

**Título:** Análise de novos critérios de outorga e alternativas para o melhor aproveitamento das águas superficiais na parte mineira da bacia do rio Paranaíba

### **Justificativa**

As inter-relações entre meio ambiente, desenvolvimento econômico e social, mudanças globais e suas repercussões na interação entre os Estados ocupavam, há poucos anos atrás, apenas a atenção de especialistas e pareciam uma questão distante dos interesses do cidadão comum. Progressivamente, esse quadro foi se alterando e a preocupação com a conservação dos recursos hídricos pode ser vista como precursora da consciência ambiental (VARGAS, 2000).

De acordo com Freitas et al. (2001) embora as fontes hídricas sejam abundantes, freqüentemente estão mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são tão elevadas em comparação com a oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida e os recursos subterrâneos rapidamente esgotados.

O Brasil destaca-se, no cenário mundial, por possuir grandes reservas superficiais e subterrâneas de água doce, dispondo de 12% do total de recursos hídricos mundiais (REBOUÇAS, 1999). Apesar da situação privilegiada, no Brasil, a distribuição desigual das águas é acentuada. Observa-se que 79,7% do potencial hídrico estão localizados na Região Norte, que possui 7,8% da população e a menor demanda no território nacional. A região Amazônica, que corresponde a 54,48% do território, abriga uma escassa população de 1 hab/Km<sup>2</sup>.

O crescimento das demandas, quando associado a uma situação em que a disponibilidade hídrica é insuficiente para atendê-las, caracteriza situação de escassez hídrica. No entanto, o cenário de escassez se deve não apenas à irregularidade na distribuição da água e ao aumento das demandas - o que muitas vezes pode gerar conflitos de uso - mas também ao fato de que, nos últimos 50 anos, a degradação da qualidade da água aumentou em níveis alarmantes. Atualmente, grandes centros urbanos, industriais e áreas de desenvolvimento agrícola com grande uso de adubos químicos e agrotóxicos já enfrentam a falta de qualidade da água, o que pode gerar graves problemas de saúde pública (SOCIOAMBIENTAL, 2005).

A bacia do rio Paranaíba passa por conflitos relacionados aos recursos hídricos, sendo registrados crimes quando da instalação de pivôs centrais para irrigação e de barramentos para desvios de rios. Os principais conflitos da região são a insuficiência

hídrica para o abastecimento urbano, a deterioração da qualidade das águas pelo lançamento de esgotos domésticos sem tratamento adequado e o uso indiscriminado para irrigação sem se considerar os usos múltiplos das águas (CBH-PARANAÍBA, 2011).

Os piores Índices de Qualidade da Água na bacia estão localizados após grandes cidades, refletindo os impactos sobre os corpos de água causados pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, extração de fósforo e pecuária presentes na bacia (IGAM, 2008).

A população da região é de cerca de 8,5 milhões de habitantes, sendo aproximadamente 92% em áreas urbanas. Esta ocupação abrange 193 municípios distribuídos por quatro Unidades da Federação: Goiás (133 municípios), Minas Gerais (83 municípios), Mato Grosso do Sul (4 municípios) e o Distrito Federal. A densidade demográfica da bacia é de cerca de 38 hab/km<sup>2</sup>. Esta população por sua vez está bastante concentrada nas regiões metropolitanas de Brasília e de Goiânia, onde vivem mais de 5 milhões de habitantes, quase 70% da população residente na Bacia (EUCLYDES et AL., 2010).

A economia da região é bem diversa e abrange áreas para criação de bovinos, suínos, galináceos, além de grandes regiões de cultivo de cana-de-açúcar, soja, milho e café. Entre as atividades industriais tem destaque as unidades de beneficiamento de bens minerais, de produtos alimentícios, principalmente a indústria de carne bovina, papel, mobiliário, entre outros. A bacia do Paranaíba tem uma participação na geração de energia hidrelétrica que ultrapassa 7% da produção nacional, com um total de 16 UHEs instaladas (CBH-PARANAÍBA, 2011).

