos. Em geral apresenta boa qualidade, fazendo com que seja uma componente importante para o abastecimento público.

O escoamento dentro do solo ocorre em duas principais camadas denominadas meio não saturado, que é a zona próxima à superfície onde o solo não é saturado de água (esta escoar por percolação até o meio saturado ou de volta à superfície e tal escoamento é denominado escoamento sub-superficial), e meio saturado, sendo a parcela de solo saturado de água que se localiza imediatamente abaixo do meio não saturado ou de algumas camadas de solos permeáveis ou semi-permeáveis. Neste último, o escoamento é denominado escoamento subterrâneo e o seu volume saturado é denominado aquífero.

Um aquífero pode ser definido como uma formação geológica capaz de armazenar água, suprimindo poços e nascentes. Tais formações possuem duas características fundamentais: a capacidades de armazenamento e de escoamento de água subterrânea (Foster et al, 2003).

Os tipos aquíferos mais comuns de ocorrência na Unidade de Gestão GD6 serão citados a seguir:

- Aluvião: os depósitos de aluvião formados pelos sedimentos erodidos e transportados nas chuvas torrenciais localizam-se em locais favoráveis a recarga nos talvegues e nos leitos de rios, riachos e lagoas;
- Rocha sedimentar – arenito: rochas formadas pela compactação e cimentação de areias formam aquíferos regionais que armazenam uma grande quantidade de água potável. Sua condutividade hidráulica em geral é elevada, garantindo condições de um

bom aquífero. Se o arenito se apresentar fraturado, a contribuição das fraturas para o armazenamento e o transporte da água aumenta suas propriedades aquíferas.

- Cristalino: as rochas ígneas e metamórficas apresentam porosidade primária extremamente baixa. No entanto, em regiões com rocha fraturada, o acúmulo de água é significativo formando o aquífero fissural. O sucesso na locação de um poço em região cristalina depende de se conseguir localizar domínios fraturados.

A crescente preferência pelo uso desses recursos hídricos, nos mais diversos tipos de usos, se deve ao fato de que, em geral, eles apresentam excelente qualidade. Entretanto, para proteger áreas superficiais, cuidados devem ser tomados com eventuais possibilidades de contaminação, tais como: devastação de cobertura vegetal, uso inadequado e desordenado do solo, utilização excessiva de agrotóxicos, super exploração que afeta os demais corpos armazenadores de água, obras de captação fora dos padrões e das normas técnicas, entre outras. No aquífero cárstico (em rochas carbonáticas) e no aquífero fissural o estudo da propagação de contaminantes deve levar em consideração a existência de caminhos preferenciais que podem propagar plumas de poluentes rapidamente para dentro do aquífero.

Neste sentido, o conhecimento da hidrogeologia da Bacia é um elemento essencial para a gestão integrada dos recursos hídricos. Estudos hidrogeológicos têm como objetivo determinar o potencial e as disponibilidades hídricas subterrâneas, caracterizar a qualidade das águas e sua adequação frente às diversas utilizações e apresentar um quadro relativo ao uso atual destes recursos, bem como das possibilidades de aproveitamento futuro, prevenindo a superexploração.

Para a análise das condicionantes hidrogeológicas da Unidade de Gestão GD6 utilizou-se, como base principal, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Velhas e os dados hidrogeológicos dos poços registrados em cada município da bacia, disponíveis no site oficial do Serviço Geológico do Brasil, CPRM, bem como dados no Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM).

## 8.2. Hidrogeologia Regional

Pela análise dos tipos litológicos existentes na área da Unidade de Gestão GD6 conclui-se que pode haver a ocorrência de apenas dois tipos de aquíferos na região: aquíferos granulares e fissurados.

Nos aquíferos granulares a água encontra-se armazenada nos poros das rochas e/ou solos, representados, na área, pelas coberturas indiferenciadas, pelos depósitos coluvionares e aluvionares, pelos solos de alteração das rochas metamórficas pré-Cambrianas e pelas rochas pertencentes a formação Pirambóia e ao grupo Itararé Indiviso, estes últimos relativos à Bacia do Paraná.

Já nos aquíferos fissurados, que é o tipo mais frequente na área das sub-bacias pela extensão das rochas cristalinas, a água se acumula ao longo de suas discontinuidades estruturais, como falhas e fraturas. Isso ocorre pelo fato da matriz rochosa possuir uma baixa porosidade, impossibilitando que a água infiltre e se acumule em seu interior. Tais aquíferos são compostos por rochas cristalinas, que possui o caráter intrusivo, do Planalto de Poços de Caldas, pelas rochas da Formação Serra Geral, cuja ocorrência é altamente restrita, e, por fim, pelas rochas pré-Cambrianas da Associação Barbacena.

Esta concorrência de água subterrânea em apenas dois tipos de aquíferos foi confirmada pela análise das outorgas de poços de bombeamento concedidas pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, nas quais pode-se observar ainda, que o número de aquíferos fissurados se sobressai de forma significativa diante dos aquíferos granulares.

Deve-se frisar que as águas minerais constituem o principal recurso mineral não-metálico existente na Unidade de Gestão GD6, estando vinculadas, direta ou indiretamente, às atividades econômicas básicas de alguns municípios, com destaque para as estâncias hidrotermais, como balneoterapia, destacando-se os municípios de Poços de Caldas e Caldas (Pocinhos do Rio Verde). Do mesmo modo, estas áreas respondem por parcela considerável da produção nacional de água engarrafada, provenientes de dezenas de fontes frias exploradas nos municípios de Jacutinga, Monte Sião, Poços de Caldas, entre outros.

### 8.3. Disponibilidades Hídricas Subterrâneas na Unidade de Gestão GD6

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 explotáveis, que corresponde ao volume anual passível de ser explotado sem causar efeitos indesejáveis, tais como diminuição da vazão de rios, abandono de poços por rebaixamento excessivo, dentre outros.

Os parâmetros hidráulicos, tais como a vazão máxima explotável, 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, em se tratando de aquífero livre drenante, surgindo, assim, os conceitos de reservas reguladoras e reservas explotáveis.

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



GD6. As vazões dos poços, registrados em cada município da Unidade de Gestão GD6 e disponíveis no site oficial do Serviço Geológico do Brasil, CPRM, foram somadas e apresentadas na forma de mapas. A Figura 43 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 35 e a Tabela 36 apresentam uma quantificação dos poços perfurados para cada formação geológica e cada aquífero pertencente à Unidade de Gestão GD6.

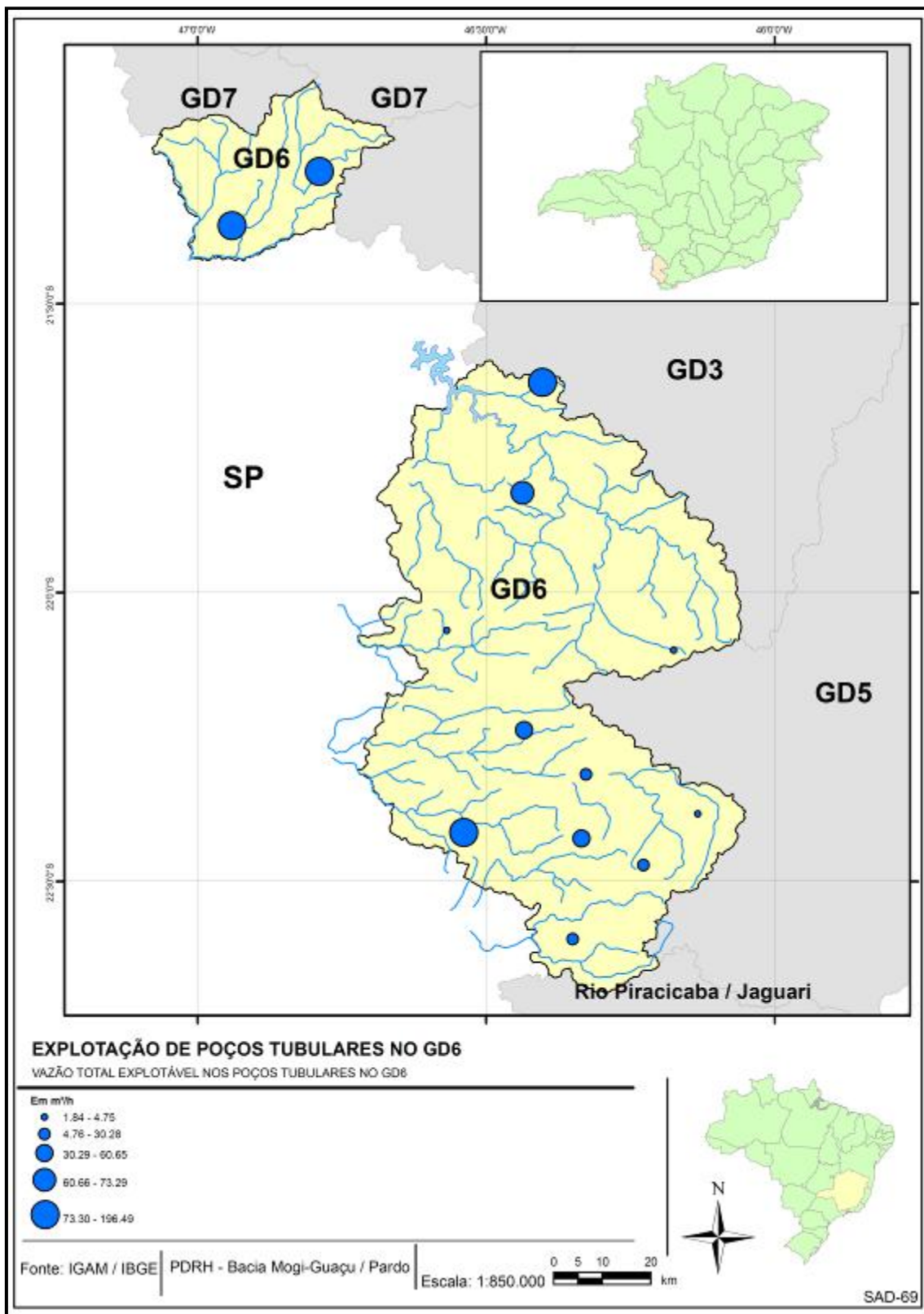


Figura 43 - Distribuição das vazões subterrâneas de poços tubulares.

**Tabela 35 - Vazão total explotável dos poços para cada formação geológica pertencente à Unidade de Gestão GD6.**

TIPO DE FORMAÇÃO	AQUÍFERO	MUNICÍPIOS	NÚMERO TOTAL DE POÇOS	VAZÃO TOTAL (m³/h)	VAZÃO MÁXIMA (m³/h)	VAZÃO MÍNIMA (m³/h)	POÇOS SECOS
Complexo Varginha-Guaxupe	Varginha-guaxupe	Andradas	1	1,84	1,84	1,84	0
		Arceburgo	15	197,52	25,70	7,56	2
		Bom Repouso	3	16,11	14,11	2,00	1
		Botelhos	9	175,79	65,45	7,27	0
		Caldas	2	22,17	12,38	9,79	0
		Monte Santo de Minas	4	42,61	18,18	3,85	0
		Tocos do Moji	1	3,24	3,24	3,24	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>35</b>	<b>459,28</b>	<b>140,90</b>	<b>35,55</b>	<b>3</b>
Proterozoico superior	Rocha cristalina	Bueno Brandão	6	60,65	40,00	2,73	2
		Ipuiúna	1	4,75	4,75	4,75	0
		Munhoz	4	16,15	12,16	1,80	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>11</b>	<b>81,55</b>	<b>56,91</b>	<b>9,28</b>	<b>3</b>
Cretáceo	Rocha cristalina	Caldas	1	11,01	11,01	11,01	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>1</b>	<b>11,01</b>	<b>11,01</b>	<b>11,01</b>	<b>0</b>
Complexo Alcalino Poços de Caldas	Rocha cristalina	Caldas	1	29,99	29,99	29,99	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>1</b>	<b>29,99</b>	<b>29,99</b>	<b>29,99</b>	<b>0</b>
Grupo Andrelandia	Andrelandia	Arceburgo	3	22,21	15,19	7,02	1
		Caldas	5	24,20	24,20	24,20	4
		Ouro Fino	1	10,58	10,58	10,58	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>9</b>	<b>56,99</b>	<b>49,97</b>	<b>41,8</b>	<b>5</b>
<i>Continuação...</i>							
Complexo Amparo	Rocha cristalina	Monte Sião	12	159,36	27,28	2,70	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>12</b>	<b>159,36</b>	<b>27,28</b>	<b>2,7</b>	<b>1</b>
Complexo São Gonçalo do Sapucaí	Rocha cristalina	Ouro Fino	3	42,76	31,28	11,48	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>3</b>	<b>42,76</b>	<b>31,28</b>	<b>11,48</b>	<b>1</b>

Tabela 36 - Vazão específica dos poços para cada formação geológica pertencente à Unidade de Gestão GD6.

TIPO DE FORMAÇÃO	AQUÍFERO	MUNICÍPIOS	NÚMERO TOTAL DE POÇOS	VAZÃO ESPECÍFICA TOTAL (m³/h)	VAZÃO ESPECÍFICA MÁXIMA (m³/h)	VAZÃO ESPECÍFICA MÍNIMA (m³/h)	POÇOS SECOS
Complexo Varginha-Guaxupe	Varginha-guaxupe	Andradas	1	0,028	0,028	0,028	0
		Arceburgo	15	6,406	1,308	0,164	2
		Bom Repouso	3	0,299	0,266	0,033	1
		Botelhos	9	8,322	3,513	0,133	0
		Caldas	2	0,432	0,260	0,172	0
		Monte Santo de Minas	4	0,790	0,295	0,059	0
		Tocos do Moji	1	0,064	0,064	0,064	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>35</b>	<b>16,341</b>	<b>5,734</b>	<b>0,653</b>	<b>3</b>
Proterozoico Superior	Rocha cristalina	Bueno Brandão	6	5,281	4,717	0,064	2
		Ipuiúna	1	0,091	0,091	0,091	0
		Munhoz	4	0,377	0,315	0,030	1
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>11</b>	<b>5,749</b>	<b>5,123</b>	<b>0,185</b>	<b>3</b>
Cretáceo	Rocha cristalina	Caldas	1	0,329	0,329	0,329	0
		<i>Continuação...</i>					
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>1</b>	<b>0,329</b>	<b>0,329</b>	<b>0,329</b>	<b>0</b>
Complexo Alcalino Poços de Caldas	Rocha cristalina	Caldas	1	0,590	0,590	0,590	0
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>1</b>	<b>0,590</b>	<b>0,590</b>
Grupo Andrelandia	Andrelandia	Arceburgo	3	0,940	0,756	0,184	1
		Caldas	5	0,936	0,936	0,936	4
		Ouro Fino	1	0,235	0,235	0,235	0
<b>TOTAL</b>	–	–	<b>9</b>	<b>2,111</b>	<b>1,927</b>	<b>1,355</b>	<b>5</b>
Complexo Amparo	Rocha cristalina	Monte Sião	12	6,362	1,697	0,052	1
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>12</b>	<b>6,362</b>	<b>1,697</b>
Complexo São Gonçalo do Sapucaí	Rocha cristalina	Ouro Fino	3	2,822	2,272	0,550	1
		<b>TOTAL</b>	–	–	<b>3</b>	<b>2,822</b>	<b>2,272</b>

Em anexo apresentam-se algumas informações complementares dos poços tais como os dados gerais dos poços registrados em cada município pertencente à bacia da Unidade de Gestão GD6 e os dados hidrogeológicos dos poços registrados em cada município pertencente à bacia da Unidade de Gestão GD6.

#### 8.4. Balanço da disponibilidade hídrica subterrânea

Os dados referentes às outorgas concedidas na Unidade de Gestão GD6 foram obtidos através das bases de dados do IGAM. O registro das vazões dos poços inseridos na área, em cada município, está disponível no site oficial do Serviço Geológico do Brasil, CPRM.

