

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA
RELACIONADOS À OFERTA E À DEMANDA: BACIA DO RIO
PIRACICABA – MG**

Erika Machado Pereira

UFMG
Belo Horizonte
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA
RELACIONADOS À OFERTA E À DEMANDA: BACIA DO RIO
PIRACICABA – MG**

Erika Machado Pereira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Donizete Faria

Co-Orientador: Prof. Dr. Fernando Falco Pruski

UFMG
Belo Horizonte
2012

P436a
2012

Pereira, Erika Machado.

Análise de conflitos pelo uso da água relacionados à oferta e à demanda [manuscrito]: Bacia do Rio Piracicaba - MG / Erika Machado Pereira. – 2012.

56 f.: il., (algumas color.)

Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2012.

Orientador: Sergio Donizete Faria.

Coorientador: Fernando Falco Pruski.

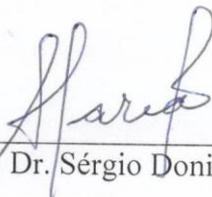
Bibliografia: f. 52-55.

Inclui anexo.

1. Água – Uso – Piracicaba, Rio, Bacia do (MG) – Teses. 2. Água – Uso – Legislação – Teses. 3. Água – Consumo – Teses. 4. Recursos hídricos – Desenvolvimento – Piracicaba, Rio, Bacia do (MG) – Teses. I. Faria, Sergio Donizete. II. Pruski, Fernando Falco. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 556(815.1)

Dissertação defendida e aprovada, em 01 de junho de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



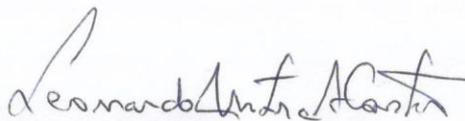
Prof. Dr. Sérgio Donizete Faria



Prof. Dr. Fernando Falco Pruski



Prof. Dr. Marcos Antonio Timbó Elmiro



Dr. Leonardo Mitre Alvim de Castro

*"Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina incomode,
que o medo impeça de tentar. Desconfie do destino e confie
em você. Gaste mais horas realizando do que sonhando,
fazendo do que planejando, vivendo do que esperando.
Porque embora quem quase morre esteja vivo, quem quase
vive já morreu."*

Sarah Westphal

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar o meu caminho nessa longa caminhada.

Ao Marcelo de Ávila Chaves, Maria Célia Barros da Silveira e Sílvia Fernandes Rocha pela confiança e recomendação inicial.

Aos professores Fernando Falco Pruski e Sergio Donizete Faria pela orientação, apoio e aprendizado.

Aos professores, funcionários e alunos-amigos do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da UFMG pela convivência, amizade e aprendizado.

À minha irmã Thainá pelo zelo, paciência e ternura de sempre.

Aos meus pais pela compreensão e apoio.

À minha avó pelas orações.

Ao meu avô (saudades eternas) pela inspiração.

À Juliana, companheira dessa jornada e amiga para toda a vida, pelos conselhos e carinho.

À Ana Carla pela amizade eterna e incondicional e por todo apoio oferecido.

À Márcia pela nova amizade e pela ajuda nas revisões desse trabalho.

À Rosana por ter compreendido a minha ausência.

Ao Tiago pelo recomeço e por todas as mudanças em prol de um ideal.

À Marianne por ter me acompanhado e ajudado até o último instante do mestrado.

Aos amigos da GIPOM pela compreensão, amizade e alegria.

Aos demais amigos pela amizade mesmo diante de toda ausência.

Ao IGAM, pela colaboração para a realização desse trabalho.

À FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro.

A todos que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal, profissional e para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Com o intuito de controlar a demanda pela água, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997, adotou a outorga de direito de uso como um dos instrumentos para assegurar a quantidade, a qualidade e o regime do recurso. A concessão de outorgas é condicionada à disponibilidade hídrica da bacia, pois fornece o limite máximo permissível para as demandas. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo analisar as áreas de conflitos pelo uso da água, a partir da relação entre oferta e demanda, tendo como área de interesse a bacia do Rio Piracicaba. Com base nos resultados obtidos constatou-se que: a) as maiores demandas são destinadas a consumo industrial e abastecimento público; b) quando utilizado o critério atual para concessão de outorgas (30% da $Q_{7,10}$ anual), parte dos trechos da hidrografia com outorgas a montante apresentam o somatório das vazões demandadas maior que a vazão outorgável; c) o critério de outorga 70% da Q_{95} proporcionou o menor número de trechos em conflito, seguido pelos 50% da $Q_{7,10}$ e 30% da $Q_{7,10}$.

Palavras-chave: disponibilidade hídrica, outorga, conflito quantitativo, uso da água.

ABSTRACT

In order to control the demand for water, the National Water Resources Policy, established by Law nº 9.433/1997, adopted a grant of right to use water resources as an instruments to ensure the quantity, quality and the regime of the resource. The awarding of this grants is subject to the availability of water in the basin because it provides the maximum allowable for the demands. Accordingly, the present study aims to analyze the conflict zones by the use of water, from the relationship between supply and demand, with the area of interest the Piracicaba river basin. On the basis of the results obtained was found that: a) the greatest demands are aimed at industrial consumption and public supply; b) when used the current criterion for awarding concession (30% of $Q_{7,10}$ annual), part of the snippets of Hydrography with upstream feature the awarding of the sum demanded greater than the outflow river for the granting of the award; c) the award criterion that has resulted in the lowest number of excerpts in conflict was 70% of Q_{95} , followed by 50% of $Q_{7,10}$ and 30% of the $Q_{7,10}$.

Keywords: water availability, water use rights, quantitative conflicts over water use.

SUMÁRIO

| | Pág. |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | |
| LISTA DE TABELAS | |
| LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS | |
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Objetivos | 13 |
| 2 RECURSOS HÍDRICOS: GERENCIAMENTO E FERRAMENTAS PARA A TOMADA DE DECISÃO | 14 |
| 2.1 Gerenciamento de recursos hídricos..... | 14 |
| 2.2 Disponibilidade hídrica e outorga | 17 |
| 2.3 Rede hidrográfica: base ortocodificada | 24 |
| 3 METODOLOGIA..... | 27 |
| 3.1 Caracterização da área de estudo..... | 27 |
| 3.2 Pesquisa, avaliação e diagnóstico de uso de recursos hídricos..... | 30 |
| 3.3 Quantificação da vazão disponível para outorga..... | 32 |
| 3.4 Análise de áreas de conflito baseados na oferta e na demanda | 33 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 35 |
| 4.1 Diagnóstico de uso de recursos hídricos..... | 35 |
| 4.2 Quantificação da vazão disponível para outorga..... | 40 |
| 4.3 Análise dos conflitos baseados na oferta e na demanda | 40 |
| 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 50 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 52 |
| ANEXO A – ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA DE ACORDO COM A FINALIDADE DE USO DE ÁGUA | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1 – Fluxograma da metodologia para análise dos conflitos quantitativos pelo uso da água..... | 27 |
| Figura 2 – Localização da bacia do Rio Piracicaba em relação à bacia do Rio Doce..... | 28 |
| Figura 3 – Distribuição espacial dos pontos de outorga considerados na análise da UPGRH DO2 | 37 |
| Figura 4 – Percentual de processos de outorga por finalidade de uso considerados na análise da UPGRH DO2..... | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabela 1 – Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais em alguns estados brasileiros. | 20 |
| Tabela 2 – Classificação referente ao percentual de vazão remanescente para concessão de novas outorgas. | 34 |
| Tabela 3 – Processos de outorga desconsiderados na análise | 36 |
| Tabela 4 – Vazão demandada por finalidade de uso na UPGRH DO2. | 38 |
| Tabela 5 – Vazões outorgadas por finalidade de uso ao longo da UPGRH DO2 e suas representatividades em termos percentuais. | 39 |
| Tabela 6 – Ofertas baseadas nos critérios de outorga e suas respectivas demandas por outorga. | 40 |
| Tabela 7 – Classificação da vazão remanescente ($Q_{\text{remanescente}}$) para os três critérios de outorga. | 42 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|---------------------------|--|
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| CERH | Conselho Estadual de Recursos Hídricos |
| CNARH | Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos |
| COPPETEC/UFRJ | Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos/Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| DO2 | Bacia do Rio Piracicaba |
| GDERH | Gerência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos |
| GECOB | Gerência de Cobrança pelo Uso da Água |
| HIDROWEB | Sistema de Informações Hidrológicas |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IGAM | Instituto Mineiro de Gestão das Águas |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PERH | Política Estadual de Recursos Hídricos |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| Q | Vazão |
| $Q_{7,10}$ | Vazão com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos |
| Q_{95} | Vazão associada à permanência de 95% |
| $Q_{\text{remanescente}}$ | Vazão remanescente |
| SEMAD | Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável |
| SisCoRV | Sistema computacional para regionalização de vazões |
| SIAM | Sistema Integrado de Informação Ambiental |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| SINGREH | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| SNIRH | Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos |
| SRTM | <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> |
| UFV | Universidade Federal de Viçosa |
| UPGRH | Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos |

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e tecnológico, com conseqüente elevação da produção agropecuária e industrial, aliado ao crescimento demográfico, aumenta a demanda pelo uso da água para diversas finalidades.

Assim, a preocupação com os recursos hídricos, isto é, com as águas destinadas aos diversos usos, tem induzido, em todo o mundo, uma série de medidas governamentais e sociais, objetivando viabilizar a continuidade das diversas atividades públicas e privadas, em particular aquelas que incidem diretamente sobre a qualidade de vida da população.

No Brasil, desde a década de 1930, tem-se o Código de Águas – Decreto nº 24.643/1934 (BRASIL, 1934). Entretanto, esse ordenamento jurídico não previa meios de combater o desequilíbrio hídrico e os conflitos de uso em vista do aumento das demandas e de mudanças institucionais, e tampouco previa meios adequados para promover uma gestão descentralizada e participativa, exigências dos dias de hoje.

Para preencher essa lacuna, foi sancionada a Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), também conhecida como “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. Através da Lei nº 9.984/2000 (BRASIL, 2000), foi criada a Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal encarregada da implementação da política e da coordenação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos.

Nesse contexto, o Estado de Minas Gerais também instituiu por meio da Lei nº 13.199/1999 (MINAS GERAIS, 1999) a Política Estadual de Recursos Hídricos – PERH, visando assegurar o controle do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, pelos usuários atuais e futuros.

Para o efetivo planejamento, aproveitamento e controle dos recursos hídricos, a sua quantificação representa uma das atividades básicas. Contudo, mensurar a disponibilidade hídrica sem levar em consideração fatores como a relação

entre a oferta e a demanda e a finalidade de uso, além de dificultar a identificação das áreas de conflitos, torna a tomada de decisão ineficiente e sem embasamento técnico-científico.

Então, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que auxiliem na gestão dos recursos hídricos para a tomada de decisão diante de cenários conflitantes pelo uso da água. Com esse intuito, o presente estudo vem contribuir metodologicamente para a análise de áreas de conflito, bem como, suas possíveis relações, conforme objetivos apresentados a seguir.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral contribuir para a gestão dos recursos hídricos no que se refere à detecção e análise de áreas de conflitos pelo uso da água, a partir da relação entre oferta e demanda por água superficial, tendo como área de interesse a bacia do Rio Piracicaba – MG.

Os objetivos específicos consistem em:

- diagnóstico de uso de recursos hídricos a partir das outorgas superficiais concedidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM;
- análise de áreas de conflito quantitativo baseados na vazão de referência ($Q_{7,10}$ anual) adotada no Estado de Minas Gerais;
- avaliação de cenário com flexibilização da vazão máxima permissível para outorgas (Q_{95}).

2 RECURSOS HÍDRICOS: GERENCIAMENTO E FERRAMENTAS PARA A TOMADA DE DECISÃO

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica dos principais temas que envolvem o presente estudo, referentes à importância do gerenciamento dos recursos hídricos para a conservação, a proteção e a garantia da disponibilidade hídrica. Também são apresentados conceitos relacionados à regionalização de vazões e à topologia hídrica para construção de uma representação da rede hidrográfica de forma sistêmica (rede hidrográfica otocodificada).

2.1 Gerenciamento de recursos hídricos

O aumento populacional, o desenvolvimento econômico e a diversificação das atividades desenvolvidas pelo homem resultaram em aumento da demanda pelos recursos hídricos superficiais e subterrâneos em seus usos múltiplos, bem como na multiplicidade de impactos de diversas magnitudes (qualitativos e quantitativos), que influenciam a demanda atual e futura pela água.

Os usos múltiplos dos recursos hídricos incluem a irrigação, o abastecimento público, a mineração, a industrialização, a produção de energia hidrelétrica, a dessedentação animal, a navegação, a recreação e o turismo.

Quando existe crescimento da demanda, conseqüentemente podem surgir conflitos entre usuários, fazendo com que haja necessidade de serem propostas medidas de controle para evitar esses conflitos. Daí tem-se a gestão dos recursos hídricos, que existe para minimizar e/ou evitar tais situações, além de auxiliar na tomada de decisão no momento que o referido conflito acontece.