Para que seja possível a caracterização do risco de ocorrência de escassez hídrica em uma bacia é necessário o conhecimento tanto da disponibilidade como das demandas existentes.

O acentuado crescimento demográfico no planeta, o desenvolvimento industrial e das atividades agrícolas, associados à degradação da qualidade da água devido ao mau uso desse recurso, têm gerado conflitos das mais variadas proporções. Em função desses problemas, a gestão de recursos hídricos vem assumindo importância fundamental nas discussões técnico-científicas, políticas e socioeconômicas promovidas por agentes governamentais e da sociedade (SEMARH, 2011).

Como em diversas bacias hidrográficas brasileiras existem problemas de disponibilidade de água, a sociedade tem-se mobilizado visando o uso compartilhado e

racional dos recursos hídricos (MOREIRA, 2006). Um dos resultados foi a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei 9433, de 1997), que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), responsável pela geração de informações sobre os recursos hídricos, sendo estes dados trabalhados e incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) com vista a dar subsídios à gestão de recursos hídricos. Essa Lei tem como princípios básicos a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a consideração dos usos múltiplos da água, a água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico e a necessidade da gestão integrada, descentralizada e participativa desse recurso. (BRASIL, 1997).

Visando alcançar o pleno estabelecimento dos instrumentos de Gestão, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais – CERH-MG aprovou em setembro de 2001 os Termos de Referência para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Numa primeira etapa foi realizado um levantamento do que existe no Estado sobre recursos hídricos. Nesse levantamento foram verificados os estudos de caracterização dos recursos hídricos existentes, tendo sido desenvolvida uma análise das informações, dos cenários e dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica, realizada uma análise crítica sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e elaborada uma proposta metodológica para o desenvolvimento de etapa posterior do Plano (PERH, 2006).

O Plano Estadual visa assegurar os usos múltiplos da água e a conservação, proteção e recuperação das bacias hidrográficas. Visa também subsidiar a tomada de decisões dos membros do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e identificar fontes de financiamento para a implementação de projetos prioritários (IGAM, 2009).

Em estudos de recursos hídricos, um dos problemas enfrentados é a carência de dados hidrológicos, ou seja, a falta de conhecimento apropriado da disponibilidade hídrica.

Há uma grande dificuldade no conhecimento de variáveis hidrológicas no Brasil, devido a falta de uma programa eficiente de coleta e armazenamento de dados, pois os dados existentes são poucos e descontínuos, comprometendo vários projetos, como os que buscam amenizar os conflitos pela água e os de controle de inundações. (MINELLA, 2004).

Por mais que uma região possua uma alta densidade de estações, a rede hidrológica não é capaz de cobrir todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos, pois as estações fluviométricas fazem medições pontuais. Logo, sempre existem lacunas temporais e espaciais que precisam ser preenchidas com base em metodologias que visam uma melhor estimativa dos dados de vazão em seções que não existem medições. (TUCCI, 2002).

Uma das metodologias utilizadas para contornar esse problema é a regionalização de vazões, que consiste na transferência de informações hidrológicas de uma região com dados disponíveis para outra região com carência de dados (FILL, 1987). A regionalização, portanto, é um instrumento que permite aos órgãos gestores estimar a disponibilidade hídrica em qualquer trecho da hidrografia.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é o instrumento da PNRH que tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, preservando o uso múltiplo dos recursos hídricos (ANA, 2009). O conhecimento das disponibilidades hídricas ao longo dos rios é de essencial importância no processo de decisão referente a outorgas.

Muitos estados brasileiros não estabelecem a vazão máxima outorgável, sendo que, quando a mesma é definida, esta se baseia no uso de uma porcentagem da vazão de referência (RODRIGUES et al., 2006). Essa vazão de referência normalmente se baseia em vazões de estiagem ou em vazões com alta probabilidade de superação (MACHADO, 2006).