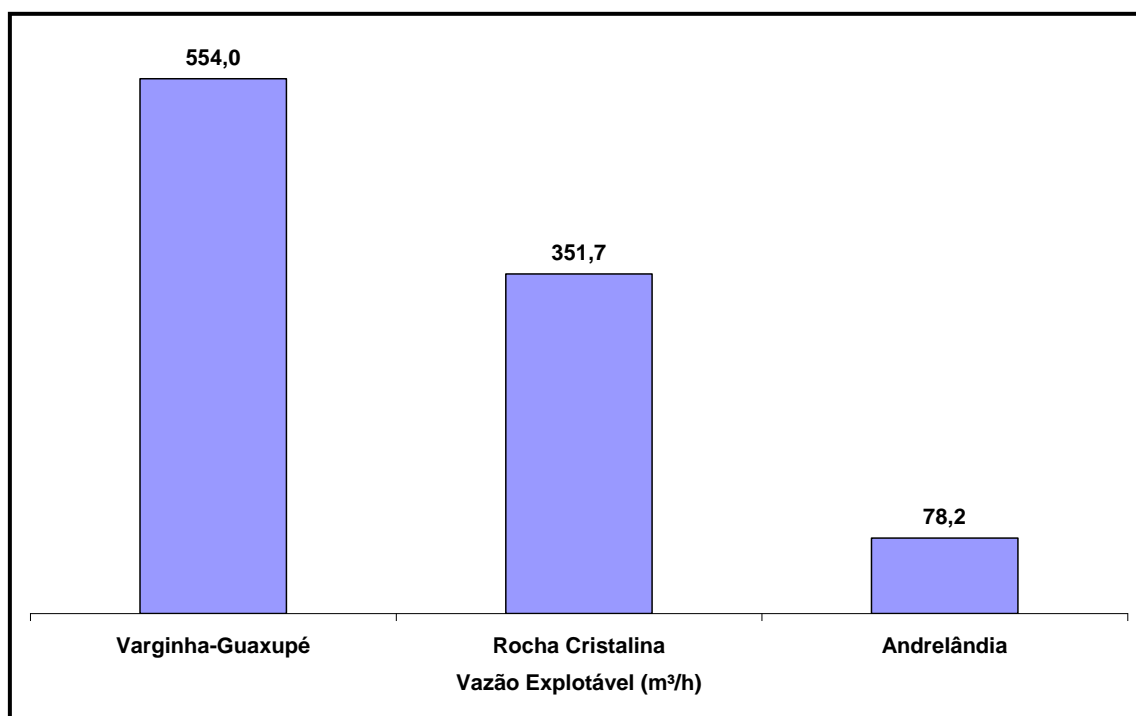


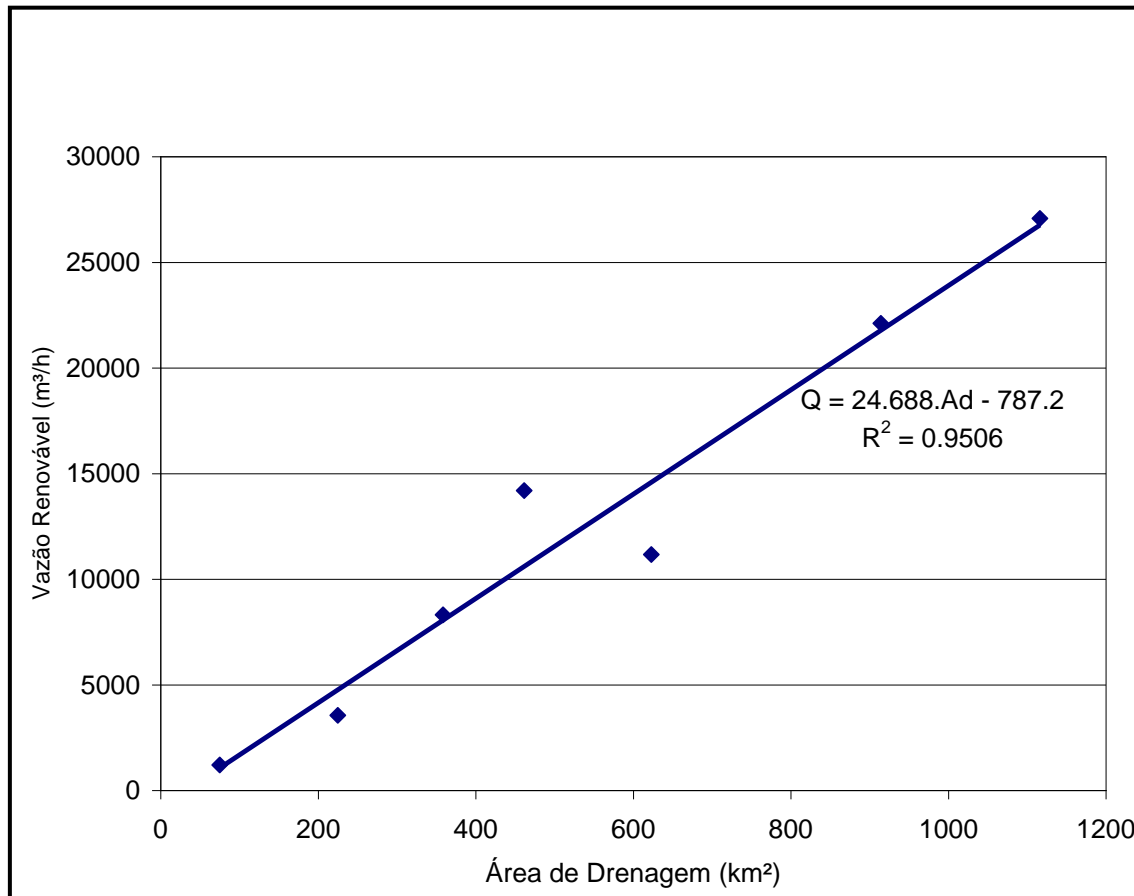
Figura 44 - Quantificação das águas da Unidade de Gestão GD6, segundo os três principais aquíferos da região.

Considerando-se como valor médio para as reservas explotáveis uma faixa entre 25 e 40% das reservas renováveis, adotou-se neste trabalho um valor conservador de 25% da reserva renovável como reserva explotável, 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 explotados.

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. Os resultados dessa estimativa são apresentados na Tabela 37 e na Figura 45, que mostra a existência de uma relação linear entre a vazão subterrânea renovável e área de drenagem.

**Tabela 37 - Vazão subterrânea renovável para as bacias dos postos fluviométricos (Mogi - Pardo) selecionados nos Rios Mogi-Guaçu e Pardo.**

CÓDIGO	POSTO	Ad (km <sup>2</sup> )	VAZÃO RENOVÁVEL (m <sup>3</sup> /h)
61770000	Fazenda Carvalhais	224,8	3555,874
61800500	Beira de Santa Rita	358,4	8318,580
61815000	Guaxupé	74,9	1209,969
61861000	Inconfidentes	461,4	14198,160
61865000	Jacutinga	914,3	22109,794
61899000	Lindóia	1116,0	27075,446
61895000	São João da Boa Vista	622,8	11166,177



**Figura 45 - Comportamento da vazão subterrânea renovável na Unidade de Gestão GD6.**

A análise dos resultados da Tabela 38 e da Figura 46 permite concluir que a disponibilidade hídrica subterrânea das sub-bacias apresenta valores elevados, embora o uso intensivo, em pontos isolados, possa acarretar a super exploração do aquífero no local, provocando grandes rebaixamentos e perdas de apoios. Além disso, o uso inadequado do solo em áreas de recarga pode trazer o risco de contaminação das águas subterrâneas, cujos prejuízos podem ser significativos para algumas cidades da região.

**Tabela 38 - Disponibilidade hídrica subterrânea das bacias selecionadas nos Rios Mogi-Guaçu e Pardo.**

BACIA	Ad (km <sup>2</sup> )	RIO PRINCIPAL	VAZÃO RENOVÁVEL (m <sup>3</sup> /h)	VAZÃO EXPLOTÁVEL (m <sup>3</sup> /h)
1	224	Córrego das Areias	4.763,88	1.190,97
2	173	Ribeirão da Onça	3.498,24	874,56
3	306	Rio Canoas	6.785,36	1.696,34
4	1.140	Rio Canoas	27.378,44	6.844,61
5	72	Ribeirão Pirapetinga	999,24	249,81
6	1.673	Rio Pardo	40.520,28	1.0130,07
7	377	Ribeirão das Antas	8.532,52	2.133,13
8	81	Ribeirão de Poços	1.221,72	305,43
9	491	Jaguari-Mirim	11.339,04	2.834,76
10	1.263	Rio Mogi-Guaçu	30.396,60	7.599,15
11	363	Rio Eleutério	8.182,44	2.045,61
12	228	Rio das Antas	4.850,60	1.212,65
13	227	Rio do Peixe	4.825,72	1.206,43

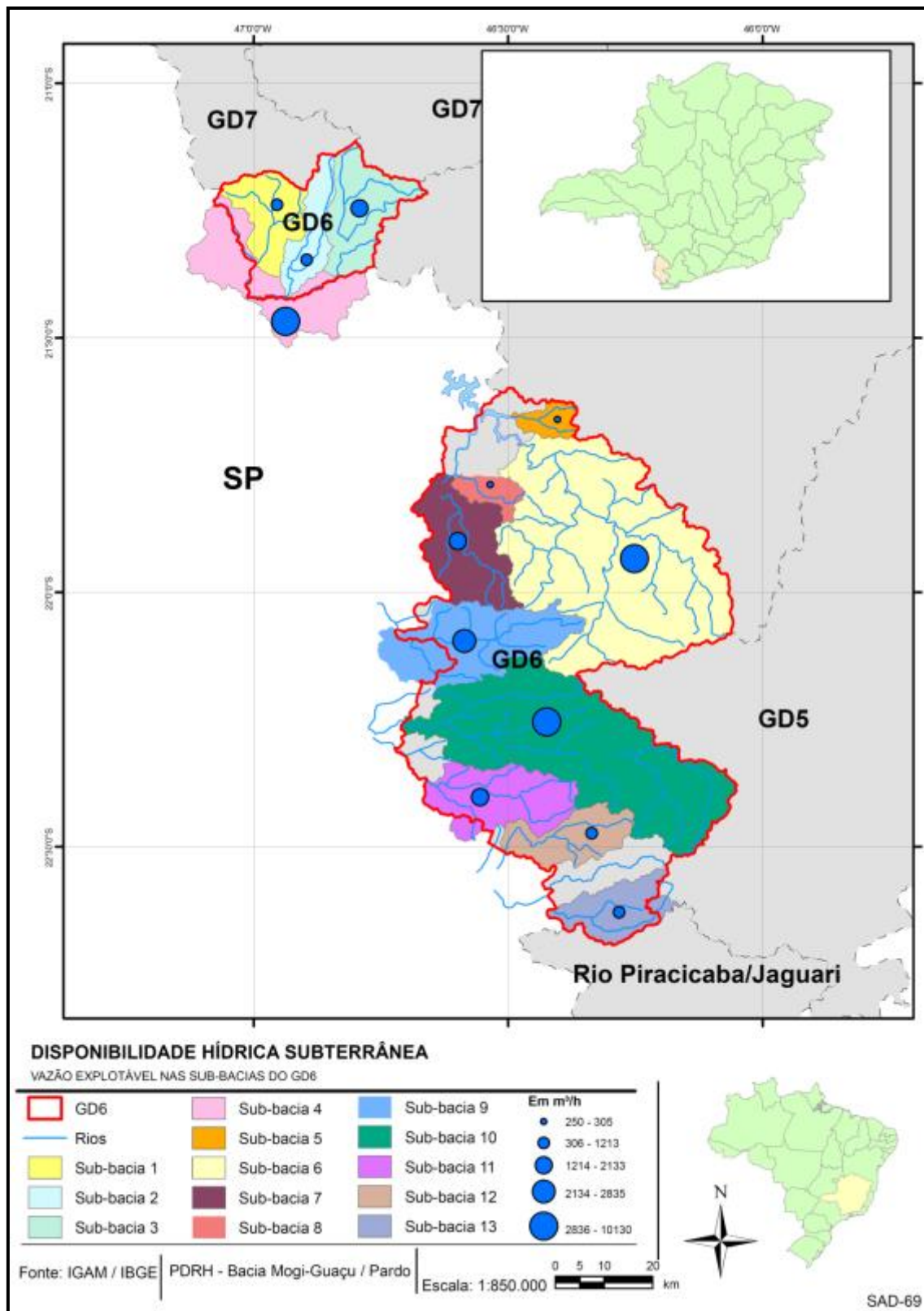


Figura 46 - Disponibilidade hídrica subterrânea nas sub-bacias da Unidade de Gestão GD6.



## 9. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

### 9.1. Base de dados de monitoramento da qualidade da água

A qualidade das águas superficiais da Unidade de Gestão GD6, localizada na bacia do Rio Grande foi avaliada considerando o monitoramento físico-químico e bacteriológico realizado pelo IGAM no âmbito do Projeto Águas de Minas. Esse projeto vem atender a uma das ações previstas na Lei Estadual nº 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 a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Estadual nº 13.199/99 fundamentada na Lei Federal nº 9.433/97. Na área da Unidade de Gestão GD6 são operadas, sete estações de monitoramento, apresentadas na Tabela 39 e Figura 47.

**Tabela 39 - Descrição das estações de amostragem da Unidade de Gestão GD6.**

ESTAÇÃO	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
BG063	Ribeirão das Antas a jusante da cidade de Poços de Caldas	21° 44' 04"	46° 36' 08"	1000m
BG075	Rio Pardo a jusante de Ipuiúna	21° 44' 54"	46° 24' 18"	955m
BG077	Rio Mogi-Guaçu na cidade de Inconfidentes	22° 18' 52"	46° 19' 47"	857m
BG079	Ribeirão Ouro Fino na cidade de Ouro Fino	22° 17' 07"	46° 22' 57"	860m
BG081	Rio Eleutério a montante de sua foz no rio Mogi-Guaçu	22° 19' 31"	46° 41' 57"	684m
BG083	Rio das Antas a jusante de Bueno Brandão	22° 27' 29"	46° 20' 23"	1077m
BG091	Ribeirão Pirapetinga a jusante da cidade de Andradas	22° 06' 00"	46° 35' 05"	850m



**Figura 47 - Localização das estações de monitoramento de qualidade da água na região.**

De acordo com IGAM (2008), realizaram-se 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, caracterizam 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 (Tabela 40) e nas campanhas intermediárias, apenas 18 parâmetros comuns em todos os locais (Tabela 41). Para as regiões onde a pressão de atividades industriais e minerárias é mais expressiva, também são incluídos parâmetros característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta.

**Tabela 40 - Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas.**

PARÂMETROS COMUNS A TODOS OS PONTOS	
Alcalinidade Bicarbonato	Fosfato Total
Alcalinidade Total	Índice de Fenóis
Alumínio*	Magnésio
Amônia	Manganês
Arsênio	Mercúrio
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 41 - Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias.**

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).

Além dos parâmetros comuns a todos os locais de amostragem foram analisados alguns parâmetros específicos para cada uma das estações, apresentados na Tabela 42.

**Tabela 42 - Relação dos parâmetros específicos analisados nas campanhas intermediárias por estação de amostragem em 2007.**

ESTAÇÃO	PARÂMETROS ESPECÍFICOS
BG063	Cádmio total, Chumbo total, Cobre dissolvido, Densidade de cianobactérias, Ferro dissolvido, Fenóis totais, Manganês total, DQO, Ensaio ecotoxicológico.
BG075	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico.
BG077	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico.
BG079	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico.
BG081	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico.
BG083	Cianeto livre, Índice de fenóis, Cádmio total, Cromo total, Mercúrio total e Ensaio ecotoxicológico.
BG091	----

## 9.2. Indicadores ambientais

Segundo o estudo do IGAM (2008), os indicadores ambientais que expressaram a qualidade da água foram: o Índice de Qualidade das Águas (IQA), a Contaminação por Tóxicos (CT) e os Ensaio de Ecotoxicidade.

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. Este indicador 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<sub>5,20</sub>), 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 12:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Equação 12

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). A Tabela 43 traz os níveis de qualidade da água conforme a faixa em que se encontra o valor de IQA.

**Tabela 43 - 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 nove componentes, a saber: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. A Tabela 44 traz o índice de toxicidade conforme a concentração.

**Tabela 44 - 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 por meio 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.

Neste sentido, 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.

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. 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).

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).

### **9.3. Parâmetros de qualidade das águas e Análise das violações**

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, do período avaliado de 2005 a 2008, confrontando-os com os limites estabelecidos na legislação em todas as estações de amostragem na UGRH GD6, localizado 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.