Na tomada de decisão, no que diz respeito ao uso da água em um determinado espaço-tempo, devem ser considerados os aspectos econômicos, sociais, políticos, legais, ambientais e hidrológicos, conforme abordado por Soffiati (1992), Grün (1996), Carvalho (2004) e Loureiro (2004).

Lanna (1997) apresenta os seguintes conflitos de uso:

- conflito de destinação de uso: utilização da água para finalidades diferentes daquelas estabelecidas pelo órgão gestor;
- conflito de disponibilidade qualitativa: utilização de água proveniente de corpos hídricos poluídos para o fim a que se destinam;
- conflito de disponibilidade quantitativa: esgotamento da disponibilidade quantitativa devido ao uso intensivo da água.

Com o intuito de minimizar os cenários conflituosos pelo uso da água, a Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem como principal objetivo garantir a disponibilidade necessária de água, em quantidade e qualidade adequadas, para a atual e as futuras gerações. Para alcançar esse objetivo, a referida Lei adotou como instrumentos da PNRH: os Planos de Recursos Hídricos, o Enquadramento dos Corpos d'Água em Classes, a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, a Compensação a Municípios e o Sistema de Informações de Recursos Hídricos.

Para Mendonça e Santos (2006), a outorga constitui um instrumento de gestão de ordem técnica e normativa, pois estabelece regras e ações que regulam e racionalizam os usos dos recursos hídricos, pautadas no planejamento e gerenciamento. Além disso, a outorga de uso da água como um dos instrumentos de gestão visa o controle pelo uso, a análise do perfil dos usuários e o conhecimento de suas respectivas demandas para o uso racional dos recursos hídricos.

São passíveis de outorga os usos que alteram a quantidade de água do corpo hídrico e que devem ser avaliados de acordo com a disponibilidade hídrica existente, considerando-se os usos já outorgados a montante e a jusante de determinada seção do curso de água. Em termos qualitativos, tem-se a outorga para o desenvolvimento de atividades e/ou intervenções que modificam um estado antecedente em relação a parâmetros de qualidade da água.

Além da Lei nº 9.433/1997, lei federal, tem-se também a Lei nº 13.199/1999 (MINAS GERAIS, 1999), lei estadual, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), propondo no Art. 18 os seguintes usos de recursos hídricos sujeitos a outorga:

- I as acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III o lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- IV o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- V outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Quando se tratarem de corpos de água de domínio do Estado, a outorga para uso de recursos hídricos deve ser solicitada junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Nos casos de rios de domínio da União, o processo é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas – ANA.

De acordo com o Art. 20 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) são considerados de domínio hídrico da União, os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de domínio federal, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. Incluem-se como bens dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União – Art. 26 da Constituição Federal (BRASIL, 1988).

De acordo com Tucci (2005), devido ao grande número de alternativas que existem no gerenciamento dos recursos hídricos, levando-se em consideração suas finalidades de uso, sua disponibilidade e a necessidade de preservação, é preciso utilizar metodologias que melhor quantifiquem os processos, permitindo analisar alternativas de forma integrada e que auxiliem na tomada de decisão,

visando àquelas que melhor atendam às necessidades da sociedade e garantam a proteção dos recursos naturais.

Contudo, os órgãos gestores tem encontrado diversos entraves para implementação do instrumento de outorga. Além da deficiência existente no que se refere aos sistemas de apoio à decisão, que tornam a análise dos processos morosa, tem-se a problemática que envolve a metodologia utilizada para a concessão do direito de uso, que comprometem a realização de uma análise integrada.

Sob esta ótica, a gestão de recursos hídricos pode ser considerada como o conjunto de ações voltadas para a formulação de princípios e diretrizes de apoio ao planejamento e à tomada de decisões que promovam o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos. De acordo com o Art. 2º da Lei nº 13.199/1999 (MINAS GERAIS, 1999), esses princípios e diretrizes visam garantir a disponibilidade hídrica, em termos qualitativos e quantitativos, para os setores que demandam o uso da água, sendo que esta garantia é imprescindível para prevenir ou interromper situações de conflito e disputa pela água.

O crescimento da demanda por água aumenta a necessidade de planejamento e controle desse recurso, uma vez que representa variável dependente de fatores demográficos, econômicos, sociais, políticos, tecnológicos e de desenvolvimento regional.

Para existir esse planejamento, faz-se necessário conhecer o montante de água disponível para uso, bem como adotar ferramentas de efetivo controle quantitativo e de destinação do recurso.

2.2 Disponibilidade hídrica e outorga

Segundo Cruz (2001), a disponibilidade hídrica para a concessão da outorga de direito de uso é a parcela de água disponível para uso. Ela é dependente da legislação, do sistema jurídico, da escolha entre diferentes critérios possíveis de definição de reservas ambientais, de prioridades para usos atuais e para

gerações futuras, os quais podem advir de negociações entre usuários, sociedade e órgãos gestores.

Quando não existe atendimento às demandas por água em termos qualitativos e quantitativos, e há insuficiência na manutenção das condições ambientais mínimas que garanta a sustentabilidade, tem-se a escassez hídrica. Como mencionado na Seção 2.1, o instrumento de outorga foi instituído visando minimizar, dentre outros, os problemas que envolvem o mau uso, a escassez e os conflitos pelo uso da água.

Para subsidiar o processo de concessão de outorga é fundamental ter conhecimento da disponibilidade hídrica, bem como as suas variações espaço-temporais ao longo do corpo hídrico em avaliação.

Com isso, a disponibilidade hídrica é compreendida como o total da vazão que pode ser retirada, à medida que parte da vazão pode ser utilizada pela sociedade para desenvolvimento e parte pode ser mantida na bacia para conservação da integridade do sistema ambiental, bem como para atender a usos que não necessitam explorar ou derivar água de um curso natural, como a navegação e a recreação (KRAMER, 1998).

A disponibilidade é informação fundamental de suporte à decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, conforme disposto no Art. 11 da Lei 9.433/1997 (BRASIL, 1997). Ainda, segundo a mesma Lei, Art. 7º, inciso III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “[...] balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”. Na falta desses estudos e devido à influência causada pelos usos que provocam a redução deste recurso, isto é, os usos consuntivos¹, utiliza-se a vazão de referência para representar a oferta hídrica para concessão de outorga.

¹ Uso consuntivo é quando, durante o uso, é retirada uma determinada quantidade de água dos mananciais e depois de utilizada, uma quantidade menor e/ou com qualidade inferior é devolvida, ou seja, parte da água retirada é consumida durante seu uso ou possui alterações nos parâmetros de qualidade (CARVALHO e SILVA, 2006).

Segundo Ribeiro (2000), a vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que passa a representar o limite para utilização da água em um curso d'água. Harris et al. (2000) argumentam que a aplicação do critério de vazão de referência constitui procedimento adequado para a proteção dos rios, pois as alocações para derivações são geralmente feitas a partir de uma vazão de base de pequeno risco.

No Brasil cada Estado tem adotado critérios particulares para o estabelecimento das vazões máximas outorgáveis (Tabela 1), sem, porém, apresentar justificativas técnicas para adoção desses valores.

Ressalta-se que a vazão de referência $Q_{7,10}$ corresponde à vazão mínima média de sete dias consecutivos com um período de retorno de 10 anos, sendo que em vazões mínimas, o período de retorno equivale ao tempo médio, em anos, necessário para que ocorram vazões menores ou iguais a um certo valor, uma vez, em um ano qualquer. No entanto, o fato do valor da $Q_{7,10}$ ser calculado com base na análise dos períodos críticos de estiagem, mantido fixo ao longo do ano, tem restringido um maior uso de água em meses fora do período de estiagem (MEDEIROS, 2000).

Com o intuito de minimizar a restrição pelo uso de água e mitigar os conflitos existentes, foi estabelecida por meio da Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012 (SEMAD-IGAM, 2012) que o limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado (exceto nas bacias hidrográficas dos Rios Jequitaiá, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba, e Velhas), por cada seção considerada em condições naturais, é de 50% da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$.

Tabela 1 – Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais em alguns estados brasileiros.

| Órgão Gestor | Vazão de Referência | Legislação Referente à Vazão Máxima Outorgável |
|---------------|---|--|
| ANA | 70% da Q_{95} , podendo variar em função das peculiaridades de cada região e 20% para cada usuário individual. | Não existe, em função das peculiaridades do País, podendo variar o critério. |
| SRH-BA | 80% da Q_{90} e 20% para cada usuário individual | Decreto Estadual 6.296/1997 |
| SRH-CE | 90% da Q_{90reg} | Decreto Estadual 23.067/1994 |
| SEMARH-GO | 70% da Q_{95} | Não possui legislação específica |
| IGAM-MG | 30% da $Q_{7,10}$ - para captações a fio d'água. Para captações em reservatórios, podem ser liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70% da $Q_{7,10}$ durante todo o tempo. Usuários individuais podem requerer 100% da vazão máxima outorgável, dependendo da avaliação do órgão. 50% da $Q_{7,10}$ - limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados, garantindo a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$, com exceção para as bacias hidrográficas dos Rios Jequitaiá, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba, e Velhas, a vazão de referência permanece em 30% da $Q_{7,10}$. | Portarias IGAM 10/1998, 7/1999, 49/2010. Resolução Conjunta SEMAD-IGAM 1548/2012 |
| AAGISA-PB | 90% da Q_{90reg} . Em lagos territoriais, o limite outorgável é reduzido em 1/3. | Decreto Estadual 19.260/1997 |
| SUDERHSA-PE | 50% da Q_{95} | Decreto Estadual 4646/2001 |
| SEMAR-PE | Depende do risco que o requerente pode assumir | Não possui legislação específica |
| SEMAR-PI | 80% da Q_{95} (Rios) e 80% da Q_{90reg} (Açudes) | Não possui legislação específica |
| SERHID-RN | 90% da Q_{90reg} | Decreto Estadual 13.283/1997 |
| SEMA-RS | Não está definido | - |
| DAEE-SP | 50% da $Q_{7,10}$ por bacia. Individualmente nunca ultrapassar 20% da $Q_{7,10}$. | Não possui legislação específica |
| SAPLANTEC-SE | 100% da Q_{90} e 30% da Q_{90} para cada usuário individual | Não possui legislação específica |
| NATURATINS-TO | 75% Q_{90} por bacia. Individualmente o máximo é 25% da mesma Q_{90} . Para barragens de regularização, 75% da vazão de referência adotada. | Decreto estadual já aprovado pela Câmara de Outorga do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. |

Fonte: Adaptada de LOPES et al. (2005).

Embora existam diversos estudos sobre os critérios de outorga, os desafios encontrados para concepção dos aspectos teóricos e práticos relacionados à operacionalização dos sistemas de outorga causam divergências e dificuldades na minimização dos conflitos gerados pelo uso. Segundo Ribeiro e Lanna (2003), dentre os principais desafios podem ser citados: a definição do valor adequado para a vazão máxima outorgável; a inexistência de dados fluviométricos nas bacias hidrográficas; o desconhecimento sobre usuários e respectivas demandas; as dificuldades na definição dos sistemas subterrâneos; e o desenvolvimento de metodologias específicas para o estabelecimento dos valores adequados a serem outorgados.

Segundo Souza (2011) a disponibilidade dos cursos d'água pode ser conhecida a partir do monitoramento de estações fluviométricas, mas não é possível cobrir toda a rede hidrográfica. A insuficiência de dados fluviométricos, o alto custo de implantação, operação e manutenção de uma rede hidrométrica e/ou a ausência de dados espaço-temporais, impedem a existência de dados precisos referentes ao quantitativo hídrico das redes de drenagem. Portanto, é necessária a adoção de resultados obtidos em um mesmo sistema hídrico para trechos ainda não monitorados, correlacionando os dados existentes e otimizando as informações disponíveis.

Diante desse cenário, utiliza-se a regionalização hidrológica (ou de vazões), que consiste em um conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações fluviométricas e pluviométricas existentes, visando à estimativa das variáveis, funções ou parâmetros hidrológicos em regiões com dados limitados (TUCCI, 2005). Basicamente são definidas regiões hidrologicamente homogêneas, onde a variável regionalizada possui tendências hidrológicas semelhantes, ou seja, há o agrupamento espacial de distribuições estatísticas similares.

A partir de relações semelhantes extraídas de dados reais medidos em bacias da região de estudo, a similaridade é sintetizada em funções, que podem ser equações de regressão e/ou curvas de probabilidade obtidas a partir de ajustes

de distribuições estatísticas, parâmetros ou funções hidrológicas, combinadas com a regressão de suas distribuições estatísticas com características físicas e hidrometeorológicas das bacias (NERC, 1975; ELETROBRÁS, 1985). A precisão da regionalização hidrológica é dada pela quantidade e qualidade das informações utilizadas.