Atualmente no Estado de Minas Gerais, tem sido permitida a concessão de outorgas de direito do uso das águas até que se atinja a vazão equivalente a 30% da vazão mínima de sete dias de duração e de dez anos de período de retorno,  $Q_{7,10}$ . Por ser um critério definido a partir da análise de períodos críticos de estiagem, a vazão de outorga é bastante restritiva quanto à expansão dos sistemas de uso das águas (LANNA, 1997).

Segundo Castro et al. (2004), dentre os critérios de outorga utilizados nos diversos Estados brasileiros o critério de Minas Gerais é o mais restritivo, podendo dificultar, em alguns momentos, o deferimento de processos em que ainda há grande disponibilidade hídrica na bacia.

Existem bacias hidrográficas onde a demanda de água é elevada, principalmente, em regiões propícias ao desenvolvimento espontâneo ou provocado por programas governamentais de agricultura irrigada. Castro et al. (2004), adverte que esses fatos têm

sido observados em algumas regiões do Estado como nas bacias dos rios Urucuia e Paracatu, importantes afluentes do rio São Francisco, e nas bacias de afluentes do rio Paranaíba, com destaque para o rio Araguari. Com isso, pode ser percebida nessas regiões uma tendência à não solicitação de outorgas e não regularização de usos, levando ao uso indiscriminado dos recursos hídricos e a situações realmente conflituosas (EUCLYDES et al., 2006).

Medeiros e Naghettini (2000) propuseram e avaliaram a utilização de um fator de correção anual para a vazão de outorga, sendo este baseado em uma relação entre as vazões observadas no início do ano e no início do período de estiagem, o que resulta em valores superiores ao critério de 30% de  $Q_{7,10}$ , para os anos mais chuvosos.

Simulações realizadas por Euclides et al. (2006) mostraram que na região hidrográfica do Baixo Rio Grande o uso do critério de outorga sazonal, para condições de captação a fio d'água permitiu aumentar a vazão outorgada em até 61,80%. Nas demais sub-bacias do rio Grande estudadas, utilizando o mesmo procedimento foi possível um acréscimo na vazão de 52,40%.

No estudo de Bof et al. (2009), realizado para a bacia do rio Paraopeba, situada em Minas Gerais, foi evidenciado que a utilização de critérios baseados em vazões mensais potencializa um melhor plano de utilização da água, à medida que permite um maior uso da água no período em que há disponibilidade e impõe uma restrição mais realista no período crítico de disponibilidade de água.

De acordo com Oliveira (2011), que realizou estudo para a bacia do ribeirão Entre Ribeiros, a substituição da  $Q_{7,10}$  calculada em base anual pelas calculadas em base mensal resulta em um aumento da disponibilidade hídrica na bacia ao longo do ano, sendo maior que 50% nos meses de dezembro a junho. O uso do critério de 30% da  $Q_{7,10}$  mensal proporcionou, ao longo do ano, aumentos de até 209% no percentual de trechos em que o somatório das outorgas não superou a vazão máxima outorgável.

Para regiões onde a disponibilidade natural (a fio d'água), mesmo considerando a sazonalidade de vazões, não é suficiente para suprir as demandas, existe a possibilidade de aumento da disponibilidade pelo aproveitamento do potencial de regularização de vazão nos cursos d'água.

Com a regularização das vazões pela construção de barragem (formação de reservatório) visa-se atingir vários objetivos, destacando-se: o atendimento às necessidades do abastecimento urbano ou rural (irrigação); o aproveitamento hidroelétrico (geração de energia); a atenuação de cheias (combate às inundações); o

controle de estiagens; o controle de sedimentos; a recreação; e, também, permitir a navegação fluvial (BARBOSA, 2011).

Deste modo, o presente trabalho está baseado na hipótese de que a consideração da sazonalidade das disponibilidades hídricas, o uso de critérios de outorga menos restritivos e o uso de práticas de regularização de vazões constituem técnicas que podem proporcionar um melhor uso da água e, conseqüentemente, a redução de conflitos e problemas associados à escassez de recursos hídricos na parte mineira da bacia do rio Paranaíba.

### **Literatura Citada:**

ANA — AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** – Agência Nacional de Águas. Brasília. 2009.