### 9.3.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA) e Contaminação por Tóxicos (CT)

A Figura 48 mostra a localização das estações com os valores de IQA, bem como da Contaminação por Tóxicos (CT). as seguintes estações de amostragens pertencentes a bacia do Rio Grande foram utilizadas:

- BG063 - Ribeirão das Antas;
- BG075 – Rio Pardo;
- BG077 - Rio Mogi-Guaçu;
- BG079 - Ribeirão Ouro Fino;
- BG081 - Rio Eleutério;
- BG083 - Rio das Antas e
- BG091 - Ribeirão Pirapetinga.



Figura 48 - Localização de IQA e CT na bacia do Rio Grande.



## 9.4. Ensaios Ecotoxicológicos

Os Ensaios Ecotoxicológicos contemplam a determinação de efeitos tóxicos (agudos ou crônicos) ocasionados por um ou por uma mistura de agentes químicos, sendo estes efeitos identificados por respostas fisiológicas (mortalidade/e ou imobilidade ou alteração na reprodução) dos organismos aquáticos. Assim, estes ensaios mostram os efeitos adversos, a organismos aquáticos padronizados, oriundos da interação das substâncias presentes na amostra avaliada. Na Tabela 45 são apresentados os resultados de toxicidade nas estações monitoradas na quarta campanha de 2007.

**Tabela 45 - Ocorrência de Toxicidade nas Estações monitoradas na quarta campanha de 2007.**

ESTAÇÃO	RESULTADO	POSSÍVEL CAUSA
BG063	Ocorrência de toxicidade	Grande impacto antrópico sobre o corpo d'água, sendo na BG063 o lançamento de esgoto não tratado de Poços de Caldas não tratado e na BG083 a presença de área de pastagem.
BG077		
BG083		
BG075	Não houve ocorrência de toxicidade	-----
BG079		
BG081		

## 9.5. Qualidade das Águas Superficiais

Considerando os corpos d'água monitorados nas estações da Unidade de Gestão GD6 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 46 apresenta os parâmetros violados das estações nos anos analisados e os padrões de enquadramento para a Classe 2.

## 9.6. Principais Fontes de Poluição

### 9.6.1. Contaminação por esgoto sanitário

Entre os anos de 1997 e 2007 os parâmetros que tiveram maior número de violações em Minas Gerais foram o fósforo total (57,9%), coliformes termotolerantes (51,5%) e os coliformes totais (46,7%), indicando contaminação dos corpos d'água por descarte de esgoto sanitário, principal fator sobre a qualidade das águas.

A avaliação da evolução do IQA no período de 10 anos (1997 a 2007), indicou que a contaminação por esgotos sanitários em Poços de Caldas tem sido constante, dada as frequentes violações dos parâmetros característicos de contaminação sanitária, tais como oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (matéria orgânica biologicamente degradável), amônia não ionizável e nitrogênio amoniacal total (nutrientes), tendo como consequência um IQA Ruim nos anos de 1997, 1999 e 2003 e IQA Médio em 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 e 2006.

Deste modo, aconselha-se à ação conjunta entre a FEAM, Concessionárias de água e esgoto, Prefeituras Municipais e Ministério Público, com participação do CBH dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, bem como do COPAM e CERH, para priorizar a introdução e otimização dos sistemas de esgotamento sanitário no município de Poços de Caldas.



Tabela 46 (Cont.) - Parâmetros violados nas estações de amostragem e padrão de enquadramento para Classe 2.

VARIÁVEL	PADRÃO DA CLASSE 2	UNIDADE	BG063		BG075		BG077		BG079		BG081		BG083		BG091	
			2000	2005	2006	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2008
Coliformes Totais			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Clorofila a	30	µg / L												x		
Densidade de Cianobactérias	50000	cel / mL														
Alumínio Dissolvido	0,1	mg / L Al			x	x	x		x		x		x		x	x
Alumínio Total			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 Total	0,001	mg / L Cd														
Chumbo Total	0,01	mg / L Pb	x					x			x		x		x	
Cobre Dissolvido	0,009	mg / L Cu		x												
Cromo Total	0,05	mg / L Cr		x												
Ferro Dissolvido	0,3	mg / L Fe				x	x		x		x		x	x	x	x
Ferro Solúvel				x												
Manganês				x												
Manganês Total	0,1	mg / L Mn	x		x	x	x		x		x		x			x
Mercúrio Total	0,2	µg / L Hg														x
Níquel Total	0,025	mg / L Ni														
Selênio Total	0,01	mg / L Se														
Zinco Total	0,18	mg / L Zn	x													

### **9.6.2. Contaminação por atividades industriais e minerárias**

Em virtude das ocorrências de chumbo total a CT em 2007 na Unidade de Gestão GD6 foi considerada Média, no Rio Mogi-Guaçu na cidade de Inconfidentes (BG077), no Rio Mogi-Guaçu a jusante da cidade de Jacutinga (BG081) e no Rio das Antas a jusante da cidade de Bueno Brandão (BG083). Essa contaminação pode ser resultante de efluentes de indústrias de automóveis, materiais plásticos sintéticos, produtos inorgânicos, refinarias de petróleo, siderurgia, indústria têxtil e de tratamento de superfícies metálicas e galvanoplastia (IGAM, 2008).

### **9.6.3. Contaminação por mau uso do solo**

É interessante salientar que a qualidade das águas dos municípios de Inconfidentes, Bueno Brandão e Jacutinga sofrem influência dos agrotóxicos usados na cultura da batata, podendo estes serem as possíveis causadoras da contaminação por chumbo total desses corpos d'água.

Assim sendo, aconselha-se, prudência dos CBHs, com auxílio da EMATER e RURALMINAS, para que se evite maiores danos ambientais devido ao uso insustentável do solo notadamente nas regiões citadas.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório teve como objetivo principal a elaboração da caracterização da Unidade de Gestão GD6, em seus aspectos físicos e socioeconômicos, sob o enfoque dos recursos hídricos. Dessa forma, descrevem-se suas características fisiográficas, o meio biótico, o uso e ocupação do solo, o meio socioeconômico e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em relação à quantidade e qualidade.

Conforme descrito nesse relatório, a Unidade de Gestão GD6 compreende o trecho dentro do estado de Minas Gerais dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, desde suas nascentes até a divisa com o estado de São Paulo. A Unidade de Gestão caracteriza-se por ser uma região de relevo montanhoso, com uma rede de drenagem bastante densa e por possuir um regime pluviométrico abundante, que garante a perenidade de seus cursos d'água. Além da boa disponibilidade hídrica superficial, a região também possui a característica de dispor de reservas de águas subterrâneas com propriedades minerais e termais, exploradas para fins comerciais e turísticos.

Em termos econômicos a bacia está localizada em uma região privilegiada, pela proximidade com importantes centros urbanos do estado de São Paulo e Minas Gerais. Seus municípios possuem atividades econômicas onde se destacam produtos agrícolas como o café, bastante tradicional na região Sul de Minas Gerais, a fruticultura e a cana de açúcar, cuja introdução é mais recente. Além disso, possui importantes atividades de mineração e de indústrias de transformação, que contribuem fortemente para a economia regional.

Tais características da economia exercem influência direta sobre os recursos hídricos da bacia, tanto em relação a sua quantidade quanto à qualidade. Algumas bacias, tal como o Ribeirão das Antas no seu trecho próximo a cidade de Poços de Caldas, encontram-se em situações que justificam alertas para tomada de medidas de controle do uso de suas águas. Em relação à quantidade o curso d'água sob maior pressão é o Rio Lambari em seu trecho junto à cidade de Poços de Caldas, cujo afluente principal, Ribeirão das Antas, foi recentemente declarado em situação de conflito pelo IGAM. Entretanto, os dados obtidos por esse diagnóstico mostram que atualmente essa bacia não mais está com o limite outorgável excedido, correspondente a 30% da vazão  $Q_{7,10}$ .

Em relação ao monitoramento dos recursos hídricos superficiais, destaca-se que a rede de monitoramento existente pode ser considerada deficiente para uma gestão adequada da Unidade de Gestão. A quantidade de postos de medição de vazão e chuva é insuficiente e não estão distribuídos de forma adequada. Outro ponto importante são os dados de variáveis meteorológicas, como pressão temperatura, vento, dentre outras, que praticamente inexistem na bacia. Dentre as ações a serem implantadas é imprescindível a melhora da rede de monitoramento hidrometeorológico da bacia.

Apesar desses problemas localizados, verificou-se que as bacias da Unidade de Gestão não apresentam conflitos reais. De maneira geral, dada a grande disponibilidade de água nas bacias, esse diagnóstico conclui que a questão da qualidade da água é um problema tão, ou mais, grave do que a atual situação da quantidade. Nos dados de monitoramento da qualidade se observam que os valores de IQA estão abaixo do aceitável em grande parte dos pontos de observação, sendo que os piores resultados são apresentados nos trechos localizados imediatamente a jusante das principais cidades da Unidade de Gestão. No caso da qualidade, os cursos d'água localizados no rio Mogi-Guaçu apresentam resultados mais preocupantes. Tal constatação indica a necessidade de medidas para melhoria das condições do saneamento na bacia, com a implantação de sistemas de tratamento, mas não somente grandes sistemas nas principais cidades, mas alternativas de menor custos para as cidades e comunidades de menor porte.

Além da contaminação por esgotos domésticos, se observa que o uso do solo e atividades de mineração e industriais também são importante fontes de poluição da água na bacia. Identificou-se a ocorrência de contaminações por tóxicos, indicando a influência do uso intensivo de agrotóxicos.

Em relação à disponibilidade hídrica subterrânea observou-se que as sub-bacias da Unidade de Gestão encontram-se com nível de uso que pode ser considerado sustentável. Apesar disso, deve-se salientar que os recursos subterrâneos devem ser objeto de programas que visem sua proteção, tendo em vista que são importantes para economia de algumas cidades, que exploram com finalidades turísticas. A identificação e proteção de áreas de recarga são vitais para que os recursos subterrâneos continuem sendo explorados de forma sustentável, uma vez que os riscos de contaminação por uso inadequado dos solos são bastante significativos na região.

Finalmente, deve-se enfatizar um componente importante no diagnóstico da bacia, que diz respeito aos aspectos culturais da população da Unidade de Gestão. De maneira geral

observa-se a existência de uma consciência em relação à importância da água, mas que não se reflete na prática dos usos diários. Assim como ocorre nas demais bacias brasileiras, ainda existe a cultura de que o recurso água é inesgotável, resultando em consumos excessivos na maioria das atividades domésticas, comerciais e industriais. Um exemplo muito claro são os índices de perdas nos sistemas de distribuição das empresas de saneamento, que estão dentro da média nacional, que se caracteriza por ser extremamente elevada. Dessa forma, a racionalização do uso da água dependerá de um trabalho eficiente de conscientização dos usuários em todos os níveis, além da adoção de mecanismos de gestão com penalidades para os consumos ineficientes e incentivos para as ações sustentáveis.



## FASE II:

# 1. Prognóstico da Demanda dos Recursos Hídricos

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

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

### 1.1. Metodologia para Estimativa da Demanda Hídrica

#### 1.1.1. Demanda Hídrica nos Últimos 15 Anos na Unidade de Gestão GD6

Pela carência de metodologias consolidadas, o presente trabalho baseou-se em alguns planos diretores já finalizados, como o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (2004), Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu (2006) e o Plano na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (2007). No entanto, de maneira geral, a metodologia usada consiste na adequação do estudo

realizado pela ONS (2003) nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste último, foram estimadas as vazões de captação e retorno entre 1931 a 2001, sendo projetadas até 2010 a partir da elaboração de cenários alternativos. As estimativas contemplaram cinco classes de usos consuntivos, as quais também foram usadas neste trabalho: Abastecimento Urbano, Abastecimento Rural, Criação animal, Irrigação e Abastecimento Industrial.

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

- Para os municípios, cujas áreas estão integralmente dentro dos limites da Unidade de Gestão GD6, foi estimado o consumo referente às cinco categorias de usuários listadas acima;

- Para os municípios, cujas áreas estão parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal dentro dos limites, foi contabilizado o consumo associado ao abastecimento urbano e industrial. As vazões destinadas ao abastecimento rural, à criação animal e à irrigação foram contabilizadas em função da proporção da área inserida;

- Para os municípios inseridos parcialmente nos limites da unidade de gestão, porém com sede municipal fora dos limites, foi contabilizada apenas a parcela das vazões destinadas ao abastecimento rural, criação animal e irrigação, correspondente à proporção da área inserida.

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

- **Abastecimento Urbano**

O abastecimento urbano refere-se ao atendimento da população urbana municipal pela rede geral. Adotou-se que toda a população urbana é atendida integralmente pela rede, a fim de simplificar os cálculos, uma vez que foram verificados índices de atendimento superiores a 95% em todos os municípios nos últimos anos. Os dados básicos para a estimativa da vazão captada e destinada para o abastecimento urbana foram:

- População urbana municipal, obtida por meio dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da Contagem da População de 2007;

- Faixas de consumo per capita apresentadas no estudo da ONS (2003).

Inicialmente, foi determinada a captação per capita média da Unidade de Gestão GD6, tomando como base o volume distribuído para a população urbana segundo os dados fornecidos pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000, disponível no banco de dados do SIDRA (IBGE, 2010) (Equação 13). Por carência de dados, os valores do município de Ibitiúra de Minas foram considerados equivalentes aos valores observados no município de Albertina; já os valores referentes aos municípios de Senador Amaral e Tocos do Moji foram obtidos do ano de 2006.

$$CP_{GD6} = \frac{VD_{GD6}}{Pop_{GD6}} \quad \text{Equação 13}$$

Onde: CPGD6 = Captação per capita médio da Unidade de Gestão GD6 [L.hab-1.d-1];

VDGD6 = Volume distribuído na Unidade de Gestão GD6 no ano 2000 [L.d-1];

PopGD6 = População urbana da Unidade de Gestão GD6 atendida pelo sistema público de abastecimento de água [habitantes].

Partindo da população urbana municipal contabilizada nos anos censitários, os municípios foram enquadrados em uma das quatro faixas de consumo apresentadas no estudo da ANA (2003). Estas faixas foram ajustadas para cada ano censitário de acordo com os dados apresentados na pesquisa de saneamento supracitada, a partir dos quais foi calculado um coeficiente de proporcionalidade X, usado em tal ajuste, conforme a Equação 14.

**Tabela 47 - Consumo per capita em função da faixa populacional do município.**

Faixa Populacional	Consumo per capita [L.hab-.dia-1]
< 10.000	300
10.000 a 100.000	350
100.000 a 500.000	400

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

$$X = \left[ \frac{VD_{GD6}}{Pop_{Fx1} + \left(\frac{CP_{Fx2}}{CP_{Fx1}}\right) \cdot (Pop_{Fx2}) + \left(\frac{CP_{Fx3}}{CP_{Fx1}}\right) \cdot (Pop_{Fx3})} \right]^2 \quad \text{Equação 14}$$

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

PopFx1 = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 1 [habitantes];

PopFx2 = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 2 [habitantes];

PopFx3 = População da Unidade de Gestão GD6 pertencente à faixa 3 [habitantes];

CPFx1 = Consumo per capita da faixa 1 [L.hab-1.d-1] (Tabela 47);

CPFx2 = Consumo per capita da faixa 2 [L.hab-1.d-1] (Tabela 47);

CPFx3 = Consumo per capita da faixa 1 [L.hab-1.d-1] (Tabela 47).

De posse do coeficiente de proporcionalidade, obteve-se o consumo per capita municipal para cada faixa populacional em cada ano censitário, dado pela Equação 15.

$$CP_{(Fxn)GD6} = \frac{X \left( \frac{CP_{Fxn}}{CP_{Fx1}} \right)}{CP_{GD6}} \quad \text{Equação 15}$$

Onde: CP(Fxn)(GD6) = Consumo per capita na Unidade de Gestão GD6, na faixa n [L.hab-1.d-1].