Segundo Tucci (2005), a metodologia de regionalização de vazões é usada para a extrapolação das amostras pontuais, tornando melhor as estimativas das variáveis, além de auxiliar na verificação da consistência das séries hidrológicas e na identificação da ausência de pontos de observação.

O uso da regionalização auxilia também na obtenção da disponibilidade hídrica para concessão de outorga, permitindo maior agilidade e automação dos procedimentos. Contudo, existem restrições ao seu uso.

A regionalização de vazões é uma técnica utilizada para transferir informações espacialmente, buscando explorar ao máximo os dados disponíveis numa determinada área geográfica. Os estudos de regionalização desenvolvidos geralmente utilizam as vazões existentes, quando estas informações são representativas; no entanto, quando os dados são deficientes, a regionalização fica comprometida (OBREGON et al., 1999; SIMMERS, 1984; MOSLEY, 1981).

Em estudos desenvolvidos por Euclides et al. (2001) e Baena (2002), o processo de regionalização da vazão mínima mostrou-se exaustivo, porém simples, dependente apenas da disponibilidade de dados e de ferramentas computacionais adequadas, além de recursos humanos qualificados.

Sugai et al. (1998), preocupados com a qualidade dos dados existentes para análise de solicitações de outorga a partir da utilização da regionalização, compararam estimativas obtidas por este método com aquelas obtidas usando somente dados locais em bacias paranaenses. Nesse estudo foram encontradas diferenças expressivas entre os valores regionais e locais, da ordem de 3% a 75% para as vazões de 95% de permanência e diferenças entre 6% e 95% para as vazões com 99% de permanência. Como forma de

redução das incertezas, os autores do referido estudo recomendam novas pesquisas em técnicas de regionalização e maior disponibilidade de dados de campo, principalmente de medições diretas de vazão para a condição de estiagem, uma vez que uma estação pode apresentar erro e esse ser propagado para toda a análise.

Apesar das dificuldades e incertezas inerentes à regionalização, trata-se de uma ferramenta útil na gestão dos recursos hídricos, visto que possibilita a determinação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, para posterior gerenciamento dos usos múltiplos da água por meio da outorga.

Com o objetivo de elaborar um banco de dados para a aquisição de informações necessárias à gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais, a Universidade Federal de Viçosa – UFV desenvolveu o estudo de regionalização de vazões (UFV, 2010) utilizando a base hidrográfica otocodificada do Estado de Minas Gerais (ANA, 2006) como rede hidrográfica, visando otimizar a representatividade das vazões na hidrografia sob a jurisdição do Estado. Os resultados são empregados no presente trabalho como pré-requisito à análise de áreas de conflito, uma vez que fornecem a disponibilidade hídrica de todos os trechos que compõem a bacia hidrográfica em estudo no presente trabalho.

A metodologia utilizada para a regionalização de vazões foi aquela denominada como método tradicional, descrita pela Eletrobrás (1985), a qual envolve a definição prévia das regiões hidrológicamente homogêneas e, em um segundo momento, a obtenção das equações que permitem associar a vazão com variáveis topológicas e climáticas. A análise de regressão permite estabelecer como as variações em uma ou mais variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. Os seguintes modelos de regressão foram utilizados no estudo desenvolvido pela UFV: linear, potencial, exponencial, logarítmico e recíproco.

Todas as estimativas realizadas pela UFV usaram modelos de regressão simples. Para a aplicação do método tradicional foi utilizado o *software* Sistema

Computacional para a Regionalização de Vazões (SisCoRV 1.0), desenvolvido pela rede de pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (SOUSA, 2009).

No estudo de regionalização de vazões da bacia do rio Doce foram analisados os dados de 40 estações fluviométricas e 70 estações pluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da ANA.

O período-base foi definido (de 1975 a 2005) para que as estações fluviométricas tivessem no mínimo 20 anos de dados e uma série histórica com mais de 95% dos dados. Foram excluídas todas as estações que apresentaram poucos dados recentes, exceto em locais onde a disponibilidade de estações com dados foi escassa, de forma a abranger o máximo possível de informações localizadas na bacia.

O método de regionalização de vazões utiliza regiões hidrologicamente homogêneas, obtendo equações que permitem associar a vazão com variáveis topológicas e climáticas por meio de análise de regressão. As informações encontradas por meio da regionalização de vazões foram inseridas na base hidrológica ottocodificada.

Vale ressaltar que a base ottocodificada utilizada no estudo foi disponibilizada parte na escala 1:50.000 e parte em 1:100.000, gerada a partir da vetorização das cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – as quais apresentam essa diferença de escala nas coberturas cartográficas do sul e do norte no Estado de Minas Gerais – e das imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

2.3 Rede hidrográfica: base ottocodificada

A Lei nº 9.433/1997 propõe que os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) sejam incorporados ao SNIRH que “[...] é um sistema de coleta, tratamento,

armazenamento e recuperação de informações sobre os recursos e fatores intervenientes à gestão” (BRASIL, 1997).

De acordo com o Art. 27 (BRASIL, 1997), são objetivos do SNIRH:

- I reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;
- II atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;
- III fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Com o intuito de atender a esses objetivos, principalmente no que se refere à modelagem e ao tratamento dos dados geoespaciais da rede hidrográfica, a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC/UFRJ, desenvolveu a metodologia para geração da base hidrográfica ottocodificada (ANA, 2006), para suporte sistêmico à gestão dos recursos hídricos.

A base hidrográfica ottocodificada da rede hidrográfica foi construída com base na codificação de Otto Pfafstetter (PFAFSTETTER, 1989). Essa codificação tem como foco as bacias, mas pode ser adaptada para a codificação de cursos d'água. A metodologia se baseia na proposição de que o curso d'água principal de uma bacia (área que não recebe drenagem de qualquer outra área de drenagem) é sempre o que tem a maior área de contribuição a montante. Com a determinação do curso d'água principal, codificam-se suas bacias afluentes por área de contribuição. As quatro bacias maiores recebem códigos pares atribuídos de jusante a montante e as interbacias (área que recebe fluxo de água de duas bacias a montante) recebem códigos ímpares, iniciando-se pela foz (ANA, 2006).

Essa base constitui uma rede hidrográfica topologicamente consistente, que permite associar e extrair informações a jusante e a montante de cada trecho (segmento entre uma foz e sua confluência, ou segmento entre confluências, ou segmento entre uma confluência e sua nascente) dessa rede hidrográfica (ANA, 2006). Além disso, o método permite a hierarquização das bacias

hidrográficas, ou seja, a definição da posição relativa e o ordenamento entre as bacias e as interbacias, identificando a posição relativa de uma bacia ou interbacia com relação às demais, com o armazenamento dessa hierarquia na base hidrográfica ottocodificada.

A ottocodificação caracteriza-se por sua racionalidade, pois utilizando poucos dígitos em um código específico para uma dada bacia, permite inferir por meio desse código quais as bacias hidrográficas se localizam a montante e a jusante de uma dada área de estudo. Cada vez que for citada uma determinada numeração, sabe-se exatamente a identificação da bacia hidrográfica, seu rio principal e seu relacionamento com as demais bacias da mesma região hidrográfica, até o nível continental (SILVA, 1999).

Segundo Galvão e Meneses (2005), dentre as vantagens na adoção da ottoclassificação de bacias, pode-se citar a economia de caracteres do código; a característica intrínseca de possuir no código a informação topológica da bacia e a sua aplicabilidade global.

Como produto da construção da base hidrográfica ottocodificada são gerados bancos de dados contendo informações de topologia hídrica agregadas e discretizadas por trecho de curso d'água, tendo como referência a sua área de contribuição.

De acordo com ANA (2006), a utilização da topologia hídrica, integrada com um Sistema de Informações Geográficas – SIG auxilia nas atividades de tomada de decisão em recursos hídricos, principalmente no que diz respeito à divisão de unidades de gestão e à determinação de dominialidade de cursos d'água, visto que uma das vantagens do método é a hierarquização dos corpos hídricos.

3 METODOLOGIA

No presente capítulo é apresentada a metodologia adotada nesse trabalho, para análise das áreas de conflitos pelo uso da água.

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma das etapas da metodologia e a seguir a descrição dessas etapas.

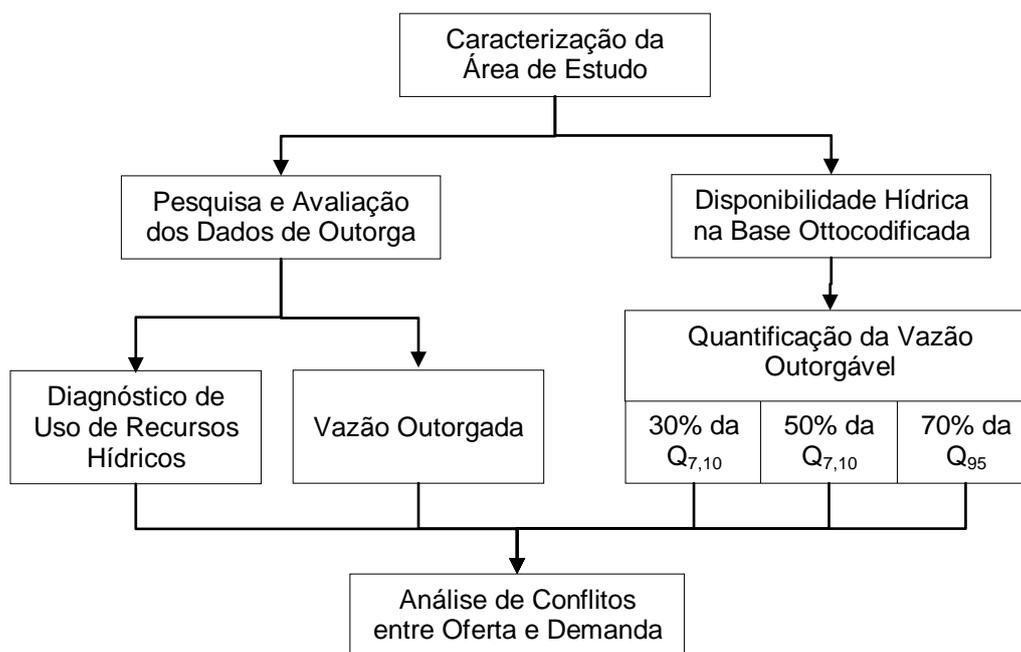


Figura 1 – Fluxograma da metodologia para análise dos conflitos quantitativos pelo uso da água.

3.1 Caracterização da área de estudo

Com o intuito de orientar as ações relacionadas à implantação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos foram identificadas e definidas as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs²) para o Estado de Minas Gerais. Essas UPGRHs são unidades

²Segundo a Deliberação Normativa CERH/MG nº 266, de 23 de Dezembro de 2010 (CERH/MG, 2010), para denominação das UPGRHs consideram-se as duas letras do nome do rio de domínio da União, acompanhadas por numeração sequencial (Art. 4º, Parágrafo Único), em ordem crescente, de montante a jusante, até a fronteira estadual. Além disso, o Art. 5º delibera que para a nomenclatura da UPGRH considera-se o nome do rio principal associado a ela ou aquele consolidado através do comitê de bacia hidrográfica correspondente.

físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado e que apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, sócio-culturais, econômicos e políticos (IGAM, 2006).

O Estado de Minas Gerais possui 43 UPGRHs que tem como objetivos: identificar áreas específicas para implantação de instrumentos da Política Estadual promovendo a gestão descentralizada; orientar o planejamento da formação dos comitês de bacia e outras formas de organização de usuários da água; servir de referência para elaboração de planos diretores, programas de desenvolvimento e outros estudos regionais; e contribuir para o planejamento de outras ações do Estado (IGAM, 2006).

Dentre as UPGRHs presentes no Estado tem-se a UPGRH DO2 – Bacia do Rio Piracicaba, área de estudo deste trabalho. Essa bacia possui área de 5.681 km², está totalmente inserida no Estado de Minas Gerais e seu principal curso d'água (Rio Piracicaba) é afluente da margem esquerda do rio Doce.

Na Figura 2 é apresentada a localização geográfica da bacia hidrográfica em estudo no contexto da bacia do Rio Doce.