BARBOSA, A. R. **Regularização de Vazão**. Notas de aula da disciplina Hidrologia Aplicada. 2011. 9 p. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

BOF, L.H.N.; PRUSKI F.F.; SOUZA, W.A.M. “Impacto do uso de diversos critérios para a concessão de outorga”. In **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande - MS: ABRH, 2009a.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan 1997, P. 470. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)> Acesso em: 25 out. 2011.

CASTRO, L. M. A.; DINIZ, M. G. M.; SILVA, A. G. Aplicação do Instrumento da Outorga no Gerenciamento dos Recursos Hídricos em Minas Gerais: A Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7., 2004, São Luis. **Anais...** São Luis: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANAÍBA (CBH-PARANAÍBA). Agência Nacional de Águas (Org.). **Caracterização geral da bacia hidrográfica do**

**rio Paranaíba.** Disponível em: <<http://www.paranaiba.cbh.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A.; FILHO, R.F.F. Critério de outorga sazonal para a agricultura irrigada no estado de minas gerais. Estudo de caso. **Revista ITEM – Irrigação & Tecnologia Moderna**, nº 71/72, 3º e 4º Trimestres. p 42-50. 2006

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F.; ALTOÉ, D. R. **Atualização dos estudos hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Paranaíba em Minas Gerais.** 2010. Portal Atlas Digital das águas de Minas. Disponível em: <[http://www.atlasdasaguas.ufv.br/paranaiba/resumo\\_paranaiba.html](http://www.atlasdasaguas.ufv.br/paranaiba/resumo_paranaiba.html)> Acesso em: 03 nov. 2011

FILL, H.H. Informações hidrológicas. In: BARTH, F.T.; POMPEU, C.T.; FILL, H.D.; TUCCI, C.E.M.; KELMAN, J.; BRAGA JÚNIOR, B.P.F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos.** São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. p. 95-210 (Coleção ABRH).

FREITAS, M.de; RANGEL, D.; DUTRA, L. **Gestão dos recursos hídricos no Brasil: a experiência da Agência Nacional das Águas.** In: III Encuentro de las Águas, Santiago de Chile, 24-26 oct. 2001.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Águas da bacia do rio Paranaíba são classificadas como boas.** Portal meioambiente.mg, 2008. Disponível em: < <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/740-aguas-da-bacia-do-rio-paranaiba-sao-classificadas-como-boas>> Acesso em: 03 nov 2011.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos tem novo plano de trabalho.** Portal meioambiente.mg, 07 agosto 2009. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/828-plano-estadual-de-recursos-hidricos-tem-novo-plano-de-trabalho>> Acesso em: 01 nov 2011.

LANNA, A. E. (1997). **Modelos de gerenciamento das águas**. A água em revista, Belo Horizonte, ano V, n. 8, p. 24-33

MACHADO, E.C.M.N. **Alocação negociada de água em bacias do semi-árido: critérios ambientais, sócio- econômicos e tecnológicos**. 2006. 15 p. Plano Preliminar de Tese ( Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

MEDEIROS, M. J.; NAGHETTINI, M. **Análise da viabilidade de aplicação de um fator de correção anual para o critério da vazão de outorga adotado no estado de Minas Gerais**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos de língua oficial portuguesa. Aracajú - SE. (2001)

MINELLA, J. P. G. **Avaliação de parâmetros hidrossedimentométricos numa bacia do Rio Grande do Sul**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, 1:46-51, 2004.

MOREIRA, M. C. **Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água**. 2006. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, J. R. S. **Otimização do aproveitamento da disponibilidade de águas superficiais na bacia do Ribeirão Entre Ribeiros**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PERH - MG. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. Relatório Final**. Agência Nacional de Águas – ANA, Projeto PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO, Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, Governo de Minas. Contrato nº 010/2006 – Dezembro 2006.

PNRH. **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília: MMA, 2006. 135p. ; 27 cm. + 1 CD-ROM

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo : Escrituras Editora, 1999.