Por fim, a estimativa da vazão captada e destinada ao abastecimento urbano municipal, nos últimos anos, se deu a partir da Equação 16 e Equação 17.

$$Q_{urb,M} = Pop_{urb} \cdot CP_{(Fxn)GD6} \cdot 10^{-6} \quad \text{Equação 16}$$

Onde: Qurb = Vazão de captação para abastecimento urbano no município M [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

Popurb = População urbana municipal [habitantes];

CP(Fxn)GD6 = Consumo per capita da faixa na qual se enquadra o município [L.hab-1.d-1].

$$Q_{urb} = \sum_{M=1}^{24} Q_{urb,M} \quad \text{Equação 17}$$

Onde: Qurb = Vazão captada para o abastecimento urbano na Unidade de Gestão GD6 [1000m<sup>3</sup>.d-1];

As vazões efetivamente consumidas no abastecimento urbano foram estimadas considerando um retorno de 85%, de acordo com a recomendação da NBR 9649 da ABNT, na falta de valores obtidos em campo. As vazões de retorno e consumo foram então obtidas, por meio das Equação 18 e Equação 19, respectivamente.

$$Q_{urb,r} = Q_{urb} \cdot k_{r_{urb}} \quad \text{Equação 18}$$

$$Q_{urb,c} = Q_{urb} - Q_{urb,r} \quad \text{Equação 19}$$

Onde:  $Q_{urb,r}$  = Vazão de retorno do abastecimento urbano [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$k_{r_{urb}}$  = Coeficiente de retorno do abastecimento urbano [adimensional];

$Q_{urb,c}$  = Vazão de consumo do abastecimento urbano [1000 m<sup>3</sup>.d-1].

- **Abastecimento Rural**

Para o cálculo das vazões retiradas para abastecimento rural foi utilizada a metodologia proposta no estudo da ONS (2003), cotando com algumas adequações. Foi considerado que a população rural não recebe atendimento da rede pública de abastecimento. Os dados utilizados para estimar a vazão de abastecimento rural foram as populações total e rural, obtidas por meio dos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e da contagem da população de 2007. Utilizaram-se também dados de volume de água distribuído em cada município, obtidos por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000. Todas as consultas foram realizadas no banco de dados SIDRA (IBGE, 2010). Os coeficientes de retirada rural per capita utilizados foram propostos pela ANA (2003) apud ONS (2003), sendo que para o estado de Minas Gerais, o valor adotado é de 125 L.hab-1.d-1. Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento rural foi feita por meio da Equação 20 e Equação 21.

$$Q_{rur,M} = Pop_{rur} \cdot CP_{rur} \cdot 10^{-6} \quad \text{Equação 20}$$

Onde:  $Q_{rur,M}$  = Vazão de captação para abastecimento rural no município M [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

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

$$Q_{rur} = \sum_{M=1}^{24} Q_{rur,M} \cdot P_{municipal}$$

Equação 21

Onde:  $Q_{rur}$  = Vazão captada para o abastecimento rural na Unidade de Gestão GD6 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

Considerando-se a inexistência de rede coletora de esgoto doméstico na zona rural, as vazões de retorno passam a ocorrer por meio do reabastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, escoamento subterrâneo. Assim, foi adotado um valor para o coeficiente de retorno de 0,5, que foi o mesmo utilizado na metodologia proposta pela ONS (2003). Deste modo, as vazões de retorno e de consumo foram obtidas por meio da Equação 22 e Equação 23.

$$Q_{rur,r} = Q_{rur} \cdot k_{rur}$$

Equação 22

$$Q_{rur,c} = Q_{rur} - Q_{rur,r}$$

Equação 23

Onde:  $Q_{rur,r}$  = Vazão de retorno do abastecimento rural [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

$Q_{rur,c}$  = Vazão de consumo do abastecimento rural [1000 m<sup>3</sup>.d-1].

#### • Criação Animal

A estimativa das vazões captadas para a criação animal baseou-se em duas fontes de dados: o efetivo de rebanhos em cada município, obtido da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) disponível em IBGE (2010), e o consumo per capita por espécie animal, proposta na Tabela 48 seguinte e obtida dos estudos da ONS (2003).

**Tabela 48 - Coeficientes de retirada per capita por espécie.**

Espécie	Vazão retirada [L.animal-1.d-1]
Bovino	50
Suíno	12,5
Bubalino	50

Equino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10
Aves	0,36

A estimativa da vazão retirada municipal destinada para criação animal, por município, foi feita pela Equação 24 e Equação 25. Considerando-se a inexistência de informações que permitam embasar uma metodologia consistente para estimar o coeficiente de retorno para o abastecimento animal, foi adotado um valor de 0,2, que foi o mesmo utilizado na metodologia proposta pela ONS (2003). Assim, as vazões de retorno e consumo foram obtidas pela Equação 26 e Equação 27. Considerando que os rebanhos encontram-se homoganeamente espalhados na área dos municípios, com a proporção da área municipal dentro dos limites da unidade de gestão, pode-se calcular as respectivas vazões de captação, retorno e consumo para a Unidade de Gestão GD6.

$$Q_{a,M} = \sum [Rb_{(esp.anim)} \cdot q_{(esp.anim)}] 10^{-6} \quad \text{Equação 24}$$

Onde:  $Q_{a,M}$  = Vazão de captação para criação de animais no município M [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

$q(esp.anim)$  = Vazão per capita por espécie animal [L.animal-1.d-1].

$$Q_a = \sum_{M=1}^{24} Q_{a,M} \cdot P_{municipal} \quad \text{Equação 25}$$

Onde:  $Q_{rur}$  = Vazão captada para a criação de animais na unidade de gestão GD6 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

$$Q_{a,r} = Q_a \cdot kr_{animal} \quad \text{Equação 26}$$

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{a,r} \quad \text{Equação 27}$$

Onde:  $Q_{a,r}$  = Vazão de retorno da criação animal [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$k_{ra}$  = Coeficiente de retorno da criação animal [adimensional];

$Q_{a,c}$  = Vazão de consumo da criação animal [1000 m<sup>3</sup>.d-1].

#### • Irrigação

De maneira geral, a demanda hídrica da irrigação foi obtida do balanço hídrico simplificado, em função da área plantada anual de cada cultura em cada município (Equação 28). Assim, considerando que as culturas se distribuem homoganeamente na área municipal, pode-se estimar a demanda na unidade de gestão, a partir da proporção do município que se encontra dentro dos limites da unidade (Equação 29).

Esta estimativa resultou na vazão que deveria ser captada para atender aquela determinada situação. A seguir são detalhadas as etapas constituintes deste cálculo.

$$Q_{irrig,M} = \sum_{c=1}^{10} A_{p_c} \cdot \left( \sum_{m=1}^{12} (P_{ef_m} - E_{Trc_m}) \cdot \frac{\alpha}{\varepsilon} \cdot \frac{0,01}{d} \right) \quad \text{Equação 28}$$

Onde:  $Q_{irrig,M}$  = Vazão de captação para irrigação no município M [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$A_{p_c}$  = Área plantada da cultura c [hectares];

$P_{efm}$  = Precipitação efetiva no mês m [mm/mês];

$E_{Trcm}$  = Evapotranspiração real da cultura no mês m [mm/mês];

$\alpha$  = Fator de práticas agrícolas [adimensional];

$\varepsilon$  = Eficiência no método de irrigação utilizado [adimensional];

$d$  = número de dias no mês m [dias];

O fator  $\alpha$  busca incorporar o fato de existirem variações anuais das práticas agrícolas decorrentes da alternância entre épocas de plantio e colheita e da quantidade de safras, o que reduziria a quantidade real de água em decorrência de paralisações na irrigação. Geralmente utiliza-se um fator equivalente a 0,75. Por sua vez, o fator  $\varepsilon$  representa o quanto realmente foi irrigado o sistema, uma vez que a distribuição não uniforme da água normalmente produz perdas por drenagem num ponto, e armazenamento insuficiente em outros. Na literatura encontram-se tabelas com recomendações que podem ser consideradas satisfatórias para



bons projetos de irrigação. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado pelo IBGE, a irrigação por aspersão convencional é típica na região, o que justificou a utilização de um fator de eficiência de 0,75.

$$Q_{irrig} = \sum_{M=1}^{24} Q_{irrig,M} \cdot P_{municipal} \quad \text{Equação 29}$$

Onde:  $Q_{irrig}$  = Vazão captada para irrigação na Unidade de Gestão GD6 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

- **Abastecimento Industrial**

Os dados utilizados na estimativa das vazões destinadas ao abastecimento industrial foram obtidos da Fundação João Pinheiro (2009), e pela Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE (2009). A partir do Valor de Produção Industrial de Minas Gerais – isto é, o quanto cada classe de indústria produziu naquele respectivo ano – e o Valor Adicionado pela Indústria de Minas Gerais – isto é, o quanto o setor industrial contribuiu para o PIB estadual naquele respectivo ano – foi possível estabelecer a proporção mostrada na Equação 30. Embora o período de análise seja entre os anos de 1995 a 2009, encontram-se nestes bancos de dados apenas valores entre 1996 e 2007, sendo todos expressos no ano base de 2002. Os anos não contemplados, ou seja, 1995, 2008 e 2009, tiveram seus valores estimados a partir de tendências e taxas de crescimento estaduais obtidas da literatura.

$$VP_{(ind,munic)} = \frac{VP_{(ind,MG)}}{VA_{MG}} \cdot VA_{munic} \quad \text{Equação 30}$$

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

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

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

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

A estimativa da vazão de captação para o setor industrial em cada município é dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria (Equação 31). Vale lembrar que a vazão de captação para o setor foi contabilizada apenas para os municípios cuja sede municipal está inserida na unidade de gestão.

$$Q_{ind,M} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_C) \cdot V_{retirada}}{365000} \quad \text{Equação 31}$$

Onde:  $Q_{ind}$  = Vazão de captação para abastecimento industrial no município M [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

$V_{retirada}$  = Volume captado por unidade monetária produzida [m<sup>3</sup>.US\$-1];

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

**Tabela 49 - Parâmetros utilizados na estimativa das vazões de captação e retorno para o abastecimento industrial.**

CLASSES DAS INDÚSTRIAS	CAPTAÇÃO/PRODUÇÃO [m3.US\$-1]	RETORNO/PRODUÇÃO [m3.US\$-1]
Extrativa animal	0,13233	0,10586
Produtos alimentares	0,02708	0,02166
Bebidas	0,00998	0,0087
Fumo	0,00564	0,00451
Têxtil	0,03064	0,02451
Vestuários, Calçados e Artefatos de Tecidos	0,03052	0,02442
Couros e Peles, Artefatos para Viagens	0,01474	0,01179
Madeira	0,05039	0,04031
Papel e Papelão	0,08545	0,06836
Editorial e Gráfica	0,00001	0,00001
Química	0,02304	0,01843
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	0,00560	0,00448
Perfumaria, Sabões e Velas	0,00753	0,00602
Borracha	0,00134	0,00107
Produtos de Matérias Plásticas	0,00023	0,00018
Transformação de não metálicos	0,00492	0,00394
Metalurgia	0,01013	0,00811
Mecânica	0,01132	0,00905
Material Elétrico de Comunicações	0,00001	0,00001
Material de Transporte	0,00551	0,0044
Mobiliário	0,12274	0,09838
Genérica	0,02713	0,02176

Devido à ausência de dados, para a estimativa as vazões de demanda industrial para os anos de 2008 e 2009, foram utilizadas as taxas de crescimento do valor adicionado do setor industrial, encontradas no banco de dados da Fundação João Pinheiro (2009), e que se referem ao 4º trimestre dos respectivos anos. Tais taxas foram de (+3,4%) e (-10,7%), respectivamente. A vazão do ano de 1995 foi estimada através de uma taxa obtida pela relação entre a diferença das vazões de cada município no período de 1996 a 1999. Para a estimativa na unidade de gestão foi utilizada a Equação 32.

$$Q_{ind} = \sum_{M=1}^{24} Q_{ind,M} \quad \text{Equação 32}$$

Onde:  $Q_{ind}$  = Vazão captada para o abastecimento industrial na Unidade de Gestão GD6 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

A vazão de retorno do abastecimento industrial foi estimada através da Equação 33 seguinte e a partir dos dados apresentados na Tabela 49 acima.

$$Q_{ind,r} = \sum \frac{(VP_{ind} \cdot F_c) \cdot V_r}{365000} \quad \text{Equação 33}$$

Onde:  $Q_{ind,r}$  = Vazão de retorno do abastecimento industrial [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

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

$V_r$  = Volume de efluente por unidade monetária produzida [m<sup>3</sup>.US\$-1];

$F_c$  = Fator de conversão monetária [R\$.US\$-1].

Por fim, as vazões de consumo foram obtidas pela Equação 34.

$$Q_{ind,c} = Q_{ind} - Q_{ind,r} \quad \text{Equação 34}$$

Onde:  $Q_{ind,c}$  = Vazão consumida no abastecimento industrial [1000 m<sup>3</sup>.d-1].

### 1.1.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos na Unidade de Gestão GD6

Esta seção dedica-se a apresentar a metodologia utilizada na construção dos cenários que ilustram a futura demanda de água na região. Não se pretendeu por meio desta cenarização fornecer probabilidades ou garantia da ocorrência de determinados eventos.

Apenas buscou-se desenhar o possível comportamento da demanda hídrica superficial na bacia para próximos anos, tendo como base algumas variáveis, que interferem direta ou indiretamente no consumo de água nas cinco classes de uso analisadas até então, e os limites de outorga determinados pela vazão de referência  $Q_{7,10}$ . Para tal foram desenhados três cenários: *Tendencial*, *Alta Demanda* e *Baixa Demanda*. O ano de 2009 foi considerado como base para todos os cálculos e a projeção foi feita até o ano de 2030, considerando os quinquênios, 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030.

O cenário tendencial consiste num horizonte de demanda provável, considerando que a região não sofra grandes mudanças nos próximos anos. Este cenário foi elaborado a partir de variáveis demográficas, econômicas, ou simplesmente a partir do ajuste de linhas tendenciais sobre a vazão captada nos últimos quinze anos para cada classe de uso. Para os valores de consumo e retorno, foram mantidas os percentuais usados até aqui.

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

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

- **Abastecimento Urbano**

Na projeção da demanda de água que será destinada ao abastecimento urbano, mantiveram-se as seguintes premissas: toda população urbana municipal é atendida pela rede

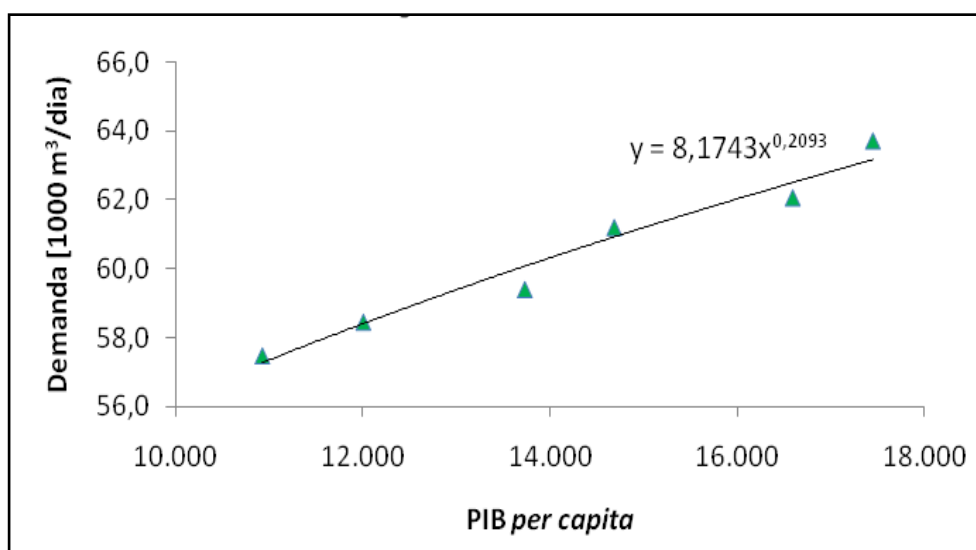
geral (no seu uso domiciliar, comercial e público); e apenas os municípios com sede dentro dos limites da bacia foram considerados neste prognóstico.

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

As linhas de tendência do crescimento populacional foram obtidas a partir dos dados demográficos referentes aos anos de 1991, 2000 e 2007. Desta forma, para cada um dos municípios, cujas sedes encontram-se dentro dos limites da unidade de gestão, foi determinada a equação que rege a tendência de crescimento populacional, a partir da qual foi possível determinar a população para os anos de 2008, 2009 e para os quinquênios 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030. A população urbana total na unidade de gestão foi obtida através da soma das tendências de cada município.

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

Por sua vez, na construção dos cenários alternativos, a variável utilizada foi o PIB municipal. A partir do gráfico, determinou-se uma linha de tendência de crescimento, que foi adotada para os outros municípios.