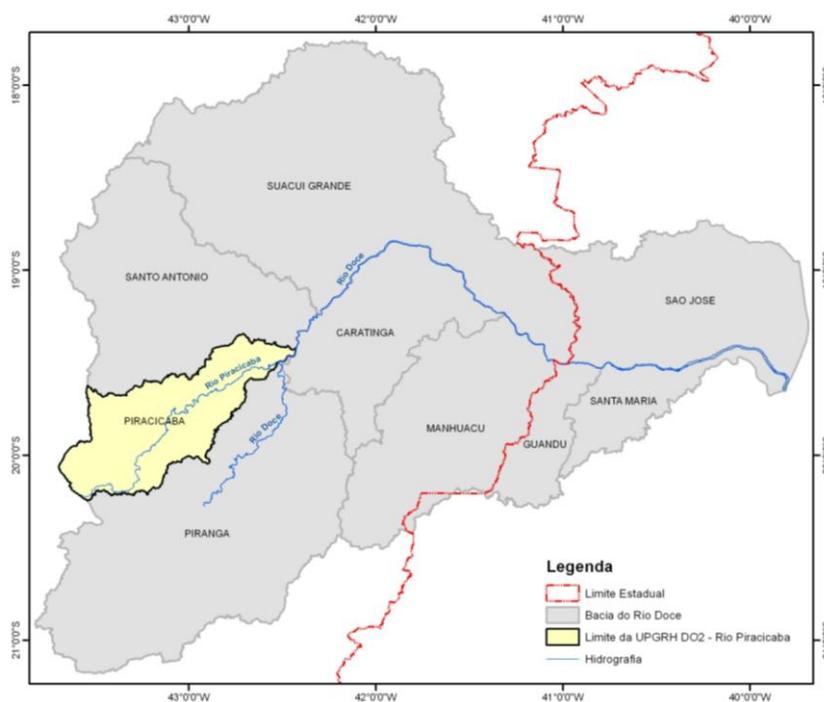


Figura 2 – Localização da bacia do Rio Piracicaba em relação à bacia do Rio Doce.

Os municípios da bacia pertencem às mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Rio Doce e, com maior relevância, às microrregiões de Itabira e Ipatinga, de acordo com a divisão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IGAM, 2010).

A UPGRH DO2 envolve 21 municípios mineiros (total ou parcialmente), sendo que Coronel Fabriciano, Ipatinga, Santana do Paraíso e Timóteo formam a “Região Metropolitana do Vale do Aço”.

As principais rodovias federais que dão acesso à UPGRH DO2 são a BR-120, que passa pelo município de Itabira; a BR-262, que passa nos municípios de Barão dos Cocais e Santa Bárbara; a BR-381, que passa pelos municípios de Rio Piracicaba, Bela Vista de Minas, Nova Era, Antônio Dias, Coronel Fabriciano e Ipatinga. Além disso, algumas rodovias estaduais como a MG-326, a MG-434, a MG-123, a MG-232 e a MG 458 dão acesso aos municípios da região.

O Rio Piracicaba é o principal curso d’água da região sendo que suas nascentes localizam-se no município de Ouro Preto, percorrendo 241 km até encontrar o rio Doce, na divisa dos municípios de Ipatinga e Timóteo. Ao longo deste percurso, passa por algumas áreas urbanas: Rio Piracicaba, Nova Era, Antônio Dias e pela Região Metropolitana do Vale do Aço, formada por Coronel Fabriciano e Ipatinga, na margem esquerda e Timóteo, na margem direita.

As nascentes do rio Doce situam-se no Estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, sendo que suas águas percorrem cerca de 850 km, até atingirem o oceano Atlântico, junto ao povoado de Regência, no Estado do Espírito Santo.

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba é composta pelas sub-bacias do rio do Peixe e do rio Santa Bárbara, pela margem esquerda, e pela sub-bacia do rio da Prata, pela margem direita. O rio Santa Bárbara tem como afluentes principais os rios Conceição e Una. As cidades de Barão de Cocais, Santa

Bárbara e São Gonçalo do Rio Abaixo se localizam às margens do rio Santa Bárbara, e São Domingos do Prata é cortada pelo rio da Prata.

De acordo com o IGAM (2010b), a bacia do Rio Piracicaba encontra-se em uma situação excelente para atendimento das demandas diante da oferta de água possibilitada pela vazão média dos rios. Essa análise foi realizada com base no índice adotado pela *European Environmental Agency* e pela Organização das Nações Unidas (ONU), criado para avaliar a relação entre a disponibilidade e a demanda e é definido a partir do quociente entre a retirada total anual e a vazão média de longo período (Q_{mld}). Se o índice for menor que 5% a situação é considerada excelente, se estiver entre 5% e 10% é considerada confortável, se estiver entre 10% e 20% é considerada preocupante, entre 20% e 40% crítica e maior que 40% muito crítica.

A distribuição da população na UPGRH DO2 mostra a predominância da população urbana, o que pode ser explicado pelo perfil econômico da região, que abriga o parque siderúrgico do Estado de Minas Gerais, representado pelas plantas industriais da Arcelor Mittal em Timóteo e João Monlevade; a Usiminas em Ipatinga; e ainda pela Gerdau em Barão de Cocais (IGAM, 2010).

3.2 Pesquisa, avaliação e diagnóstico de uso de recursos hídricos

Para quantificar os usos de água na bacia do Rio Piracicaba foram consideradas as outorgas superficiais, ou seja, aquelas concedidas em condições a fio d'água e estimadas em base anual, publicadas pelo IGAM para o Estado de Minas Gerais até 22 de janeiro de 2011.

Os dados foram obtidos do banco de dados de outorgas do Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM (plataforma de integralização e atualização das bases de dados dos órgãos vinculados ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA, para gestão da informação), considerando válidas somente as concessões para captações superficiais com *status* “outorga deferida”, “outorga retificada” e “outorga renovada”. Foram mantidos aqueles processos que se referem aos usos consuntivos, que se

localizavam dentro dos limites da bacia e foram excluídos os processos referentes aos reservatórios de regularização de vazões.

Além disso, realizou-se consulta aos processos de outorga disponíveis no acervo físico do IGAM, onde foi possível efetuar a verificação dos dados referentes à vazão outorgada, coordenadas geográficas e toponímia do curso d'água onde ocorre a intervenção, finalidade de uso e dinâmica da utilização da água no empreendimento.

Utilizando as coordenadas geográficas de cada seção da hidrografia com outorga, a toponímia do curso d'água e o mapa constante do parecer técnico (processos de outorga) foram inseridos pontos ao longo da base hidrográfica otocodificada, cedida pelo IGAM. A cada ponto de outorga foram associados os valores demandados, considerando que todas as retiradas são a fio d'água. Esta consideração foi feita com base no princípio da superposição das informações, isto é, para fins de quantificação foi considerado que todas as outorgas acontecem de forma simultânea ao longo da rede hidrográfica.

Para o cálculo das demandas foram consideradas as outorgas espacialmente inseridas em uma dada ottobacia, a partir da realização do somatório das vazões outorgadas no trecho correspondente à referida ottobacia. Esse procedimento foi realizado unindo a base de dados de outorgas com a base de dados das ottobacias, gerando uma tabela de atributos com informações de topologia hídrica, de disponibilidade e de demandas.

Utilizou-se consulta ao Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH³ (ANA, 2012) como ferramenta de verificação para a análise dos empreendimentos outorgados considerados no diagnóstico de uso de água, verificando se o empreendimento possui declaração válida e atualizada que possa servir de subsídio ao presente estudo.

³O CNARH foi instituído pela Resolução ANA nº 317/2003 (ANA, 2003) e é gerenciado pela ANA (ANA, 2012) em parceria com autoridades estaduais gestoras de recursos hídricos. Trata-se de uma plataforma virtual que tem por objetivo armazenar uma série de informações referentes aos usuários de água, tais como: identificação do usuário, vazão de consumo, finalidade de uso e tipos de intervenção nos cursos d'água.

3.3 Quantificação da vazão disponível para outorga

Com o intuito de ponderar a situação dos conflitos utilizou-se para avaliação de cenários as demandas frente às disponibilidades dadas por três critérios de outorga. A seguir são apresentados os três critérios adotados neste trabalho para o cálculo da vazão outorgável.

Para primeira análise realizada considera-se o critério usado pelo IGAM para a concessão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos em Minas Gerais baseado na Portaria IGAM nº 10/1998 (IGAM, 1998), que estipula a $Q_{7,10}$ como a vazão de referência, sendo fixada em 30% (trinta por cento) dessa vazão o limite máximo de derivações consuntivas outorgáveis na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção considerada, em condições naturais, ficando garantido a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$. Nessa análise são confrontados os dados de demanda com os valores de vazão disponíveis para outorga, de acordo com o critério de 30% da $Q_{7,10}$. A análise é feita trecho a trecho ao longo da base hidrográfica ottocodificada (Capítulo 2 – Seção 2.3), visando avaliar a condição de déficit ou disponibilidade de vazão permissível para uso, considerando as vazões outorgadas em relação às máximas permissíveis.

A segunda e a terceira análise baseiam-se, respectivamente, no uso de 50% da $Q_{7,10}$ e 70% da Q_{95} (critério adotado pela ANA – Tabela 1), conforme apresentados no Capítulo 2 – Seção 2.2, confrontando-se os valores de vazão demandados com os valores de vazão outorgáveis dados por esses dois critérios.

Para a análise da disponibilidade hídrica, adota-se o estudo de regionalização de vazões para a porção mineira da bacia do Rio Doce realizado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2010) e cedido pelo IGAM, utilizando-se as vazões mínimas com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), que é a vazão de referência utilizada pelo IGAM em seus processos de

concessão de outorga, conforme Portaria Administrativa IGAM 49/2010 – Art. 5º (IGAM, 2010a).

Utiliza-se como referência espacial as ottobacias da base hidrográfica ottocodificada (Capítulo 2 – Seção 2.3), que permite a transferência e união das informações geradas pelo diagnóstico de usos de recursos hídricos (análise de demandas) para a base ottocodificada regionalizada.

3.4 Análise de áreas de conflito baseados na oferta e na demanda

A solução de conflitos quantitativos pelo uso da água requer, de modo geral, a organização da gestão do sistema hídrico sob o enfoque coletivo, inibindo soluções individuais que impliquem danos a outros usuários e, conseqüentemente, causem impactos à bacia hidrográfica. Contudo, diagnosticar pontualmente as áreas de conflito auxilia na tomada de decisão, visto que atuar em grandes escalas torna a solução dos problemas mais onerosa e pouco eficaz.

Por este motivo, a análise dos conflitos foi realizada por ottobacia visando identificar a existência de fatores que levam ao consumo excessivo de água, bem como assinalar quais cursos d'água devem ser monitorados para o efetivo controle de consumo.

Com os dados de vazão disponível para outorga e das demandas mensuradas das outorgas a fio d'água consideradas neste estudo (Seção 3.2), calcula-se a vazão remanescente ($Q_{\text{remanescente}}$) para os três critérios de concessão de outorga analisados (Seção 3.3), utilizando-se as Equações 1, 2 e 3:

$$Q_{\text{remanescente}} = 30\% (Q_{7,10}) - \sum Q_{\text{outorgas}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{remanescente}} = 50\% (Q_{7,10}) - \sum Q_{\text{outorgas}} \quad (2)$$

na qual, 30% e 50% da $Q_{7,10}$ utilizam a $Q_{7,10}$ regionalizada (m^3/h) e $\sum Q_{\text{outorgas}}$ (m^3/h) é o somatório das vazões outorgadas em uma dada ottobacia.

O cálculo da $Q_{\text{remanescente}}$ para a vazão de referência Q_{95} foi realizado utilizando-se a Equação 3:

$$Q_{\text{remanescente}} = 70\% (Q_{95}) - \sum Q_{\text{outorgas}} \quad (3)$$

na qual, 70% da Q_{95} utiliza a Q_{95} regionalizada em m^3/h e $\sum Q_{\text{outorgas}}$ (m^3/h) é o somatório das vazões outorgadas em uma dada ottobacia.

A partir da quantificação da disponibilidade hídrica e do cálculo da $Q_{\text{remanescente}}$ foram analisados os trechos: que apresentam demandas maiores que a oferta; que não possuem consumo de água e, conseqüentemente, não possuem outorgas; e aqueles onde o limite permissível para concessão de outorgas está dentro dos limites aceitáveis. Com base nos resultados foram geradas tabelas de dados que possibilitam identificar as áreas que possuem conflitos quantitativos em relação à oferta e a demanda.

Para a análise global da situação da disponibilidade residual na UPGRH DO2 foi adotada a classificação da vazão remanescente baseada na razão, em termos percentuais, entre a vazão de retirada para os usos consuntivos a fio d'água e a disponibilidade hídrica a partir dos três critérios de outorga considerados neste estudo. Na Tabela 2 são apresentadas as classificações, em termos percentuais, referentes a situação atual da $Q_{\text{remanescente}}$, levando-se em conta a disponibilidade (vazão total outorgável no trecho analisado), calculada a partir de um critério de outorga, e as demandas existentes.

Tabela 2 – Classificação da vazão remanescente.

| Percentual de $Q_{\text{remanescente}}$ | Classificação |
|---|---------------|
| < 0% | Conflito |
| 0% a 40% | Baixa |
| 40% a 80% | Média |
| > 80% | Alta |

São adotadas as seguintes classificações: “conflito”, quando a $Q_{\text{remanescente}}$ do trecho é menor que 0%, ou seja, as demandas são maiores que a oferta; “baixa”, quando a $Q_{\text{remanescente}}$ do trecho está entre 0% e 40% da vazão total outorgável; “média”, quando a $Q_{\text{remanescente}}$ do trecho está entre 40% e 80% da vazão total outorgável e; “alta”, quando a $Q_{\text{remanescente}}$ do trecho é maior que 80% da vazão total outorgável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia de análise dos conflitos pelo uso da água baseados na relação oferta/demanda, apresentada no Capítulo 3.