**Figura 49 - Relação entre o PIB per capita e a demanda hídrica do município de Poços de Caldas (MG).**

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

Como o cenário de alta demanda é caracterizado por um alto desenvolvimento, utilizaram-se as taxas de crescimento do PIB correspondentes ao cenário denominado no estudo como “Salto para o Futuro”. As taxas definidas pelo estudo da MACROPLAN estão apresentadas na Tabela 50.

**Tabela 50 - Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Salto para o Futuro”.**

ANO	2007	2008	2010	2012	2014
% a.a.	5,4	5,0	5,5	6,0	6,5

Fonte: MACROPLAN, 2008

Como a projeção de demanda estende-se, neste trabalho, até o ano de 2030, foram estimadas, através do ajuste de uma tendência, as taxas para os anos futuros obtendo-se valores para todos os anos da projeção até 2030. Considerando que no Plano Diretor são

apresentados em períodos quinquenais, calculou-se uma média das taxas encontradas para um mesmo período, como apresenta a Tabela 51 seguinte.

**Tabela 51 - Projeção e média do crescimento da taxa do PIB no Brasil.**

ANO	TAXA (% a.a.)	MÉDIA
2008	5,0	-
2009	5,5	-
2010	5,5	-
2011	5,9	
2012	6,0	
2013	6,2	6,2
2014	6,5	
2015	6,6	
2016	6,8	
2017	7,0	
2018	7,2	7,2
2019	7,4	
2020	7,5	
2021	7,7	
2022	7,9	
2023	8,1	8,1
2024	8,3	
2025	8,5	
2026	8,7	
2027	8,8	
2028	9,0	9,0
2029	9,2	
2030	9,4	

A partir das respectivas médias apresentadas na tabela acima, determinou-se o valor do PIB per capita de Poços de Caldas para os demais anos, e a partir da equação apresentada na Figura 49, calculou-se então a futura demanda de água do município, cujos resultados são apresentados na Tabela 52 abaixo.

**Tabela 52 - Demanda de água em função do PIB per capita do município de Poços de Caldas.**

ANO	2009	2010	2015	2020	2025	2030
PIB per capita (R\$)	20379,0	21500,0	29045,0	41119,0	60697,0	93390,0
Demanda (1000 m <sup>3</sup> /dia)	65,22	65,95	70,24	75,54	81,95	89,69

A partir dos valores de demanda obtidos, calcularam-se as taxas de crescimento da demanda nos horizontes de projeção (2009-2030), conforme mostra a Tabela 53 seguinte.

Estas taxas foram aplicadas aos municípios da unidade de gestão. A demanda hídrica total foi determinada pela soma da demanda de cada município.

**Tabela 53 - Taxa de crescimento da demanda de água nos municípios da Unidade de Gestão GD6 - Cenário de Alta demanda.**

ANO	2009 - 2010	2010 - 2015	2015 - 2020	2020 - 2025	2025 - 2030
Taxa	1,13%	6,50%	7,55%	8,49%	9,44%

Quanto ao cenário de baixa demanda procedeu-se da mesma forma, sendo as taxas de variação do PIB nacional, aquelas disponibilizadas no cenário “Baleia Encalhada”, segundo o estudo da MACROPLAN (2008), como apresenta a Tabela 54 abaixo.

**Tabela 54 - Taxa de crescimento do PIB no Brasil – “Baleia encalhada”.**

ANO	2007	2008	2010	2012	2014
% a.a.	5,4	4,0	4,0	2,5	2,5

Fonte: MACROPLAN, 2008

- **Abastecimento Rural**

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

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

- **Criação de Animais**

Por conta da baixa contribuição que esta classe de uso corresponde à demanda na unidade de gestão, optou-se por ajustar apenas uma curva de tendência para cada município, e com as equações resultantes foram determinadas as vazões de retirada para os anos futuros.



No entanto, por este mesmo motivo não foram desenhados cenários alternativos para esta classe de uso.

- **Irrigação**

O prognóstico da demanda hídrica associada a esta classe de uso é difícil por conta da grande variação dos resultados observada nos últimos anos, tanto a nível do município como da unidade de gestão, tornando inviável o ajuste simples de curvas tendenciais. Desta forma, julgou-se conservador traçar a tendência e os cenários alternativos a partir do ano de 2009 e baseando-se na contribuição de cada município na variação da vazão captada na unidade de gestão que é destinada à irrigação (Equação 35).

$$Contrib.M = \left( \frac{Q_{irrig,M,n} - Q_{irrig,M,n-1}}{Q_{irrig,n} - Q_{irrig,n-1}} \right) \cdot 100 \quad \text{Equação 35}$$

Onde: Contrib.M = Contribuição do município M na variação da vazão captada para irrigação na unidade de gestão GD6, entre os anos n e n-1;

$Q_{irrig,M,n}$  = Vazão captada para irrigação no município M no ano n [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$Q_{irrig,M,n-1}$  = Vazão captada para irrigação no município M no ano n-1 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$Q_{irrig,n}$  = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

$Q_{irrig,n-1}$  = Vazão captada para irrigação na unidade de gestão no ano n-1 [1000 m<sup>3</sup>.d-1];

Para exemplificar, considere os valores referentes ao município de Albertina e à Unidade de Gestão GD6, apresentados na Tabela 55 seguinte. Através da Equação 35 pode-se calcular a contribuição de Albertina na variação de demanda hídrica na unidade de gestão entre o ano 1995 e 1996 (Tabela 56). O resultado sugere que o município foi responsável pela variação de (-0,08%) da demanda hídrica na bacia.

$$Contrib.Albertina = \left( \frac{0,010 - 0,018}{43,212 - 33,137} \right) \cdot 100$$

$$Contrib.Albertina = -0,08\%$$

**Tabela 55 - Vazões de captação para irrigação no município de Albertina e na Unidade de Gestão GD6.**

ANO	ALBERTINA [1000 m3/dia]	UNIDADE DE GESTÃO GD6 [1000 m3/dia]
1995	0,018	33,137
1996	0,01	43,212
1997	0,016	116,781
1998	1,767	42,332
1999	0,021	66,198
2000	0,077	82,733
2001	0,521	47,613
2002	0,059	96,593
2003	0,108	19,259
2004	0,179	30,582
2005	0,142	23,343
2006	0,02	42,536
2007	0,01	12,504
2008	0,01	5,963

**Tabela 56 - Contribuição do município de Albertina.**

ANO	TAXA DE CONTRIBUIÇÃO
1995 – 1996	-0,08%
1996 – 1997	0,01%
1997 – 1998	-2,35%
1998 – 1999	-7,32%
1999 – 2000	0,34%
2000 – 2001	-1,26%
2001 – 2002	-0,94%
2002 – 2003	-0,06%
2003 – 2004	0,63%
2004 – 2005	0,52%
2005 – 2006	-0,64%
2006 – 2007	0,03%
2007 – 2008	0,00%
Média	-0,86%

Logo os cenários foram construídos adotando o seguinte:

- A média das variações (no caso de Albertina, este valor seria -0,86%) para o cenário tendencial, isto é, considerando que a partir de 2009 a demanda hídrica de Albertina destinada à irrigação seria incrementada a uma taxa de -0,86% ao ano.
- A média apenas das taxas positivas de cada município, ou seja, aquelas que indicaram que houve um aumento na demanda hídrica para este tipo de classe de uso, para o cenário de alta demanda;

- A média das taxas negativas, representando que houve uma queda da quantidade de água demanda, para o cenário de baixa demanda.

Este procedimento foi aplicado a cada um dos municípios pertencentes ao GD6 e a demanda total da bacia foi determinada pela soma das demandas de cada município. Alguns municípios chegaram a apresentar o valor de demanda para irrigação igual a zero. Isto pode ser explicado pelo fato de ter se considerado apenas culturas em áreas expressivas como determinantes nos valores de demanda hídrica. Porém há culturas menos expressivas na região que são irrigadas e que não são consideradas nos levantamentos do IBGE, como as hortaliças. Nestes casos, adotou-se o valor de 10 m<sup>3</sup>/dia como valor mínimo de demanda de água.

- **Abastecimento Industrial**

O cenário tendencial para este tipo de classe de uso foi desenhado a partir da tendência verificada entre 2000 e 2009 em cada município. A escolha deste intervalo permite uniformizar a taxa de crescimento entre o valor adicionado de cada município e a demanda hídrica evitando grandes variações e proporcionando resultados mais sensatos nos anos futuros. A demanda total da Unidade de Gestão GD6 foi determinada pela soma das tendências de cada município.

O cenário de alta e baixa demanda foi determinado de maneira similar ao abastecimento urbano, porém aqui, foi utilizado como variável, o valor adicionado dos anos de 1999 a 2007 ao invés do PIB per capita, a partir da constatação de que todos os municípios apresentam uma relação entre o valor adicionado e a demanda hídrica. Assim, elaboraram-se gráficos por município indicando essa relação e, por fim, traçou-se uma linha de tendência. Esta tendência, definida por uma equação, foi o que determinou os valores das demandas para os anos futuros da projeção. As taxas utilizadas na projeção dos valores adicionados até o ano de 2030 foram as mesmas retiradas do plano elaborado pela MACROPLAN (2008), apresentadas na Tabela 52 e na Tabela 53.

Por fim, a Tabela 57 seguinte resume os pressupostos metodológicos utilizados na cenarização da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.

## 1.2. Resultados Gerais

Ao estimar a evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6 entre 1995 e 2030, foram elaborados gráficos que ilustram a tendência deste parâmetro e o possível desvio para cenários alternativos, em função do comportamento de outras variáveis. Nesta seção apresentam-se os resultados gerais do prognóstico, isto é, para cada classe de uso e para a unidade de gestão como um todo.

**Tabela 57 - Resumo das metodologias de cenarização.**

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

### 1.2.1. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos por Classe de Uso

- **Abastecimento Urbano**

A demanda hídrica destinada ao abastecimento urbano acusou um crescimento brando desde 1995, ou seja, sem grandes oscilações em todos os cenários (Figura 50). Em 2009, a unidade de gestão registrou a captação de 1,45 m<sup>3</sup>/s para abastecer as sedes municipais, com um retorno 85%, isto é, 1,23 m<sup>3</sup>/s.

Num cenário tendencial, uma vez que a demanda estava em função do crescimento logarítmico da população, observou-se uma tendência a estabilizar, acusando, porém, uma variação de 50% ao longo de todo o período analisado, ou 1,43% ao ano. Num cenário de alta demanda este crescimento foi estimado em 2,11% ao ano, podendo chegar a valores próximos a 2,00 m<sup>3</sup>/s. Por sua vez, no cenário de baixa demanda, ao chegar a valores de 1,66 m<sup>3</sup>/s, observou-se um incremento de 1,26% ao ano.

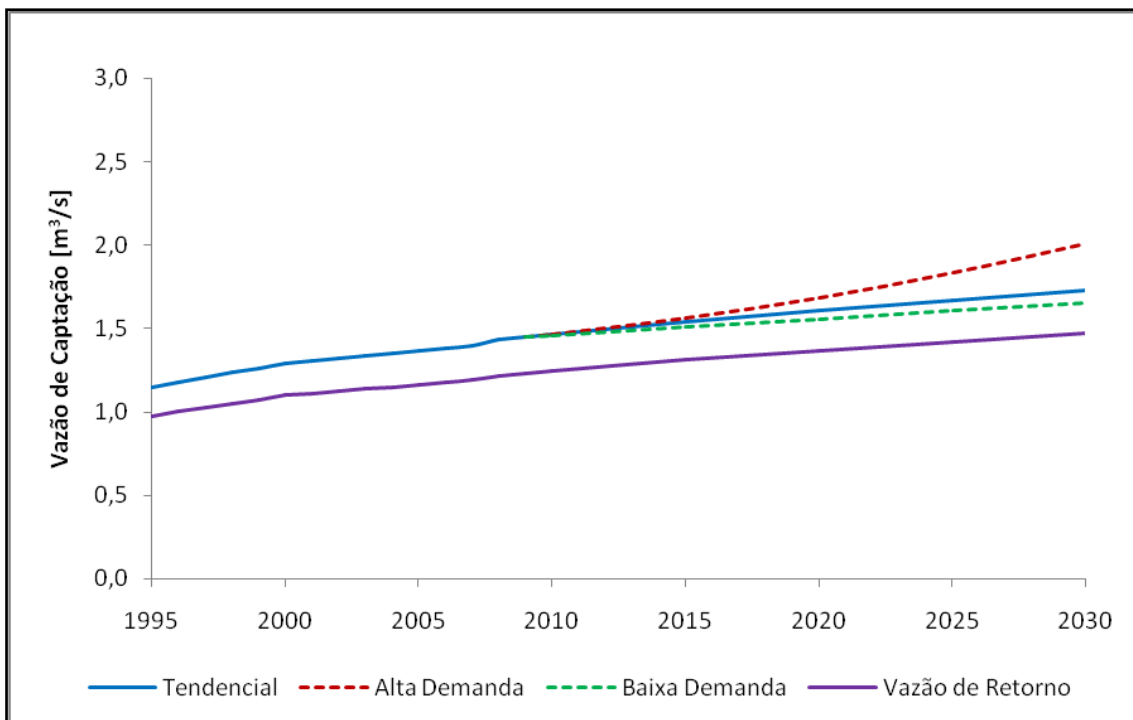


Figura 50 - Evolução da vazão de captação para o abastecimento urbano.

- **Abastecimento Rural**

A demanda hídrica destinada a esta classe de uso, não ultrapassa 3% em todo o período analisado, sinalizando uma leve tendência de diminuição, como pode ser visto na Figura 51 seguinte. O único cenário desenhado foi o tendencial, baseando-se apenas na tendência da população rural observada nas últimas décadas.

O constante fluxo migratório do campo para a cidade justifica a redução observada: entre 1995 e 2010, a redução da demanda hídrica foi de 42%, resultando num incremento de cerca de -1,20% ao ano.

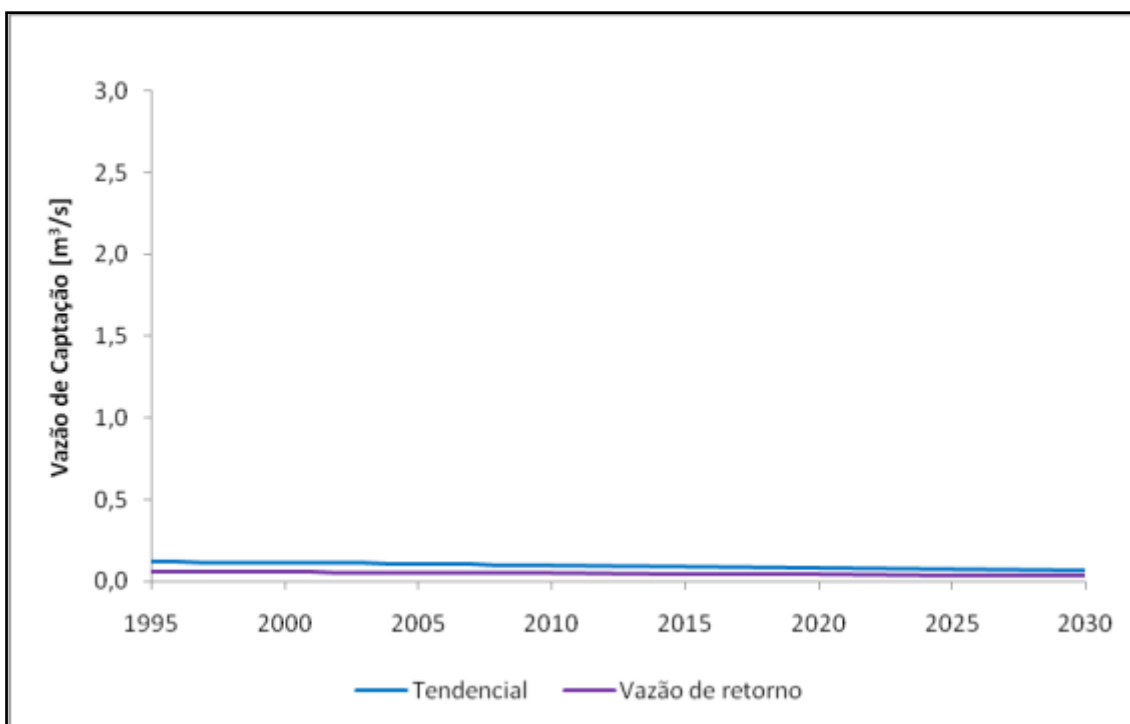


Figura 51 - Evolução da vazão de captação para o abastecimento rural.