4.1 Diagnóstico de uso de recursos hídricos

Para a verificação da quantidade (número de pontos e vazão) de outorgas inseridas na bacia do Rio Piracicaba realizou-se o diagnóstico de uso de recursos hídricos por meio da análise dos processos e seus respectivos pareceres técnicos, conforme descrito no Capítulo 3 – Seção 3.2.

Na UPGRH DO2 há 73 processos de outorga, contudo somente 39 deles foram considerados neste estudo, uma vez que os demais processos não foram encontrados no acervo do IGAM, não estavam disponíveis no SIAM e/ou não se tratavam de usos consuntivos à fio d'água. Os processos desconsiderados na análise são apresentados na Tabela 3.

A distribuição espacial dos pontos referentes aos 39 processos de outorga considerados no presente estudo é apresentada na Figura 3. Observa-se que as outorgas estão distribuídas ao longo da bacia havendo uma pequena concentração nos municípios de Santa Bárbara, Barão de Cocais, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira.

Tabela 3 – Processos de outorga desconsiderados na análise.

| Processo | Dados no SIAM? | Situação |
|-----------------|-----------------------|---|
| 00590/2007 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01114/2010 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 01487/1994 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01552/2007 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 01575/2005 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01581/1993 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01614/1993 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01617/1993 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01722/1993 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01733/2005 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01815/1993 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 01820/2003 | Não | Uso não consuntivo. |
| 01821/2003 | Não | Uso não consuntivo. |
| 01980/2006 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 02403/2003 | Não | Uso não consuntivo. |
| 02679/2002 | Não | Uso não consuntivo. |
| 03159/2006 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 03160/2006 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 03161/2006 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 03468/2006 | Não | Uso não consuntivo. |
| 04314/2005 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 05914/2007 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 06709/2006 | Sim | Uso não consuntivo. |
| 07063/2007 | Não | Uso não consuntivo. |
| 10110/1997 | Não | Uso não consuntivo. |
| 10793/1995 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 11056/1996 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 11059/1996 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 12262/1996 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 16281/2009 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 22551/1997 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 22552/1997 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 22553/1997 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |
| 60206/2004 | Não | Parecer técnico não localizado no acervo técnico. |

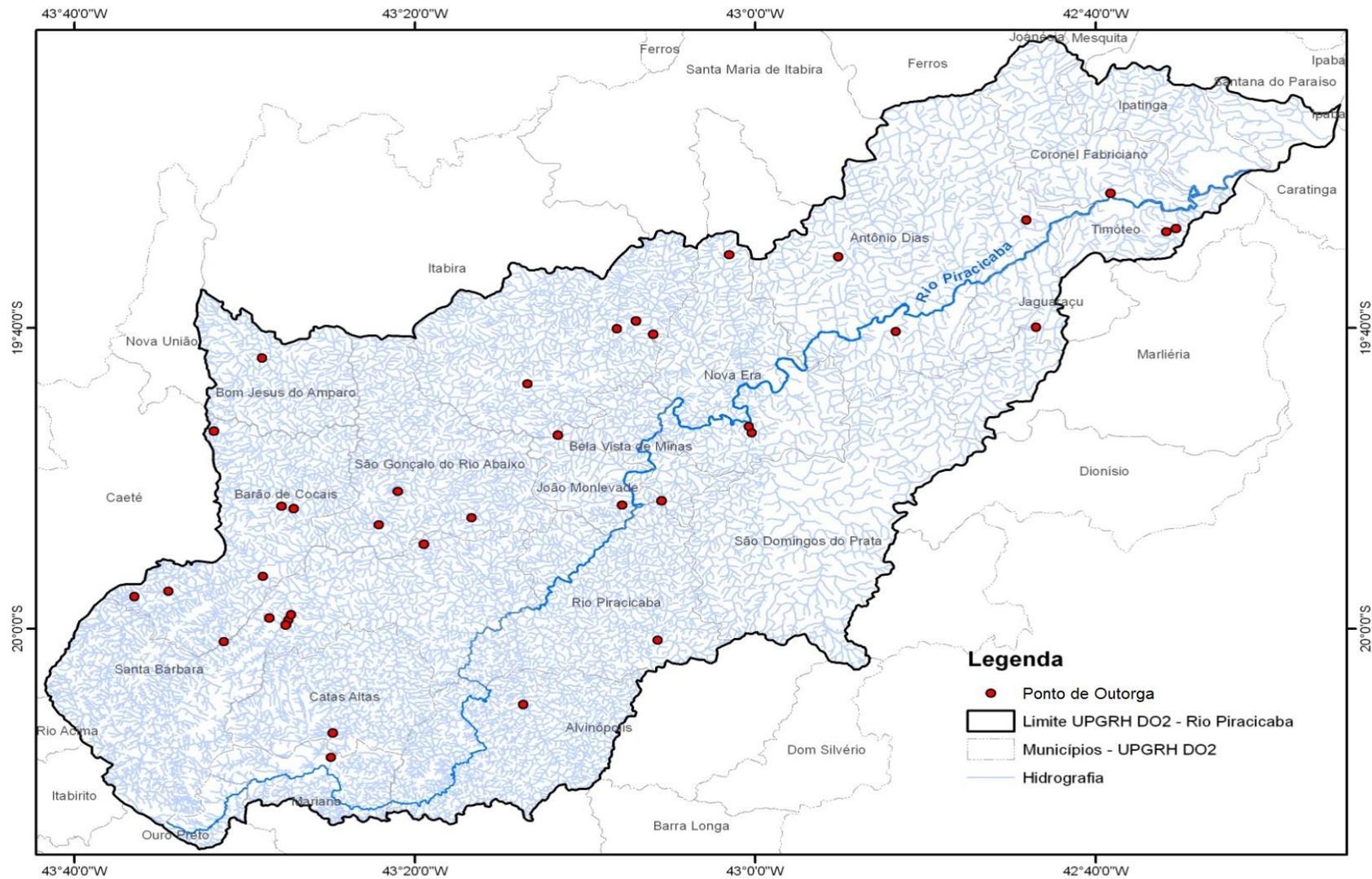


Figura 3 – Distribuição espacial dos pontos de outorga considerados na análise da UPGRH DO2.

Nessa análise foi possível verificar que as finalidades de uso mais representativas na UPGRH DO2 são, respectivamente, consumo industrial e abastecimento público, conforme pode ser observado na Figura 4.

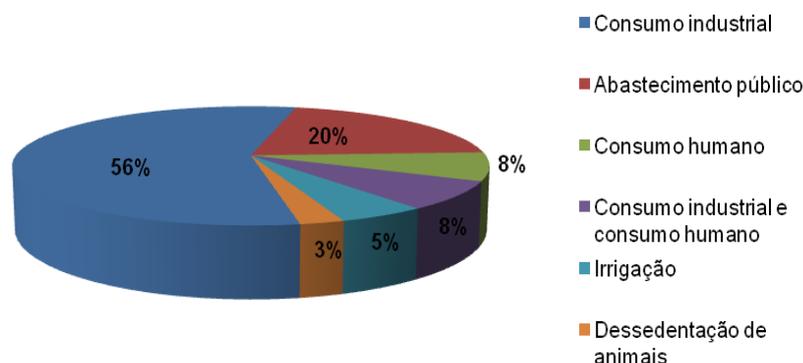


Figura 4 – Percentual de processos de outorga por finalidade de uso na UPGRH DO2.

Quanto a vazão demandada (outorgada) por finalidade de uso, tem-se que cerca de 70% da vazão de retirada (Tabela 4) destina-se a consumo industrial, o que confirma o perfil industrial e economicamente desenvolvido da UPGRH DO2, determinado principalmente pelas empresas que compõem o Vale do Aço e pelas mineradoras existentes na bacia.

Tabela 4 – Vazão demandada por finalidade de uso na UPGRH DO2.

| Finalidade de Uso | Vazão Total Outorgada | |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|
| | (m³/h) | (%) |
| Consumo industrial | 5784,48 | 69,42 |
| Consumo industrial e consumo humano | 2009,52 | 24,12 |
| Abastecimento público | 502,92 | 6,04 |
| Dessedentação de animais | 18,00 | 0,22 |
| Irrigação | 11,52 | 0,14 |
| Consumo humano | 6,37 | 0,08 |
| TOTAL | 8332,81 | 100,00% |

Na Tabela 5 são apresentadas as vazões outorgadas ao longo da UPGRH DO2, por processo e por finalidade de uso. Observa-se que o compartilhamento de uso a fio d'água para a bacia é baseado em altas demandas destinadas a poucos usuários, uma vez que dos 39 processos outorgados e analisados, somando 8.332,81 m³/h de vazão captada, três usuários (destacados na Tabela 5) representam cerca de 72% do total da vazão retirada à fio d'água ao longo da UPGRH DO2.

Tabela 5 – Vazões outorgadas por processo e finalidade de uso na UPGRH DO2.

| Id ⁴ | Código Ottobacia | Finalidade | Vazão Outorgada | |
|-----------------|------------------|--|-----------------|--------------|
| | | | m³/h | % |
| 1 | 7681191 | Consumo industrial e consumo humano | 1980,00 | 23,76 |
| 2 | 768415 | Abastecimento público | 86,40 | 1,04 |
| 3 | 768411 | Consumo industrial | 198,00 | 2,38 |
| 4 | 76895133 | Consumo industrial | 32,40 | 0,39 |
| 5 | 76895111 | Consumo industrial | 100,80 | 1,21 |
| 6 | 76895335 | Consumo industrial | 50,40 | 0,60 |
| 7 | 768911751 | Consumo industrial | 2001,60 | 24,02 |
| 8 | 7689413 | Abastecimento público | 28,80 | 0,35 |
| 9 | 76868391 | Consumo industrial | 198,00 | 2,38 |
| 10 | 76894153 | Abastecimento público | 259,20 | 3,11 |
| 11 | 76822131 | Consumo industrial | 19,80 | 0,24 |
| 12 | 76892311 | Consumo industrial | 450,00 | 5,40 |
| 13 | 76889321 | Abastecimento público | 41,40 | 0,50 |
| 14 | 768649173 | Abastecimento público | 19,08 | 0,23 |
| 15 | 76882953 | Abastecimento público | 36,00 | 0,43 |
| 16 | 76811219 | Irrigação | 4,32 | 0,05 |
| 17 | 768154433 | Abastecimento público | 22,68 | 0,27 |
| 18 | 76824111 | Consumo industrial | 100,80 | 1,21 |
| 19 | 76819215 | Consumo industrial | 198,00 | 2,38 |
| 20 | 76866471 | Consumo industrial | 5,40 | 0,06 |
| 21 | 76814161 | Abastecimento público | 9,36 | 0,11 |
| 22 | 76866997 | Consumo industrial | 7,20 | 0,09 |
| 23 | 76876831 | Consumo industrial | 21,60 | 0,26 |
| 24 | 76819883 | Consumo industrial | 7,92 | 0,10 |
| 25 | 76882697 | Consumo industrial | 2,52 | 0,03 |
| 26 | 7686196 | Consumo industrial e consumo humano | 0,72 | 0,01 |
| 27 | 76816645 | Irrigação | 7,20 | 0,09 |
| 28 | 76811221 | Consumo humano | 3,60 | 0,04 |
| 29 | 7687343 | Consumo humano | 2,16 | 0,03 |
| 30 | 7687299 | Consumo industrial | 5,04 | 0,06 |
| 31 | 76892645 | Consumo industrial | 3,96 | 0,05 |
| 32 | 76822145 | Consumo industrial | 5,04 | 0,06 |
| 33 | 76862193 | Consumo industrial | 198,00 | 2,38 |
| 34 | 768925233 | Consumo industrial e consumo humano | 28,80 | 0,35 |
| 35 | 768911996 | Dessedentação de animais | 18,61 | 0,22 |
| | | Consumo humano | | |
| 36 | 76882941 | Consumo industrial | 39,60 | 0,48 |
| 37 | 76869783 | Consumo industrial | 90,00 | 1,08 |
| 38 | 7689373 | Consumo industrial | 2048,40 | 24,58 |

A ottobacia 768911996 possui dois processos de outorga, ou seja, para um mesmo trecho de curso d'água existem duas demandas e sua vazão outorgada é o somatório dessas retiradas. As demais ottobacias possuem somente um processo de outorga vinculado aos respectivos trechos.

⁴Para facilitar a análise, para cada trecho analisado foi atribuído um código identificador (Id).

Efetuuou-se a retificação da localização espacial (coordenadas geográficas) dos pontos de coleta (outorga) de sete processos, para que coincidisse com os cursos d'água e as bacias de contribuição analisadas pelo órgão gestor, visando relacioná-los corretamente às ottobacias correspondentes.