- **Criação de Animais**

A criação de animais também se associa a pequenas contribuições à demanda hídrica da unidade de gestão – cerca de 6% – o que justificou a adoção de apenas um cenário tendencial (Figura 52). Observou-se que um crescimento modesto no período, de 1,59% ao ano. Incentivos à pecuária implicariam em alterações deste perfil, mas, estima-se que ainda se apresente em ordens menores aos valores associados a outras classes de uso.

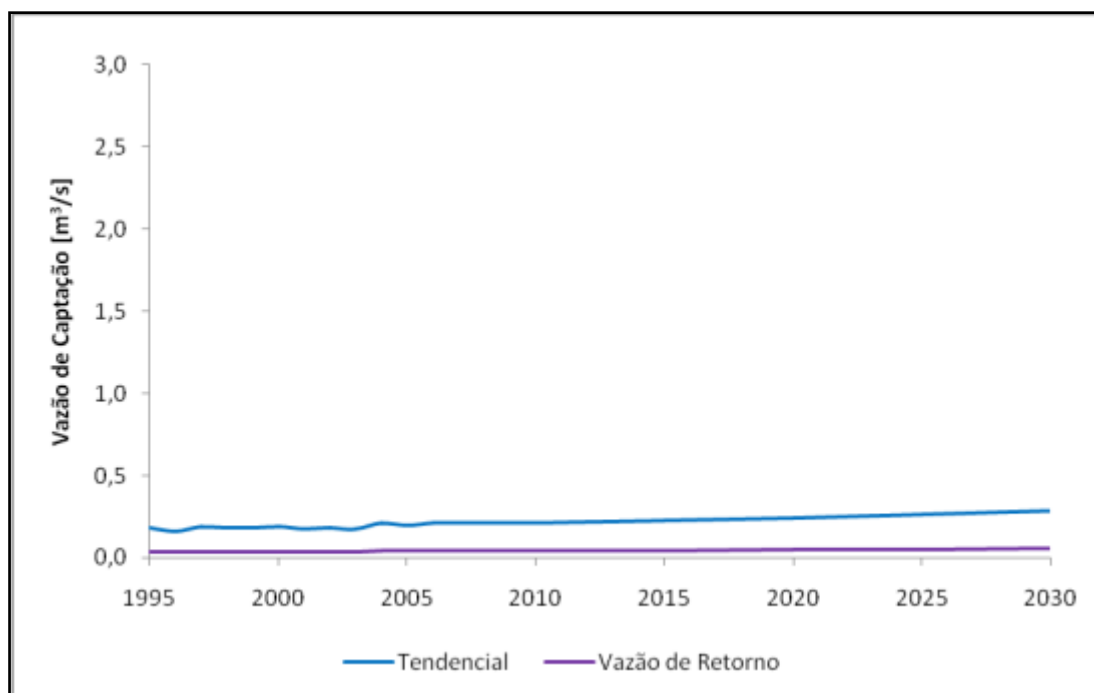


Figura 52 - Captação de água projetada para a criação e animais.

- Irrigação

De acordo com os dados obtidos das Pesquisas de Produção Agrícola nos municípios que compõem a unidade de gestão, calcula-se que no ano de 2008, cerca de 90 mil hectares era destinado à algum cultivo, sendo 50 mil destinados a lavouras permanentes e 40 mil destinados a lavouras temporárias (Figura 53).

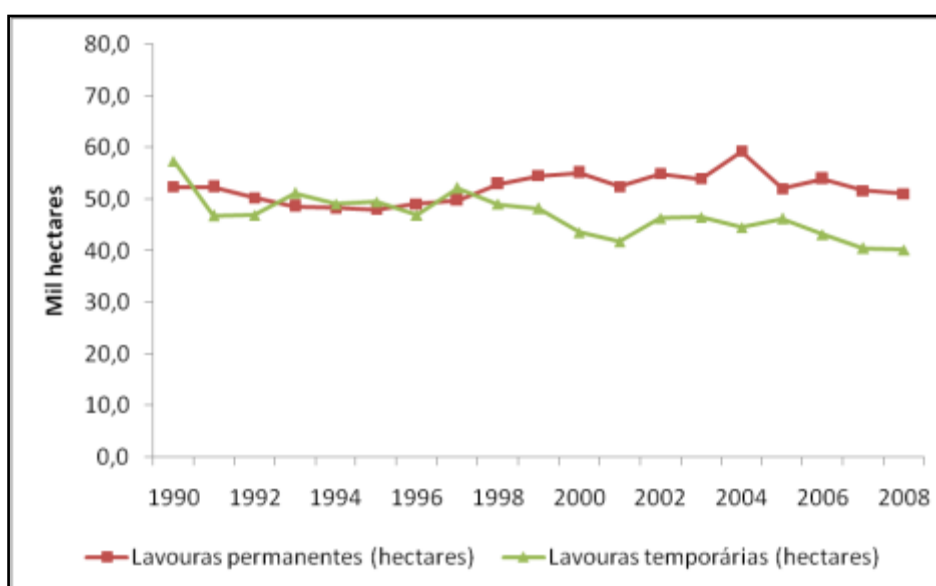


Figura 53 - Área plantada média das culturas temporárias e permanentes nos municípios da Unidade de Gestão GD6.

Das culturas usuais na Unidade de Gestão GD6, selecionou-se apenas àquelas que são comumente irrigadas e o período usual de irrigação (Tabela 58), contando para isso, com consultas realizadas nas unidades da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) sediadas na região.

**Tabela 58 - Resumo das metodologias de cearização.**

<b>CULTURA</b>	<b>PERÍODO DE IRRIGAÇÃO</b>
Alho	Abril a Junho
Arroz	Março a Abril
Batata 2ª safra	Março a Abril
Batata 3ª safra	Maio a Julho

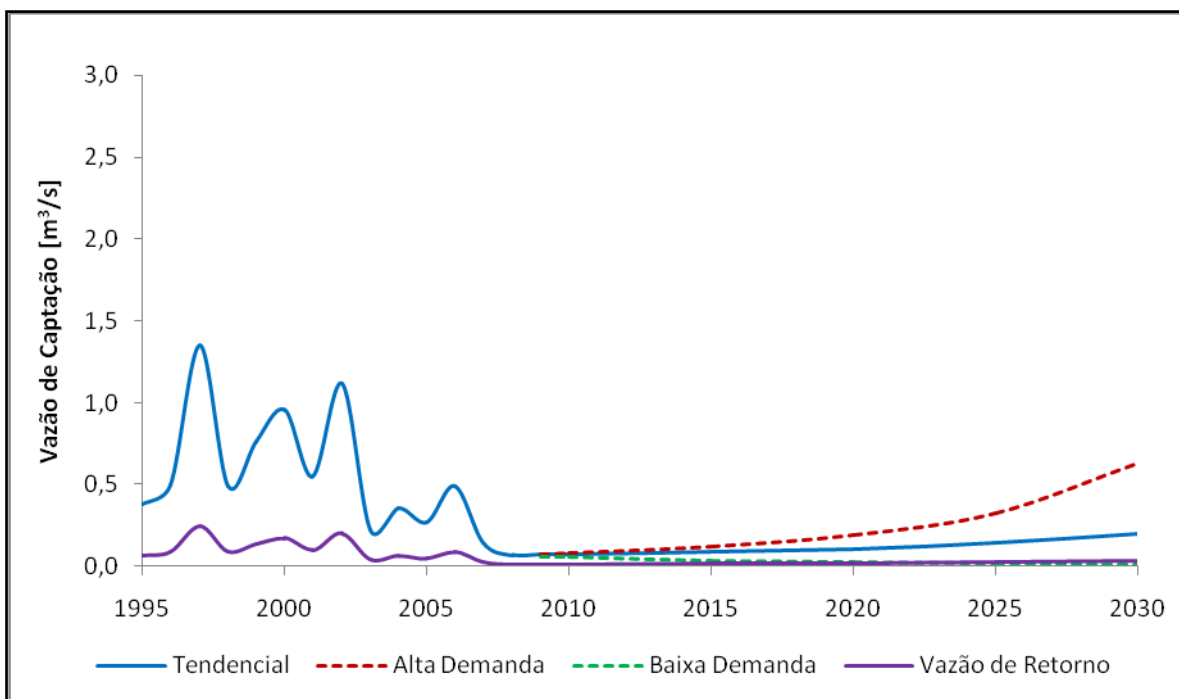
Em média, a batata de 2ª safra correspondeu, nos últimos anos, às maiores áreas de plantação irrigada, sendo encontrada especialmente na região de Ipuíuna, Santa Rita de Caldas, Caldas e Campestre. A batata de 3ª safra, dita de inverno, correspondeu a áreas bem menores, sendo verificada nas regiões de Botelhos e Borda da Mata. Por sua vez, o alho, dentre as culturas consideradas na tabela acima, consiste na cultura irrigada de menor dimensão espacial, tem sido encontrado nos últimos anos expressivamente em Inconfidentes e Ouro Fino. O arroz (Guaranésia, Monte Santo de Minas e Campestre) tem sido verificado nos últimos anos expressivamente no município de Borda da Mata.

A partir destas observações, foi construído o gráfico apresentado na Figura 54 seguinte. Chama atenção a considerável variação observada nos primeiros anos, sinalizando uma tendência de diminuição na vazão irrigada, quando se observa valores de 1,35 em 1997, para valores próximos a 0,07 em 2009. Tal tendência pode ser justificada a partir do que relata a Figura 55 e Figura 56 seguintes, das quais observa uma diminuição das áreas plantadas e um aumento da precipitação nos meses onde demandaria mais irrigação, associados as expressivas áreas de batata de 2ª safra. Estes eventos contribuem para os resultados apresentados, porém podem se distanciar da realidade.

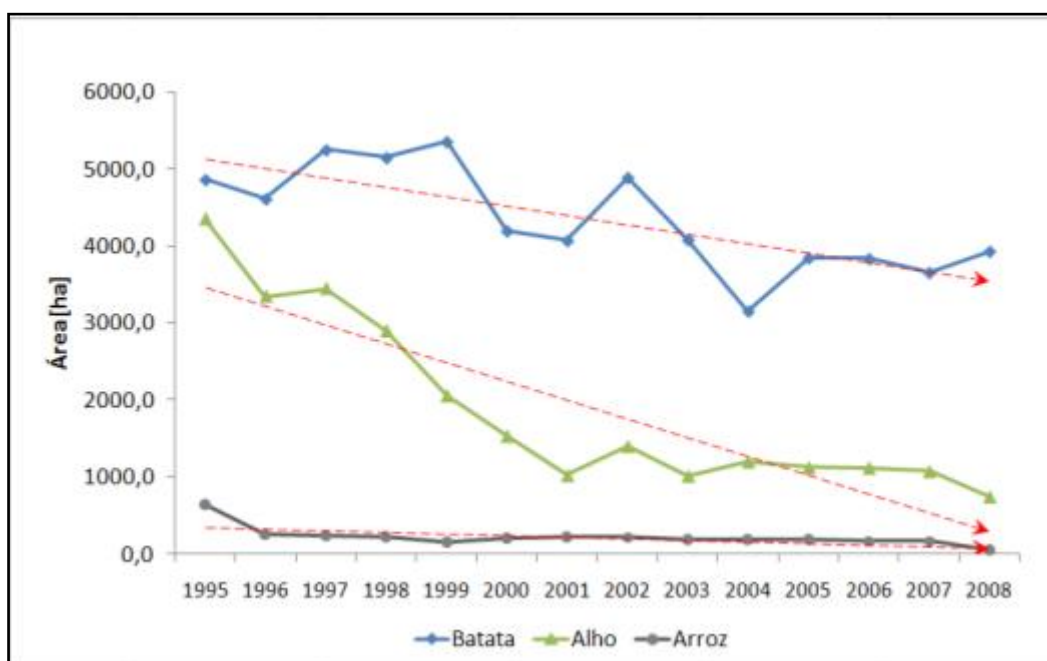
Salienta-se a complexidade em diagnosticar e, muito mais, em projetar demandas de irrigação, sugerindo, desde já, a constante atualização e revisão dos respectivos dados. Os consumidores difusos, isto é, pequenos agricultores, e as lavouras de hortaliças, associadas à práticas de irrigação intensa não foram contabilizados nos cálculos, pela ausência de dados e pela dificuldade em fazê-lo. Da mesma forma, o tamanho da amostra (apenas referente aos últimos quinze anos) não possibilitou a visualização mais clara de tendências gerais. Por sua



vez, taxas usadas na projeção, sugeridas pela equipe que confeccionou o relatório, também devem ser revistas e atualizadas. De maneira geral, acredita-se que o cadastro de usuários é um primeiro passo a fim de conferir valores mais próximos à realidade desta classe de uso.



**Figura 54 - Captação de água projetada para a irrigação.**



**Figura 55 - Área Planta das culturas mais expressivas na região.**

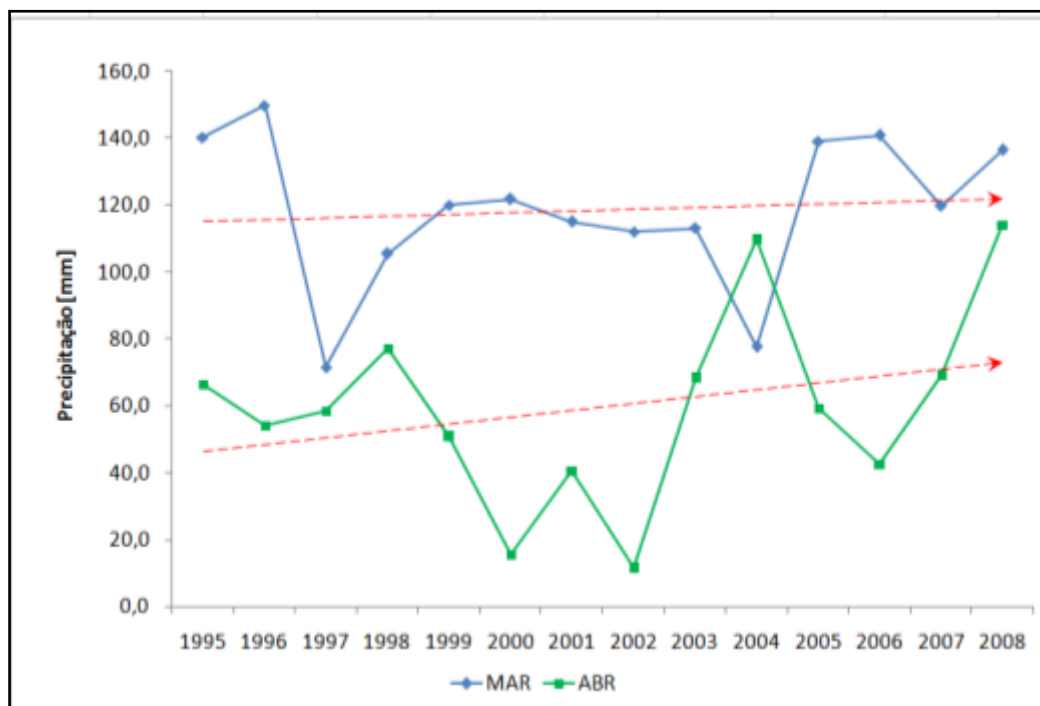


Figura 56 - Meses de maior precipitação.