Foram identificadas também divergências de toponímias dos cursos d'água em 12 processos analisados (dois processos referem-se ao Id 35), utilizando como comparação os pareceres técnicos do IGAM e a base hidrográfica ottocodificada.

4.2 Quantificação da vazão disponível para outorga

A quantificação da vazão outorgável na bacia foi realizada a partir do estudo de regionalização da UFV (UFV, 2010) – cedido pelo IGAM, para os três critérios de outorga utilizados na análise da bacia do Rio Piracicaba, conforme descrito no Capítulo 3 – Seção 3.3.

Na Tabela 6 são apresentadas as vazões outorgáveis (oferta), para os três critérios de outorga, e a soma das vazões outorgadas a fio d'água (demanda) por ottobacia pelo IGAM.

Tabela 6 – Oferta e demanda para os três critérios e por ottobacia.

| Id | Código Ottobacia | Oferta (m ³ /h) | | | Demanda (m ³ /h) |
|----|------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | 30%(Q _{7,10}) | 50%(Q _{7,10}) | 70%(Q ₉₅) | Vazão Outorgada |
| 1 | 7681191 | 15647,91 | 26079,84 | 60518,50 | 1980,00 |
| 2 | 768415 | 1505,86 | 2509,77 | 4919,93 | 86,40 |
| 3 | 768411 | 1524,35 | 2540,58 | 4984,71 | 198,00 |
| 4 | 76895133 | 1142,28 | 1903,81 | 3658,48 | 32,40 |
| 5 | 76895111 | 1153,33 | 1922,22 | 3696,43 | 100,80 |
| 6 | 76895335 | 1018,66 | 1697,77 | 3235,73 | 50,40 |
| 7 | 768911751 | 2675,85 | 4459,74 | 9112,26 | 2001,60 |
| 8 | 7689413 | 474,67 | 791,11 | 1427,04 | 28,80 |
| 9 | 76868391 | 463,02 | 771,69 | 1389,52 | 198,00 |
| 10 | 76894153 | 469,00 | 781,67 | 1408,79 | 259,20 |
| 11 | 76822131 | 225,95 | 376,58 | 643,91 | 19,80 |
| 12 | 76892311 | 565,63 | 942,72 | 1722,14 | 450,00 |
| 13 | 76889321 | 139,46 | 232,44 | 383,87 | 41,40 |
| 14 | 768649173 | 82,01 | 136,68 | 217,25 | 19,08 |
| 15 | 76882953 | 94,22 | 157,04 | 252,11 | 36,00 |
| 16 | 76811219 | 50,03 | 83,38 | 127,90 | 4,32 |
| 17 | 768154433 | 48,54 | 80,90 | 123,81 | 22,68 |
| 18 | 76824111 | 123,80 | 206,33 | 337,84 | 100,80 |
| 19 | 76819215 | 220,43 | 367,38 | 627,05 | 198,00 |
| 20 | 76866471 | 26,73 | 44,54 | 65,31 | 5,40 |
| 21 | 76814161 | 23,89 | 39,82 | 57,91 | 9,36 |
| 22 | 76866997 | 16,65 | 27,75 | 39,32 | 7,20 |
| 23 | 76876831 | 28,33 | 47,22 | 69,53 | 21,60 |

(continua)

Tabela 6 - Conclusão

| Id | Código Ottobacia | Oferta (m ³ /h) | | | Demanda (m ³ /h) |
|----|------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | | 30%(Q _{7,10}) | 50%(Q _{7,10}) | 70%(Q ₉₅) | Vazão Outorgada |
| 24 | 76819883 | 13,44 | 22,40 | 31,26 | 7,92 |
| 25 | 76882697 | 6,80 | 11,33 | 15,05 | 2,52 |
| 26 | 7686196 | 4,97 | 8,28 | 10,76 | 0,72 |
| 27 | 76816645 | 10,49 | 17,49 | 23,97 | 7,20 |
| 28 | 76811221 | 6,22 | 10,37 | 13,69 | 3,60 |
| 29 | 7687343 | 3,93 | 6,55 | 8,36 | 2,16 |
| 30 | 7687299 | 6,34 | 10,57 | 13,97 | 5,04 |
| 31 | 76892645 | 2,44 | 4,06 | 5,01 | 3,96 |
| 32 | 76822145 | 2,63 | 4,39 | 5,44 | 5,04 |
| 33 | 76862193 | 191,70 | 319,49 | 539,86 | 198,00 |
| 34 | 768925233 | 21,91 | 36,51 | 52,77 | 28,80 |
| 35 | 768911996 | 1,75 | 2,91 | 3,64 | 18,61 |
| 36 | 76882941 | 17,59 | 29,32 | 41,71 | 39,60 |
| 37 | 76869783 | 34,63 | 57,72 | 86,21 | 90,00 |
| 38 | 7689373 | 1576,58 | 2627,63 | 5168,05 | 2048,40 |

4.3 Análise dos conflitos baseados na oferta e na demanda

As vazões remanescentes ($Q_{\text{remanescente}}$) foram calculadas pelas Equações 1, 2 e 3 (Capítulo 3 – Seção 3.4) utilizando as ofertas (para os três critérios de outorga: 30%($Q_{7,10}$), 50%($Q_{7,10}$) e 70%(Q_{95})) e demandas (soma das vazões outorgadas). Dos 39 processos de outorga inseridos em 38 trechos da hidrografia (base hidrográfica ottocodificada), 30 não apresentam conflitos entre oferta e demanda, levando-se em conta os três critérios analisados.

Na Tabela 7 é apresentado um resumo com a classificação do percentual da vazão remanescente absoluta (m³/h) e relativa (%), ou seja, refere-se a vazão disponível para outorga de uma dada ottobacia, conforme descrito na Tabela 2 (Capítulo 3 – Seção 3.4), nos trechos que apresentam demandas para os três critérios analisados no presente estudo. Os valores negativos representam os conflitos quantitativos baseados na diferença entre a oferta e a demanda, nas respectivas ottobacias.

A seguir são apresentados alguns dos casos analisados, por trechos da base hidrográfica ottocodificada e considerando os três critérios de outorga.

Tabela 7 – Classificação da vazão remanescente ($Q_{\text{remanescente}}$).

| Id | Código Ottobacia | $Q_{\text{remanescente}}$ | | | | | | | | |
|----|------------------|---------------------------|------|-----------------|-------------------|------|-----------------|-----------------|------|-----------------|
| | | 30%($Q_{7,10}$) | | | 50%($Q_{7,10}$) | | | 70%(Q_{95}) | | |
| | | (m^3/h) | (%) | Classe | (m^3/h) | (%) | Classe | (m^3/h) | (%) | Classe |
| 1 | 7681191 | 13667,91 | 87 | Alta | 24099,84 | 92 | Alta | 58538,50 | 97 | Alta |
| 2 | 768415 | 1419,46 | 94 | Alta | 2423,37 | 97 | Alta | 4833,53 | 98 | Alta |
| 3 | 768411 | 1326,35 | 87 | Alta | 2342,58 | 92 | Alta | 4786,71 | 96 | Alta |
| 4 | 76895133 | 1109,88 | 97 | Alta | 1871,41 | 98 | Alta | 3626,08 | 99 | Alta |
| 5 | 76895111 | 1052,53 | 91 | Alta | 1821,42 | 95 | Alta | 3595,63 | 97 | Alta |
| 6 | 76895335 | 968,26 | 95 | Alta | 1647,37 | 97 | Alta | 3185,33 | 98 | Alta |
| 7 | 768911751 | 674,25 | 25 | Baixa | 2458,14 | 55 | Média | 7110,66 | 78 | Média |
| 8 | 7689413 | 445,87 | 94 | Alta | 762,31 | 96 | Alta | 1398,24 | 98 | Alta |
| 9 | 76868391 | 265,02 | 57 | Média | 573,69 | 74 | Média | 1191,52 | 86 | Alta |
| 10 | 76894153 | 209,80 | 45 | Média | 522,47 | 67 | Média | 1149,59 | 82 | Alta |
| 11 | 76822131 | 206,15 | 91 | Alta | 356,78 | 95 | Alta | 624,11 | 97 | Alta |
| 12 | 76892311 | 115,63 | 20 | Baixa | 492,72 | 52 | Média | 1272,14 | 74 | Média |
| 13 | 76889321 | 98,06 | 70 | Média | 191,04 | 82 | Alta | 342,47 | 89 | Alta |
| 14 | 768649173 | 62,93 | 77 | Média | 117,60 | 86 | Alta | 198,17 | 91 | Alta |
| 15 | 76882953 | 58,22 | 62 | Média | 121,04 | 77 | Média | 216,11 | 86 | Alta |
| 16 | 76811219 | 45,71 | 91 | Alta | 79,06 | 95 | Alta | 123,58 | 97 | Alta |
| 17 | 768154433 | 25,86 | 53 | Média | 58,22 | 72 | Média | 101,13 | 82 | Alta |
| 18 | 76824111 | 23,00 | 19 | Baixa | 105,53 | 51 | Média | 237,04 | 70 | Média |
| 19 | 76819215 | 22,43 | 10 | Baixa | 169,38 | 46 | Média | 429,05 | 68 | Média |
| 20 | 76866471 | 21,33 | 80 | Média | 39,14 | 88 | Alta | 59,91 | 92 | Alta |
| 21 | 76814161 | 14,53 | 61 | Média | 30,46 | 76 | Média | 48,55 | 84 | Alta |
| 22 | 76866997 | 9,45 | 57 | Média | 20,55 | 74 | Média | 32,12 | 82 | Alta |
| 23 | 76876831 | 6,73 | 24 | Baixa | 25,62 | 54 | Média | 47,93 | 69 | Média |
| 24 | 76819883 | 5,52 | 41 | Média | 14,48 | 65 | Média | 23,34 | 75 | Média |
| 25 | 76882697 | 4,28 | 63 | Média | 8,81 | 78 | Média | 12,53 | 83 | Alta |
| 26 | 7686196 | 4,25 | 86 | Alta | 7,56 | 91 | Alta | 10,04 | 93 | Alta |
| 27 | 76816645 | 3,29 | 31 | Baixa | 10,29 | 59 | Média | 16,77 | 70 | Média |
| 28 | 76811221 | 2,62 | 42 | Média | 6,77 | 65 | Média | 10,09 | 74 | Média |
| 29 | 7687343 | 1,77 | 45 | Média | 4,39 | 67 | Média | 6,20 | 74 | Média |
| 30 | 7687299 | 1,30 | 21 | Baixa | 5,53 | 52 | Média | 8,93 | 64 | Média |
| 31 | 76892645 | -1,52 | -62 | Conflito | 0,10 | 3 | Baixa | 1,05 | 21 | Baixa |
| 32 | 76822145 | -2,41 | -92 | Conflito | -0,65 | -15 | Conflito | 0,40 | 7 | Baixa |
| 33 | 76862193 | -6,30 | -3 | Conflito | 121,49 | 38 | Baixa | 341,86 | 63 | Média |
| 34 | 768925233 | -6,89 | -31 | Conflito | 7,71 | 21 | Baixa | 23,97 | 45 | Média |
| 35 | 768911996 | -16,87 | -966 | Conflito | -15,70 | -540 | Conflito | -14,97 | -411 | Conflito |
| 36 | 76882941 | -22,01 | -125 | Conflito | -10,28 | -35 | Conflito | 2,11 | 5 | Baixa |
| 37 | 76869783 | -55,37 | -160 | Conflito | -32,28 | -56 | Conflito | -3,79 | -4 | Conflito |
| 38 | 7689373 | -471,82 | -30 | Conflito | 579,23 | 22 | Baixa | 3119,65 | 60 | Média |

O Id 2 possui uma demanda de 86,40 m^3/h para abastecimento público do município de Nova Era, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 1.419,46 m^3/h para 30%($Q_{7,10}$), 2.423,37 m^3/h para 50%($Q_{7,10}$) e 4.833,53 m^3/h para 70%(Q_{95}). Não foi encontrado conflito quantitativo, para os três critérios de concessão de uso de água considerados na análise e há vazão disponível para outorga. A população de Nova Era é de 17.528

habitantes (IBGE, 2010). Considerando que para municípios que possuem população total inferior a 50.000 habitantes, o consumo de água é da ordem de 150 litros/habitante/dia, de acordo com a Nota Técnica nº 1/2009 (IGAM, 2009) – Anexo A, verifica-se que a vazão captada atende parcialmente às necessidades, já que o esperado para o consumo, considerando a referida população, seria de 109,55 m³/h, ou seja, 23,15 m³/h acima da vazão real outorgada. Contudo, como o parecer técnico foi expedido em 2001 para uma população de 6.500 habitantes, a entidade operadora do sistema de abastecimento, em suas projeções, não operava em sua capacidade máxima, ou seja, cerca de 40,62 m³/h seria utilizada para atendimento. No CNARH consta que a população atendida pela vazão outorgada é de 4.200 pessoas, isto é, cerca de 30% da concessão é utilizada para abastecimento e o restante configura-se reserva de água para essa finalidade de uso, considerada prioritária pela Lei Federal nº 9.433/1997 e Lei Estadual nº 13.199/1999.