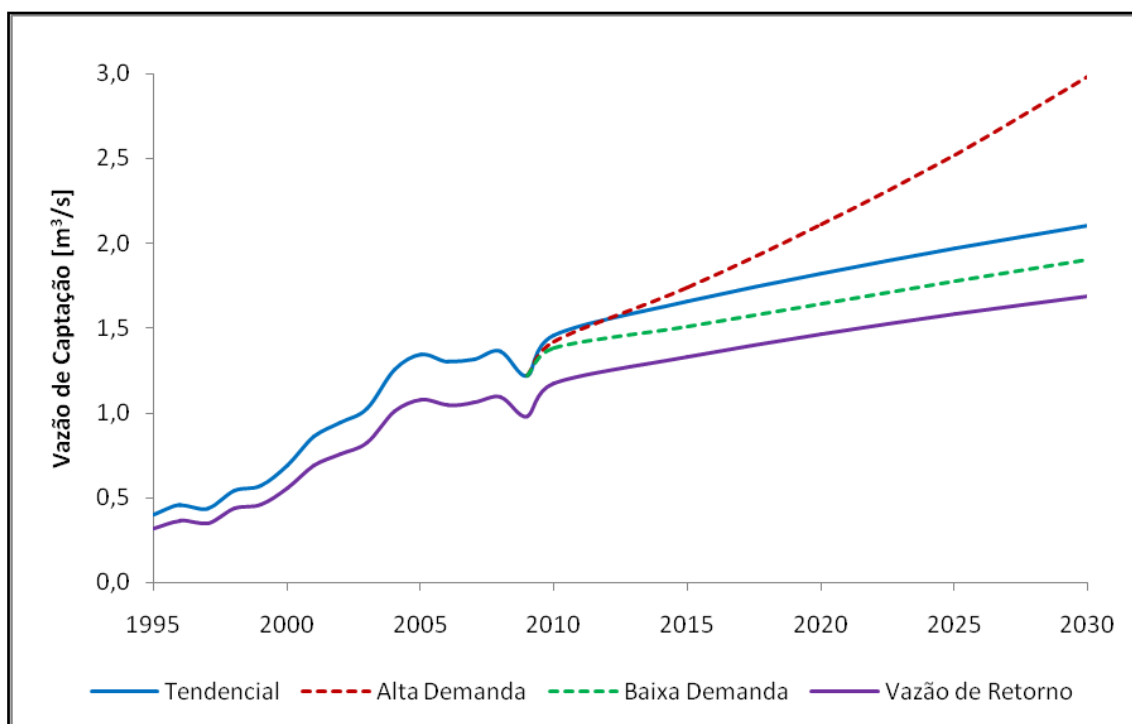
- **Abastecimento Industrial**

O abastecimento industrial correspondeu, de maneira geral, às maiores taxas de crescimento em comparação com as outras classes de uso. No período analisado, tendencialmente estimou-se um incremento 12,14% ao ano. Entre os anos de 2008 e 2009 observou-se uma queda devido aos efeitos da crise financeira mundial, que derrubou a produtividade industrial. O crescimento na demanda hídrica pode ser explicado pelo desenvolvimento industrial na região, sobretudo no município de Poços de Caldas que é responsável em cerca de 75% da demanda desta classe de uso. Em 2010 foram estimadas vazões próximas destinadas ao abastecimento urbano e industrial – cerca de 1,40 m<sup>3</sup>/s – mas já nos próximos anos, pelas projeções, observou-se uma superação da vazão destinada à indústria frente à aquela retirada para o comércio e residências; isso por conta da tendência de estabilização da população sobreposta ao crescimento econômico dos municípios.

As estimativas apresentadas na Figura 57, seguinte, basearam-se na consideração de que o setor industrial da unidade de gestão não utiliza a rede geral para seu abastecimento. Tal consideração pode ser questionada, porém, julgou-se razoável, na ausência de dados, adotar esta premissa baseando-se na realidade de Poços de Caldas, responsável por grande parte da demanda do setor. Neste município, segundo dados fornecidos pelo DMAE, cerca de apenas 3% do volume consumido da rede geral corresponde às indústrias, que por sua vez,

fazem sua própria captação ou utilizam água subterrânea. Neste último caso, embora este trabalho tenha como escopo apenas o prognóstico da demanda hídrica superficial, é conveniente registrar a sugestão em se estimar a disponibilidade hídrica subterrânea, seu uso atual e futuro, o que não foi feito, devido a carência de dados.

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



**Figura 57 - Captação de água projetada para o abastecimento industrial.**

### 1.2.2. Demanda Hídrica nos Próximos 20 Anos para a Unidade de Gestão GD6

A demanda hídrica da Unidade de Gestão GD6 apresentou nestes últimos 15 anos um crescimento médio 1,03% ao ano, chegando à captação de 3,05 m³/s em 2009. Tendencialmente a vazão captada chegaria em 4,39 m³/s, totalizando ao longo de todos os 35 anos de análise um crescimento de 2,74% ao ano. Os cenários de alta e baixa demanda registram taxas correspondentes a 4,77% e 2,16% ao ano, respectivamente, podendo chegar à captação de aproximadamente 6,0 m³/s à 4,0 m³/s (Figura 58). A vazão de retorno total

considerada na unidade de gestão foi determinada pela soma das vazões de retorno de cada tipo de classe de uso, chegando a valores próximos a 70% do que é captado.

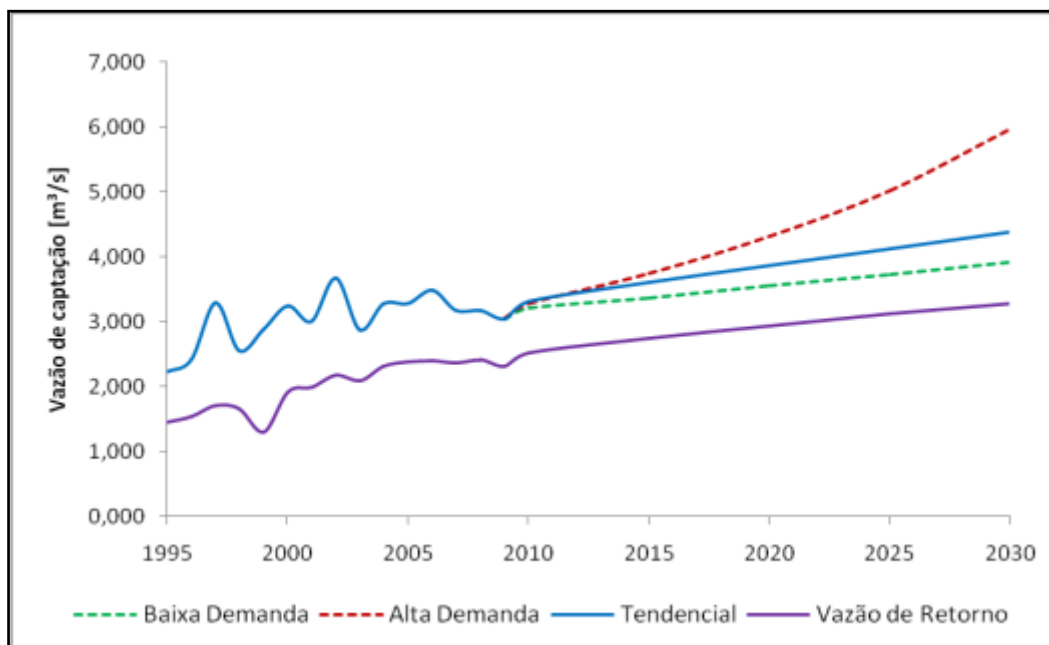


Figura 58 - Evolução da demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.

Tabela 59 - Demanda hídrica na Unidade de Gestão GD6.

Ano	AB. URBANO			AB. RURAL	criação de animal	IRRIGAÇÃO			AB. INDUSTRIAL			TOTAL		
	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]	Alta Demanda [m³/s]	Tendencial [m³/s]	Baixa Demanda [m³/s]
1995	1,15	1,15	1,15	0,12	0,18	0,38	0,38	0,38	0,40	0,40	0,40	2,24	2,24	2,24
1996	1,18	1,18	1,18	0,12	0,16	0,50	0,50	0,50	0,46	0,46	0,46	2,42	2,42	2,42
1997	1,21	1,21	1,21	0,12	0,19	1,35	1,35	1,35	0,43	0,43	0,43	3,30	3,30	3,30
1998	1,23	1,23	1,23	0,12	0,18	0,49	0,49	0,49	0,54	0,54	0,54	2,57	2,57	2,57
1999	1,26	1,26	1,26	0,12	0,18	0,77	0,77	0,77	0,57	0,57	0,57	2,90	2,90	2,90
2000	1,29	1,29	1,29	0,11	0,19	0,96	0,96	0,96	0,69	0,69	0,69	3,25	3,25	3,25
2001	1,31	1,31	1,31	0,11	0,18	0,55	0,55	0,55	0,86	0,86	0,86	3,01	3,01	3,01
2002	1,32	1,32	1,32	0,11	0,18	1,12	1,12	1,12	0,95	0,95	0,95	3,68	3,68	3,68
2003	1,34	1,34	1,34	0,11	0,18	0,22	0,22	0,22	1,03	1,03	1,03	2,88	2,88	2,88
2004	1,35	1,35	1,35	0,11	0,21	0,35	0,35	0,35	1,26	1,26	1,26	3,28	3,28	3,28
2005	1,37	1,37	1,37	0,11	0,20	0,27	0,27	0,27	1,35	1,35	1,35	3,29	3,29	3,30
2006	1,38	1,38	1,38	0,11	0,21	0,49	0,49	0,49	1,30	1,30	1,30	3,50	3,50	3,50
2007	1,40	1,40	1,40	0,11	0,21	0,14	0,14	0,14	1,32	1,32	1,32	3,18	3,18	3,18
2008	1,43	1,43	1,43	0,10	0,21	0,07	0,07	0,07	1,36	1,36	1,36	3,18	3,18	3,18
2009	1,45	1,45	1,45	0,10	0,21	0,07	0,07	0,06	1,22	1,22	1,22	3,05	3,05	3,04
2010	1,47	1,47	1,46	0,10	0,21	0,08	0,07	0,06	1,42	1,46	1,38	3,28	3,31	3,21
2015	1,56	1,54	1,51	0,09	0,23	0,12	0,09	0,04	1,74	1,66	1,51	3,74	3,61	3,37
2020	1,68	1,61	1,56	0,08	0,24	0,19	0,11	0,02	2,11	1,82	1,64	4,32	3,87	3,55
2025	1,83	1,67	1,60	0,08	0,26	0,33	0,14	0,02	2,52	1,97	1,77	5,02	4,13	3,74
2030	2,01	1,73	1,66	0,07	0,28	0,63	0,20	0,01	2,98	2,10	1,90	5,98	4,39	3,93

### 1.3. Resultados por Sub-bacia

A fim de pontuar as localidades onde eventualmente poderia surgir algum conflito em termos da demanda hídrica, projetou-se a vazão total captada nas sub-bacias que compõem a unidade de gestão, o que é apresentado a seguir. Na Tabela 60 abaixo se apresentam as principais parâmetros das sub-bacias consideradas neste tópico.

**Tabela 60 - Resumo das metodologias de cazarização.**

SUB-BACIA	ÁREA DE DRENAGEM [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>7,10</sub> [m <sup>3</sup> /s]	LIMITE DE OUTORGA [m <sup>3</sup> /s]
1	Córrego das Areias	284,45	1,04
2	Ribeirão da Onça	173,56	0,44
3	Rio Lambari	513,40	2,28
4	Ribeirão Parapatinga	121,94	0,16
5	Rio Canoas	342,92	1,36
6	Rio Capivari	420,35	1,77
7	Rio das Antas	227,08	0,73
8	Rio do Peixe	225,31	0,72
9	Rio Eleutéria	411,14	1,72
10	Rio Jaguari-mirim	391,25	1,62
11	Rio Mogi-Guaçu	1289,71	6,47
12	Rio Pardo	918,67	4,47
13	Rio Verde	337,40	1,33

#### 1.3.1. Córrego das Areias

O abastecimento urbano é o maior setor responsável pela demanda hídrica da sub-bacia, sobretudo pelo fato de Monte Santo de Minas ter a sede municipal inserida nesta sub-bacia. De maneira geral, a demanda hídrica nesta sub-bacia corresponde em até 3,0% da demanda verificada na unidade de gestão, distanciando-se do limite de outorgas estimado para a área (Figura 59). De acordo com a Tabela 61 observam-se incrementos médios de 0,22% a 0,56% ao ano, entre os anos de 1995 e 2030, partindo de uma modesta demanda de 0,09 m<sup>3</sup>/s.

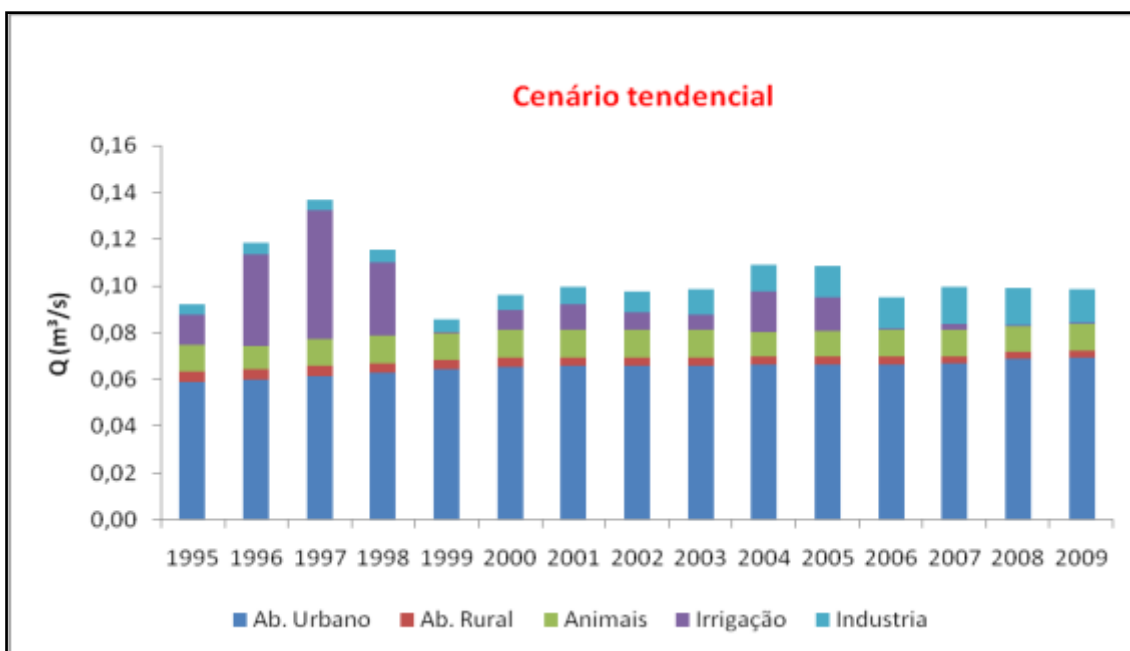


Figura 59 - Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Córrego das Areias.

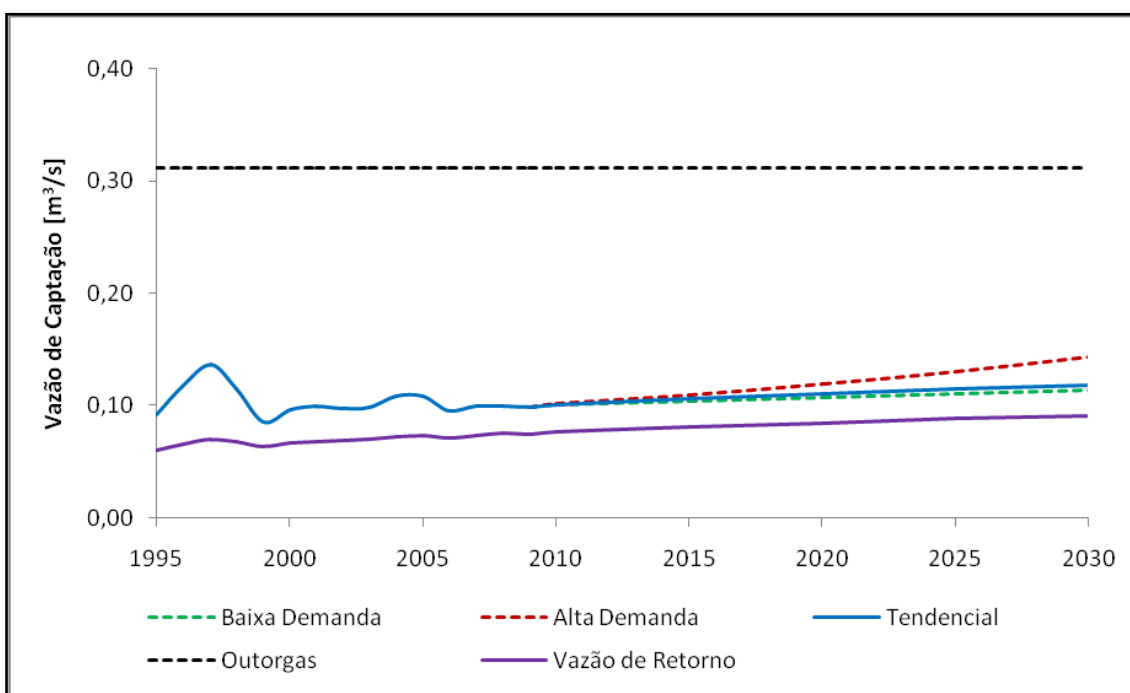


Figura 60 - Captação de água projetada para a sub-bacia do Córrego das Areias.

Tabela 61 - Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego das Areias.

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,09	0,09	0,09
1996	0,12	0,12	0,12
1997	0,14	0,14	0,14
1998	0,12	0,12	0,12

Tabela 61 (Cont.) - Vazão de demanda para a sub-bacia do Córrego das Areias.

ANO	ALTA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]	TENDENCIAL [m <sup>3</sup> /s]	BAIXA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]
1999	0,09	0,09	0,09
2000	0,10	0,10	0,10
2001	0,10	0,10	0,10
2002	0,10	0,10	0,10
2003	0,10	0,10	0,10
2004	0,11	0,11	0,11
2005	0,11	0,11	0,11
2006	0,10	0,10	0,10
2007	0,10	0,10	0,10
2008	0,10	0,10	0,10
2009	0,10	0,10	0,10
2010	0,10	0,10	0,10
2015	0,11	0,11	0,10
2020	0,12	0,11	0,11
2025	0,13	0,11	0,11
2030	0,14	0,12	0,11

### 1.3.2. Ribeirão da Onça

O abastecimento industrial é o responsável pelo aumento da demanda hídrica a partir do ano de 2002, devido à contribuição preponderante do município de Arceburgo (Figura 61), cuja sede municipal é a única dentro da sub-bacia. Observa-se que para os anos futuros da projeção, a demanda para o abastecimento industrial tende a superar a demanda para abastecimento urbano.

De maneira geral, a vazão captada nos três cenários projetados não supera a outorga, com exceção do último ano do cenário de alta demanda (Figura 62), por conta do aumento gradual associado ao abastecimento industrial a partir de 2010. A sub-bacia apresenta uma contribuição de apenas 2,0% da demanda total da unidade de gestão, uma vez que duas das três sedes municipais não estão inseridas dentro de seu limite físico.

De acordo, com a Tabela 62, as porcentagens de aumento anual para cada um dos cenários, considerando todo o intervalo de estudo foi de 1,33 ao ano para o cenário de alta demanda e 0,67% para os cenários tendencial e baixa demanda. Estes dois últimos cenários apresentaram a mesma porcentagem de incremento por conta da evolução do abastecimento industrial.



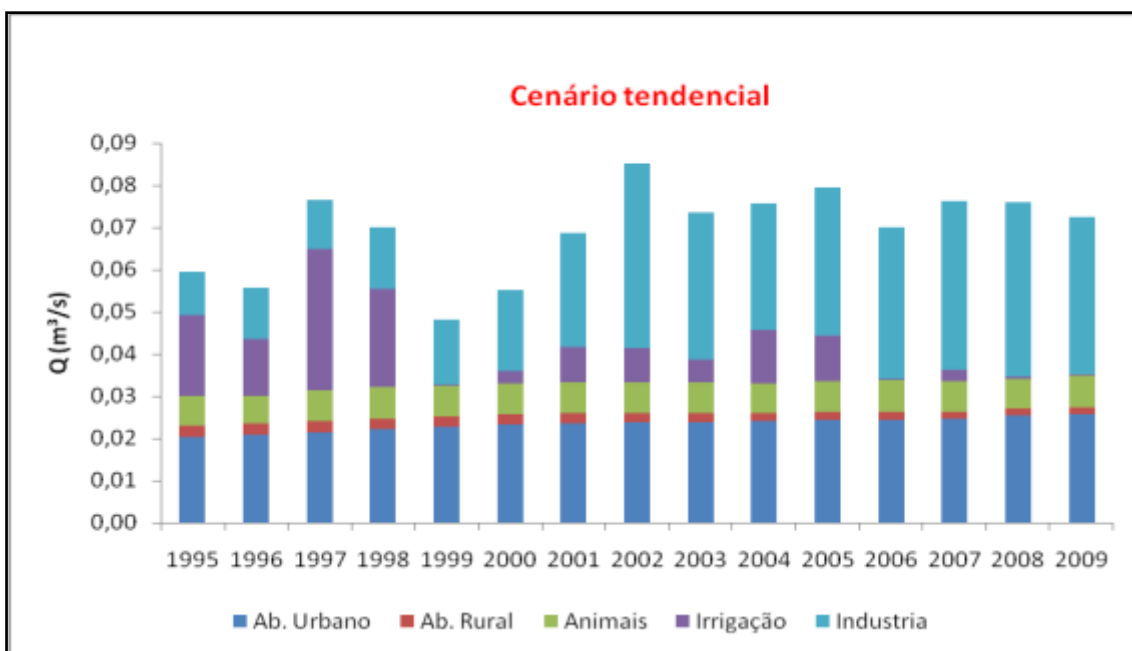


Figura 61 - Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Ribeirão da Onça.

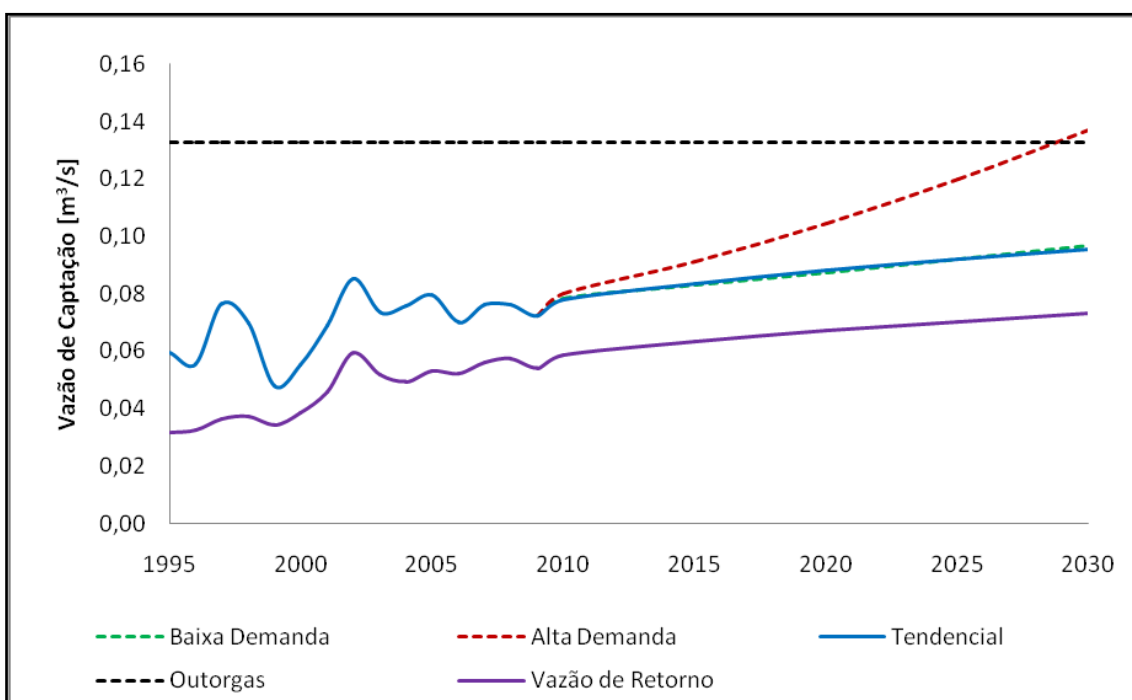


Figura 62 - Captação de água projetada para a sub-bacia do Ribeirão das Onças.

Tabela 62 - Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Onças.

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,06	0,06	0,06
1996	0,06	0,06	0,06
1997	0,08	0,08	0,08
1998	0,07	0,07	0,07

**Tabela 62 (Cont.)- Vazão de demanda para a sub-bacia do Ribeirão das Onças.**

ANO	ALTA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]	TENDENCIAL [m <sup>3</sup> /s]	BAIXA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]
1999	0,05	0,05	0,05
2000	0,06	0,06	0,06
2001	0,07	0,07	0,07
2002	0,09	0,09	0,09
2003	0,07	0,07	0,07
2004	0,08	0,08	0,08
2005	0,08	0,08	0,08
2006	0,07	0,07	0,07
2007	0,08	0,08	0,08
2008	0,08	0,08	0,08
2009	0,07	0,07	0,07
2010	0,08	0,08	0,08
2015	0,09	0,08	0,08
2020	0,10	0,09	0,09
2025	0,12	0,09	0,09
2030	0,14	0,10	0,10

### 1.3.3. Rio Lambari

O abastecimento urbano e industrial são os grandes responsáveis da demanda hídrica da sub-bacia. Pela Figura 63, observa-se que os valores da vazão de captação ultrapassam o limite de outorga desde o ano de 1995, caracterizando a sub-bacia como uma região com grandes conflitos com relação ao uso da água. Tal fato também se reflete na contribuição da demanda hídrica, correspondente acima de 40% do total. Entre 1995 e 2030 verificaram-se incrementos médios consideráveis de aproximadamente 1,40 % a 2,60% ao ano, para uma vazão de retirada inicial significativa de 0,94 m<sup>3</sup>/s (Tabela 63).

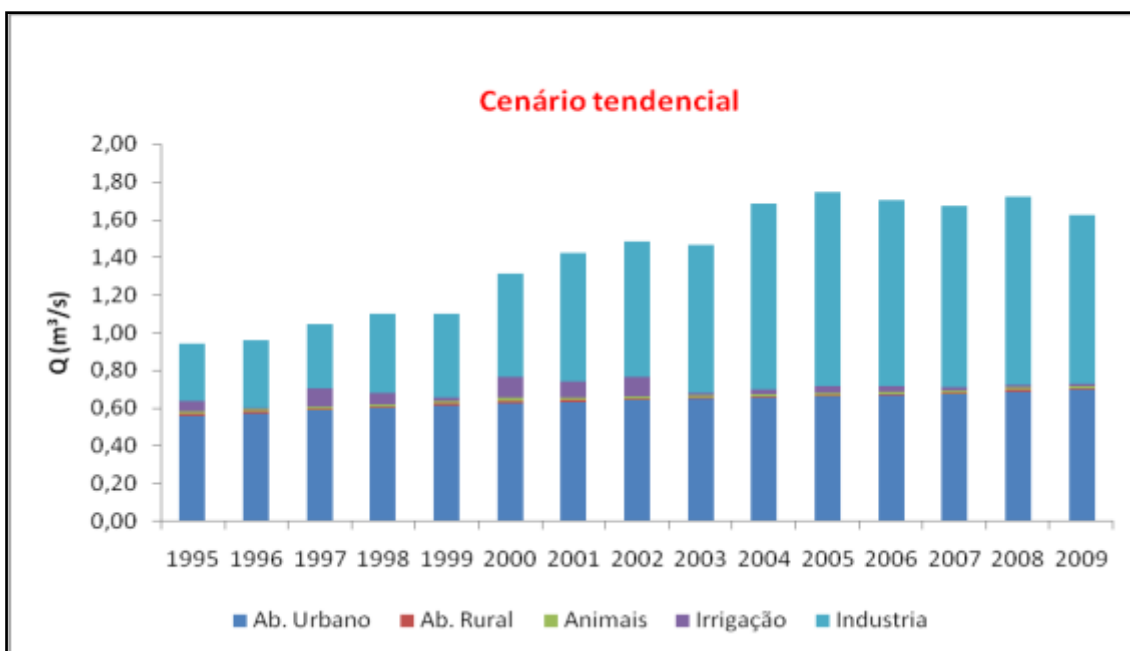


Figura 63 - Perfil da demanda hídrica por tipo de classe de uso – Rio Lambari.

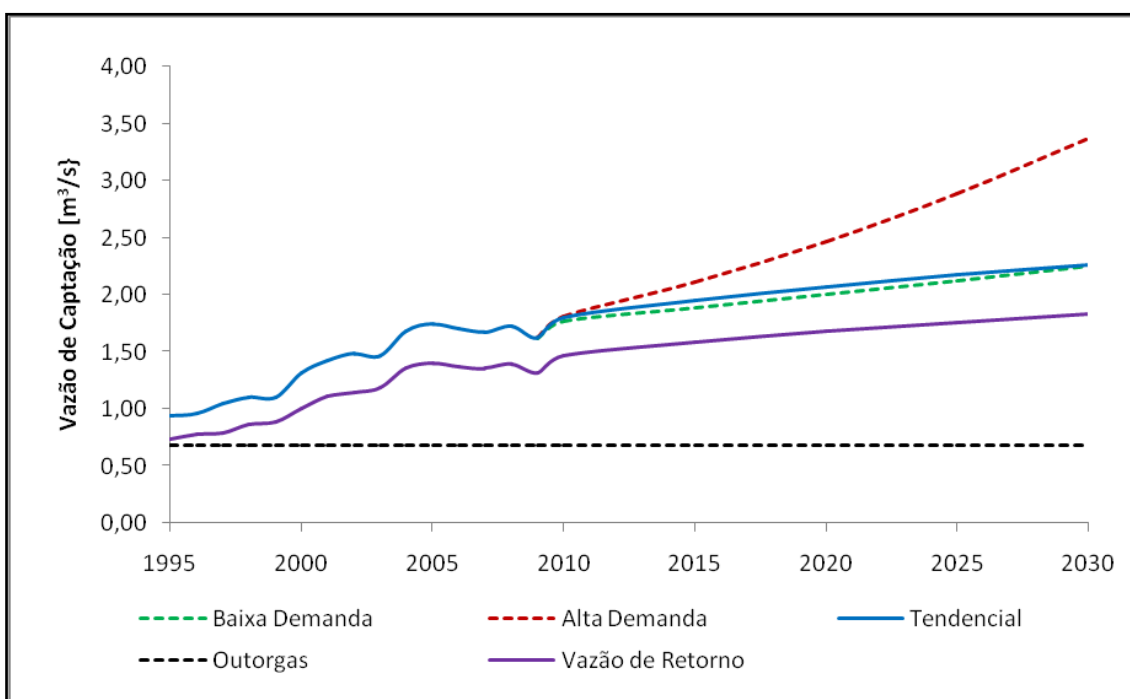


Figura 64 - Captação de água projetada para a sub-bacia do Rio Lambari.

Tabela 63 - Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Lambari.

ANO	ALTA DEMANDA [m³/s]	TENDENCIAL [m³/s]	BAIXA DEMANDA [m³/s]
1995	0,94	0,94	0,94
1996	0,96	0,96	0,96
1997	1,04	1,04	1,04
1998	1,10	1,10	1,10
1999	1,10	1,10	1,10

**Tabela 63 (Cont.) - Vazão de demanda para a sub-bacia do Rio Lambari.**

ANO	ALTA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]	TENDENCIAL [m <sup>3</sup> /s]	BAIXA DEMANDA [m <sup>3</sup> /s]
000	1,32	1,32	1,32
2001	1,42	1,42	1,42
2002	1,48	1,48	1,48
2003	1,46	1,46	1,46
2004	1,69	1,69	1,69
2005	1,74	1,74	1,74
2006	1,70	1,70	1,70
2007	1,67	1,67	1,67
2008	1,72	1,72	1,72
2009	1,63	1,62	1,62
2010	1,81	1,80	1,77
2015	2,11	1,95	1,89
2020	2,47	2,07	2,01
2025	2,89	2,17	2,13
2030	3,37	2,27	2,25

#### **1.3.4. Ribeirão Parapatinga**

Esta sub-bacia abrange apenas a sede do município de Botelhos, justificando a significativa contribuição do abastecimento urbano. A irrigação apresentou valores significativos em 2002, justificada pelo aumento da área plantada da cultura de batata de 2ª safra (Figura 65). A sub-bacia do Ribeirão Parapatinga contribui com apenas 2,0% do que é captado na unidade de gestão, apresenta valores de retirada superiores aos determinados pelas outorgas desde o ano de 1995 (Figura 65). Sua pequena área de drenagem justifica tal fato, uma vez que a vazão inicial contabilizada foi de apenas 0,05 m<sup>3</sup>/s, evoluindo-se em taxas de médias de 0,4 a 1,2% ao ano (Figura 66).