O Id 7 destina-se a consumo industrial com demanda de 2001,60 m³/h e apresenta $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 674,25 m³/h para 30% ($Q_{7,10}$), 2.458,14 m³/h para 50% ($Q_{7,10}$) e 7.110,66 m³/h para 70% (Q_{95}). No caso dos 30% ($Q_{7,10}$) há uma redução significativa da $Q_{\text{remanescente}}$, tendo assim esse trecho baixa disponibilidade atual outorgável.

O Id 8 possui uma demanda de 28,80 m³/h para abastecimento público do município de Santa Bárbara, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 445,87 m³/h para 30% ($Q_{7,10}$), 762,31 m³/h para 50% ($Q_{7,10}$) e 1.398,24 m³/h para 70% (Q_{95}). Portanto, não foi encontrado conflito quantitativo para os três critérios para concessão de uso de água considerados na análise.

O Id 10 possui demanda de 259,20 m³/h destinada a abastecimento público também para o município de Santa Bárbara, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 209,80 m³/h para 30% ($Q_{7,10}$), 522,47 m³/h para 50% ($Q_{7,10}$) e 1.149,59 m³/h para 70% (Q_{95}).

Verifica-se que as vazões captadas para o Id 8 e o Id 10 somam 288,00 m³/h atendendo assim, as reais necessidades do município de Santa Bárbara pois o esperado para o consumo considerando a referida população seria de 174,22 m³/h e a estimativa para atendimento ao final do plano de abastecimento (ano de 2026) é de 26.190 habitantes, valor este extrapolado já em 2010, uma vez que atualmente, estima-se uma população de 27.876 habitantes (IBGE, 2010).

Quanto ao Id 12, tem-se o uso de água destinado a consumo industrial para uma vazão outorgada de 450,00 m³/h, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 115,63 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 492,72 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 1.272,14 m³/h para 70%(Q_{95}). No caso dos 30%($Q_{7,10}$), houve redução da $Q_{\text{remanescente}}$, ou seja, o trecho apresenta baixa disponibilidade atual outorgável.

O Id 13 possui uma demanda de 41,40 m³/h para abastecimento público do município de Bom Jesus do Amparo, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 98,06 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 191,04 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 342,47 m³/h para 70%(Q_{95}). Foram retificadas as coordenadas geográficas e o curso d'água descrito no processo de outorga, visto que a disponibilidade hídrica do corpo hídrico indicado no parecer técnico é significativamente inferior ao atendimento do valor demandado, que deve ser um erro na associação do curso d'água no referido parecer, bem como nas coordenadas do ponto de captação, ocasionando discrepâncias no momento da análise da oferta e da vazão remanescente. Caso não fosse adotado esse procedimento, o Id apresentaria conflito para todos os critérios de concessão de outorgas considerada na análise. A população de Bom Jesus do Amparo é de 5.491 habitantes (IBGE, 2010). Considerando que para municípios que possuem população total inferior a 50.000 habitantes, o consumo de água é da ordem de 150 litros/habitante/dia (IGAM, 2009), a oferta atende às necessidades, pois o esperado para o consumo considerando a referida população seria de 34,32 m³/h e a disponibilidade hídrica é de 139,46 m³/h para 30%($Q_{7,10}$).

O Id 14 tem demanda de 19,08 m³/h para abastecimento público do município de Rio Piracicaba, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 62,93 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 117,60 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 198,17 m³/h para 70%(Q_{95}). A população de Rio Piracicaba é de 14.149 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com a Nota Técnica 1/2009 (IGAM, 2009), verifica-se que a vazão captada não atende às necessidades, pois o esperado para o consumo, considerando a referida população, seria de 88,43 m³/h, ou seja, há um déficit no atendimento de 69,35 m³/h. O parecer técnico foi expedido em 2006 para uma população de 1.276 habitantes para o final do plano de abastecimento, demonstrando que a vazão solicitada atende às necessidades do município para a projeção populacional em questão. Com isso, a entidade responsável pelo abastecimento, não operava em sua capacidade máxima, ou seja, cerca de 7,97

m³/h seria utilizada para atendimento e o restante seria caracterizado como reserva de água.

O Id 15 possui uma demanda de 36,0 m³/h para abastecimento público do município de Barão de Cocais, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 58,22 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 121,04 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 216,11 m³/h para 70%(Q_{95}). Segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010), a população de Barão de Cocais é de 28.442 habitantes. De acordo com a Nota Técnica nº 1/2009 (IGAM, 2009), verifica-se que a vazão captada não atende às necessidades, pois o esperado para o consumo, considerando a referida população, seria de 177,76 m³/h, ou seja, há um déficit no atendimento de 141,76 m³/h. Como o parecer técnico foi expedido em 2003 para uma população de 3.400 habitantes, a entidade responsável pelo abastecimento, em suas projeções, não operava em sua capacidade máxima, ou seja, cerca de 21,25 m³/h seria utilizada para atendimento e o restante (14,75 m³/h) seria caracterizado como reserva de água.

Os Ids 17 e 21 demandam água para abastecimento público do município de Jaguarauçu e referem-se a dois processos de outorga distintos. O Id 17 possui demanda de 22,68 m³/h para atendimento a uma população de 6.800 habitantes ao final do plano de abastecimento, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual 25,86 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 58,22 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 101,13 m³/h para 70%(Q_{95}). O Id 21 tem demanda de 9,36 m³/h, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 14,53 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 30,46 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 48,55 m³/h para 70%(Q_{95}). Ao todo, tem-se 32,04 m³/h de vazão outorgada para atendimento a uma população atual de 2.990 habitantes (IBGE, 2010), demonstrando que a vazão solicitada atende às necessidades do município. Com isso, a entidade responsável pelo abastecimento não opera em sua capacidade máxima, ou seja, cerca de 18,69 m³/h é utilizada para atendimento atual e o restante (13,32 m³/h) é caracterizado como reserva de água.

O Id 18 destina-se a consumo industrial e apresenta demanda de 100,8 m³/h, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 23,0 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 105,53 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 237,04 m³/h para 70%(Q_{95}). No caso de 30%($Q_{7,10}$) houve redução da vazão remanescente (23,0 m³/h), caracterizando o trecho com baixa disponibilidade atual outorgável.

O Id 19 possui demanda de 198,00 m³/h destinada ao consumo industrial, com $Q_{\text{remanescente}}$ igual a 22,43 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 169,38 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e

429,05 m³/h para 70%(Q₉₅). Portanto, quanto a disponibilidade atual outorgável, o critério de 30%(Q_{7,10}) apresenta baixa disponibilidade.

O Id 23 destina-se a consumo industrial, com demanda de 21,60 m³/h e Q_{remanescente} igual a 6,73 m³/h para 30%(Q_{7,10}), 25,62 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 47,93 m³/h para 70%(Q₉₅), não caracterizando um trecho em conflito. No caso de 30%(Q_{7,10}), houve redução da vazão remanescente em relação à oferta e a demanda para 6,73 m³/h, caracterizando o trecho com baixa disponibilidade atual outorgável.

O Id 27 possui demanda de 7,20 m³/h, destinada à irrigação de uma área de 0,17 hectares, e Q_{remanescente} igual a 3,29 m³/h para 30%(Q_{7,10}), 10,29 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 16,77 m³/h para 70%(Q₉₅). Quanto a disponibilidade atual outorgável, o critério de 30%(Q_{7,10}) apresenta baixa Q_{remanescente} (3,29 m³/h).

Quanto ao Id 30 tem-se o uso de água destinado a consumo industrial para uma vazão outorgada de 5,04 m³/h, resultando em Q_{remanescente} igual a 1,30 m³/h para 30%(Q_{7,10}), 5,53 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 8,93 m³/h para 70%(Q₉₅). No caso de 30%(Q_{7,10}) houve uma redução da Q_{remanescente} (1,30 m³/h de vazão outorgável), classificando o trecho com baixa disponibilidade atual outorgável.

O Id 31 refere-se à demanda de 3,96 m³/h destinada a consumo industrial, resultando em Q_{remanescente} igual a -1,52 m³/h para 30%(Q_{7,10}), 0,10 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 1,05 m³/h para 70%(Q₉₅). Para 30%(Q_{7,10}) houve um déficit hídrico em torno de 62% em relação à disponibilidade outorgável, ou seja, a oferta é inferior à demanda, caracterizando o trecho em conflito, conforme Tabela 2 - Capítulo 3 – Seção 3.4. Para os demais critérios, houve baixa disponibilidade atual outorgável (Q_{remanescente} entre 0 e 40%).

Quanto ao Id 32, trata-se de captação destinada a consumo industrial com demanda outorgada de 5,04 m³/h, resultando em Q_{remanescente} igual a -2,41 m³/h para 30%(Q_{7,10}), -0,65 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 0,40 m³/h para 70%(Q₉₅), configurando conflito nos dois primeiros critérios analisados. Para 30%(Q_{7,10}) houve um déficit hídrico em torno de 92% em relação à disponibilidade outorgável. Para 50%(Q_{7,10}) o déficit é reduzido para 15%. Analisando-se para 70%(Q₉₅), a disponibilidade atual outorgável (Q_{remanescente}) é baixa. Segundo o parecer técnico, há somente 0,36 m³/h disponíveis para outorga para os 30%(Q_{7,10}), configurando um possível erro no

cálculo da área de drenagem em comparação com as informações da regionalização de vazões (UFV, 2010).

O processo de outorga referente ao Id 33 corresponde ao uso para consumo industrial com demanda de 198,00 m³/h. A $Q_{\text{remanescente}}$ é igual a -6,30 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 121,49 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 341,86 m³/h para 70%(Q_{95}), caracterizando conflito somente para o primeiro critério analisado, com déficit por volta de 3%. Pelo segundo critério, a disponibilidade atual outorgável é baixa (38%). Segundo o parecer técnico, a disponibilidade hídrica para 30%($Q_{7,10}$) é superior ao identificado na base hidrográfica ottocodificada regionalizada, atingindo um valor outorgável de 339,34 m³/h, isto é, 147,64 m³/h acima do calculado pela regionalização de vazões.

O Id 34 refere-se à demanda de 28,8 m³/h destinada ao consumo humano de 150 pessoas e ao consumo industrial. A $Q_{\text{remanescente}}$ é igual a -6,89 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), 7,71 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 23,97 m³/h para 70%(Q_{95}). No critério de 30%($Q_{7,10}$) houve um déficit de aproximadamente 31% em relação à disponibilidade, caracterizando o trecho como conflito. Para 50%($Q_{7,10}$), o trecho pode ser classificado com disponibilidade atual outorgável baixa ($Q_{\text{remanescente}} = 7,71$ m³/h).

O Id 35 refere-se a dois processos de outorga localizados na ottobacia de código 768911996, ou seja, no mesmo curso d'água. Destina-se a dessedentação de animais silvestres que serão reintegrados à fauna local, com vazão outorgada de 18 m³/h, e ao consumo humano de uma estação ecológica com demanda de 0,61 m³/h. A $Q_{\text{remanescente}}$ é igual a -16,87 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), -15,70 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e -14,97 m³/h para 70%(Q_{95}). Para os três critérios de outorga analisados tem-se conflitos quantitativos: para o primeiro, o déficit chega a 966%; o segundo e o terceiro critérios apresentam, respectivamente, 540% e 411% de déficit. Dessa forma, Id 35 apresenta o maior conflito na bacia do Rio Piracicaba.

Quanto ao Id 36, trata-se de captação destinada a consumo industrial com demanda outorgada de 39,6 m³/h. A $Q_{\text{remanescente}}$ é igual a -22,01 m³/h para 30%($Q_{7,10}$), -10,28 m³/h para 50%($Q_{7,10}$) e 2,11 m³/h para 70%(Q_{95}), apresentando conflito nos dois primeiros critérios. Para 30%($Q_{7,10}$) houve um déficit em torno de 125%, caracterizando o trecho com demanda maior que a oferta disponível; o mesmo acontece quando utilizado 50%($Q_{7,10}$), com déficit de 35%. Para 70%(Q_{95}), a disponibilidade atual outorgável é baixa. Os conflitos justificam-se pela possibilidade

do usuário não utilizar toda a vazão solicitada no processo de outorga ou de parte da água ser recirculada no processo industrial diminuindo o montante de água captada. No parecer técnico há 39,96 m³/h disponíveis para outorga para 30%(Q_{7,10}) e pelo método de regionalização (UFV, 2010) tem-se 17,59 m³/h, indicando que o curso d'água relacionado na análise pode não ser o mesmo do parecer técnico.

O Id 37 destina-se a consumo industrial com vazão outorgada de 90,00 m³/h, apresentando Q_{remanescente} é igual a -55,37 m³/h para 30%(Q_{7,10}), -32,28 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e -3,79 m³/h para 70%(Q₉₅). Os três critérios apresentam conflitos: para o primeiro, o déficit chega a 160%; o segundo e o terceiro apresentam, respectivamente, 56e 4% de déficit. Existe a possibilidade do usuário não utilizar toda a vazão solicitada no processo de outorga ou de parte desta água ser recirculada no processo industrial diminuindo o montante de água nova captada e justificando a existência dos conflitos.

O Id 38 destina-se ao uso para consumo industrial com demanda de 2.048,40 m³/h, resultando em Q_{remanescente} igual a -471,82 m³/h para 30%(Q_{7,10}), 579,23 m³/h para 50%(Q_{7,10}) e 3.119,65 m³/h para 70%(Q₉₅). Portanto, tem-se conflito somente para o primeiro critério analisado, com déficit de aproximadamente 30%. Pelo segundo critério, a disponibilidade atual outorgável é baixa. Segundo o parecer técnico, a disponibilidade outorgável dada por 30%(Q_{7,10}) é superior ao identificado na base hidrográfica otocodificada regionalizada, atingindo um valor permissível para outorga de 3.164,40 m³/h, isto é, 1.587,82 m³/h acima do calculado pelo método de regionalização de vazões.

Quando a bacia do Rio Piracicaba é analisada utilizando-se o critério de 30% da Q_{7,10} para concessão de outorgas tem-se um déficit hídrico de 583,19 m³/h distribuído ao longo de oito trechos, ou seja, que apresentam conflitos com relação à oferta e à demanda. Para o critério de 50% (Q_{7,10}), tem-se conflitos ao longo de quatro trechos, apresentando um déficit hídrico de 58,91 m³/h. Utilizando o 70% (Q₉₅), critério mais permissível para concessão de outorgas em comparação aos demais, tem-se um déficit entre a oferta e a demanda de 18,76 m³/h, resultando em dois conflitos.

Nota-se que mesmo em bacias onde o índice proposto pela ONU e descrito no Capítulo 3 – Seção 3.1 é considerado excelente, deve-se realizar análises pontuais para avaliar conflitos.

Em suma, um conflito em termos de concessões de outorga em um determinado ponto da bacia significa por princípio, um conflito a montante do referido ponto, uma vez que não será possível conceder novas outorgas para outros usos a montante sem que sejam adotadas medidas de regularização, uma vez que a vazão disponível para outorga já encontra-se comprometida.

No que se refere à situação de jusante, é necessário avaliar o ponto em que a disponibilidade hídrica torna-se menor que a demanda já outorgada ou existente, levando em consideração a área da bacia no qual o trecho em conflito encontra-se inserido.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o diagnóstico de uso de recursos hídricos, observou-se que as demandas de uso de água consideradas estão distribuídas ao longo de toda a bacia do Rio Piracicaba e que as maiores demandas são destinadas ao consumo industrial e abastecimento público.

Além disso, o critério de outorga que proporcionou o menor número de trechos em conflito foi o de 70% da Q_{95} (2 conflitos), por ser mais permissível em termos ambientais, seguido por 50% da $Q_{7,10}$ (4 conflitos) e 30% da $Q_{7,10}$ (8 conflitos).

Nota-se que a mudança de critérios de outorga, de forma geral, proporciona um aumento da vazão disponível para a concessão de outorgas na bacia. Entretanto, mesmo considerando o cenário mais permissível, ou seja, adotando 70% da Q_{95} , ainda foram evidenciadas situações em que o somatório das demandas supera a disponibilidade, configurando-se conflitos.

Os principais motivos para as discrepâncias encontradas na relação oferta e demanda estão relacionados à: localização espacial do ponto de captação outorgado, a imprecisão existente no processo de regionalização de vazões, a possibilidade do empreendimento não utilizar toda a vazão outorgada, a possibilidade de haver incoerências nas análises dos pareceres técnicos por parte do órgão gestor e as divergências entre as toponímias dos cursos d'água da base do SIAM e a base hidrográfica ottocodificada.

Além disso, por meio do estudo realizado na bacia do Rio Piracicaba recomenda-se: a flexibilização dos critérios de outorga para aqueles trechos que possuem altos percentuais de $Q_{\text{remanescente}}$; a adoção da outorga sazonal, levando-se em conta os períodos chuvosos e os períodos de estiagem, que podem ser alternativas para minimizar os conflitos existentes na bacia; o refinamento na análise das concessões de outorga com o intuito de diminuir as divergências encontradas nos processos.

A aplicação da análise de conflitos para as demais bacias de Minas Gerais é uma importante ferramenta de gestão de recursos hídricos no que diz respeito a tomada de decisão, pois possibilita ao órgão gestor identificar os trechos que merecem atenção em termos quantitativos e qualitativos no momento da concessão, renovação e/ou retificação das outorgas.

Com a utilização da metodologia proposta é possível identificar aquelas áreas onde há maiores ofertas hídricas e áreas que se encontram em estágio crítico em relação ao uso de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Resolução nº 317 de 26 de agosto de 2003. Institui o Cadastro Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. 8 de set. 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2003/3172003.pdf>. Acesso em: 9 maio 2012.

_____. **Topologia hídrica**: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos. Versão 1.11. Brasília: ANA/SGL, 2006. 29 p.

_____. **Cadastro nacional de usuários de recursos hídricos – CNARH**. Brasília: ANA. Disponível em: <http://cnarh.ana.gov.br/>. Acesso em: 9 maio 2012.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. 2002. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2002.

BRASIL. Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**. 27 de jul. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm. Acesso em: 17 fev. 2012.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 17 fev. 2012.

_____. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. 9 de jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 5 fev. 2012.

_____. Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 18 de jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm. Acesso em: 7 maio 2012

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental**: a formação do sujeito ecológico. 1ª.ed. São Paulo: Cortez, 2004. 98 p.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de hidrologia**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. 18 p.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS (CERH/MG). Deliberação Normativa CERH/MG nº 266 de 23 de dezembro de 2010. Padroniza a utilização dos nomes, siglas e códigos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 24 de dez. 2010. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=15534>. Acesso em: 2 jul. 2011.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga**: avaliação dos aspectos técnicos e conceituais. 2001. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000323130&loc=2002&l=f9cf9873e97b4f6b>>. Acesso em: 15 maio 2012.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRÁS). **Metodologia para regionalização de vazões**. 2ª versão. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1985. 38 p.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; RUBERT, O. A. V.; SANTOS, R. M. Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 2, p. 81-105, 2001.

GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005. **Anais...** São José dos Campos:INPE, p. 2511-2518, 2005.

GRÜN, M. **Ética e educação ambiental**: a conexão necessária. Campinas: Papirus, 1996.

HARRIS, N. M.; GURNELL, A. M.; HANNAH, D. M.; PETTS, G. E. Classification of river regimes: a context for hydroecology. In: John Wiley & Sons: **Hydrological Processes**. v. 14. p. 2831-2848, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 6 maio de 2012.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos de Minas Gerais**. Relatório: junho de 1999, atualizado em outubro de 2006. Belo Horizonte: IGAM. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/83>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

_____. **Nota técnica GECOB/GDERH nº 1/2009**. 2ª versão. Belo Horizonte: IGAM, 2009. 11 p.

_____. Portaria IGAM nº 10 de 30 de dezembro de 1998. Altera a redação da Portaria nº 30/1993 de 07 de junho de 1993 que regulamenta o processo de outorga de direito de uso de águas de domínio do Estado. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 23 de jan. 1999. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=669>>. Acesso em: 25 fev. 2012.

_____. Portaria IGAM nº 7 de 19 de outubro de 1999. Altera a redação do § 3º do Art. 8º da Portaria nº 30/93, de 07 de junho de 1993, com nova redação dada pela Portaria nº 10/98, de 30 de dezembro de 1998, que regulamenta o processo de outorga de direito de uso de águas de domínio do Estado. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 19 de out. 1999. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=3774>>. Acesso em: 25 fev. 2012.

_____. Portaria IGAM nº 49 de 1 de julho de 2010. Dispõe sobre o regime de outorgas de direitos de uso dos recursos hídricos no Estado. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 6 de jul. 2010a. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/outorga/manual-de-outorga>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

_____. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio doce**. Belo Horizonte: IGAM, 2010b. (Consórcio ECOPLAN/LUME. Contrato nº 043/2011).

KRAMER, K. The challenge of protecting instream flow in Texas: closing the barn door after the horse has left. In: Water for Texas Conference: Water planning strategies for Senate Bill, 1998, Austin. **Anais ... Texas**, 1998. 25 p.

LANNA, A. E. L. (Org) **Técnicas quantitativas para gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997. 420 p.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental transformadora. In: Ministério do Meio Ambiente. **Identidade da educação ambiental brasileira**. Brasília: 2004. p. 65-84.

LOPES, A. V.; PANTE, A. R.; CARVALHO, F. V. L.; CASTRO, L. M. A.; SILVA, L. M. C. Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país: diretrizes e prioridades. In: Agência Nacional das Águas. **Cadernos de Recursos Hídricos**. Brasília, 2005. 153 p.

MEDEIROS, M. J. **Avaliação da vazão referencial como critério de outorga dos direitos de usos das águas na bacia do Paraopeba**. 2000. 176 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2000.

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas: uma abordagem geográfica. **Revista Geografia**, v. 31, n. 1, p.103-118, 2006.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 30 de jan. 1999. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>>. Acesso em: 2 jul. 2011.

MOSLEY, M. P. Delimitation of New Zealand hydrologic regions. **Journal of Hydrology**, v. 49, p. 173-192, 1981.

NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL (NERC). **Flood studies report**. London: NERC, 1975.

OBREGON, E.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Regionalização de vazões com base em séries estendidas: bacias afluentes à lagoa Mirim, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 1, p. 57-75, 1999.

PFRAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento. 1989. 19 p.

RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso**. 2000. 200 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e

Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2000.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. A outorga integrada das vazões de captação e diluição. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 3, p. 151-168, 2003.

SECRETARIA MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS (SEMAD); INSTITUTO MINEIRO DAS ÁGUAS (IGAM). Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548 de 29 de março de 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. **Diário do Executivo – Minas Gerais**. 4 de abr. 2012. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=20939>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

SILVA, H. R. **Influência da posição da microbacia de 2ª ordem de magnitude no sistema natural de drenagem sobre a variabilidade das suas características morfométricas**. 1999. 186 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 1999.

SIMMERS, I. A systematic problem-oriented approach to hydrological data regionalisation. **Journal of Hydrology**, v. 73, p. 71-87, 1984.

SOFFIATI, A. As raízes da crise ecológica atual. **Ciência e Cultura**. v. 39, n. 10, p. 951-954, 1992.

SOUSA, H. T., **Sistema computacional para regionalização de vazões**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2009.

SOUZA, J. F. **Sistema de informações para apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2011.

SUGAI, M. R. V. B.; FILL, H. D.; GOMES, J. A importância do monitoramento na gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. **Anais...** Gramado: ABRH, 1998. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2602/000323130.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 678 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). **Relatório relativo à contribuição da Universidade Federal de Viçosa para o desenvolvimento do novo sistema de gestão de recursos hídricos a ser utilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM**. Viçosa: Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH, 2010. 89 p.

A ANEXO A – ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA DE ACORDO COM A FINALIDADE DE USO DE ÁGUA

| Criação animal (Litros/cabeça/dia) | | |
|---|---|----------------|
| Espécies | Dessedentação | Higiene |
| Bovino corte e leite | 50 | 70 |
| Suíno | 15 | 70 |
| Outros | 30 | 70 |
| Aves | 0,3 | 0,5 |
| Aquicultura | 10% da vazão aduzida ao tanque ou 1 L/s/hectare de espelho d'água total | - |
| Consumo humano (Litros/pessoa/dia) | | |
| População | Valores | |
| Povoado rural | 130 | |
| ≤ 50.000 | 150 | |
| 50.001 a 250.000 | 160 | |
| > 250.001 | 230 | |
| Consumo humano em escritório | 30 | |
| Atividades industriais que demandem higienização (banho) e/ou restaurante | 100 | |
| Irrigação (consumo por hectare) | | |
| Métodos e tipos | Valores | |
| sulcos ou faixa de infiltração | 5,4 a 14,4 m ³ /h por ha | |
| inundação | | |
| pivô central | 3,6 a 5,04 m ³ /h por ha | |
| autopropelido | | |
| convencional | | |
| gotejamento | 1,8 a 2,88 m ³ /h por ha | |
| micro-aspersão | | |
| xique-xique | | |
| Dragagem de areia | | |
| 40 % do volume dragado correspondem à areia e 60 % a água | | |
| Lavagem de veículos (Litros/veículo/dia) | | |
| Tamanho | Valores | |
| Grandes | 350 | |
| Pequenos | 170 | |

Fonte: IGAM (2009).