RODRIGUES, A.C.L.; BARBOSA, D.L.; FREIRE, P.K.C.; CURI, R.C.; CURI, W.F. Um estudo sobre outorga do uso da água. In: **Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. Gravatá - PE. 2006.

SEMARH - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Gestão dos Recursos Hídricos**. 2011. Disponível em: <<http://www.semarh.df.gov.br/semarh/site/lagoparanao/cap12/01.htm>> Acesso em: 04 nov. 2011

SOCIOAMBIENTAL. **O risco da escassez**. Portal Instituto Socioambiental, Março 2005. Disponível em: < <http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>> Acesso em: 27 nov 2011.

TUCCI, Carlos E.M. 2002. **Regionalização de vazões**. Editora da Universidade. UFRGS. 1ª edição. Porto Alegre.

VARGAS, E. V. **Água e relações internacionais**. *Rev. bras. polít. int.* [online]. 2000, vol.43, n.1, pp. 178-182. ISSN 0034-7329.

## **Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Desenvolver estudo visando a proposição de alternativas para melhorar o aproveitamento das águas superficiais na parte mineira da bacia do rio Paranaíba.

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar as demandas de uso da água na parte mineira da bacia do rio Paranaíba.

Quantificar a disponibilidade natural e potencial de água na parte mineira da bacia do rio Paranaíba.

Avaliar o impacto do uso de diferentes critérios de outorga e de práticas de regularização na disponibilidade hídrica da parte mineira da bacia do rio Paranaíba.

## **Meta e Metodologia**

### **Bacia Hidrográfica de estudo**

A área de estudo é a parte mineira da bacia hidrográfica do rio Paranaíba (PN1, PN2 e PN3) e está localizada entre os paralelos 16°12' e 20°10' de latitude Sul e os meridianos 46°4' e 51°0' de longitude Oeste. A bacia do Paranaíba é a segunda maior unidade hidrográfica da Região Hidrográfica do Paraná, com 25,4% de sua área, que corresponde a uma área de drenagem de 222.767 Km<sup>2</sup>, abrangendo parte dos estados de Goiás (65%), Minas Gerais (30%), Distrito Federal (3%) e do Mato Grosso do Sul (2%).

A bacia do rio Paranaíba possui clima preponderantemente tropical, com temperatura média mensal superior a 18<sup>0</sup> C, e com período seco no inverno, e amplitude térmica inferior a 5<sup>0</sup> C, podendo ser classificada como do tipo Awi pela tipologia de Koeppen. A bacia possui uma sazonalidade marcante com período de estiagem muito bem definido, mas com grandes excedentes hídricos no período chuvoso que vai de outubro a março. Essas características climáticas definem ou limitam o tipo de vegetação predominante na região, o cerrado, e as atividades de agricultura na época das chuvas (EPE, 2006).

A Precipitação média anual na bacia varia de 1200 a 1800 mm. O regime de chuvas na região deve-se quase que exclusivamente ao sistema de circulação atmosférica com pouca influência do relevo sobre as tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos.

Sob o ponto de vista dos principais conflitos e interferências entre usuários da água, pode-se observar o conflito entre o uso da água para consumo humano e para irrigação na região de Uberlândia, bacia do rio Araguari, e o conflito entre o uso da água para consumo humano e a poluição das águas nas regiões metropolitanas de Goiânia e de Brasília (EPE, 2006).

## **Caracterização das demandas de uso da água na parte mineira da bacia do rio**

### **Paranaíba**

Para quantificar os usos de água na parte mineira da bacia do rio Paranaíba serão consideradas no estudo as outorgas superficiais, a fio d'água e em barramentos, emitidas pelo órgão responsável pela concessão de direito de uso dos recursos hídricos em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

As outorgas serão espacializadas ao longo da hidrografia contemplada no banco de dados da Base Hidrográfica Topologicamente Consistente Ottocodificada do Estado de Minas Gerais (BHTCOMG), obtida através de um projeto interinstitucional no qual a Universidade Federal de Viçosa, através do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola, realizou o estudo de regionalização de vazões e geração de modelo para a automatização da obtenção de vazões mínimas e média para o estado de Minas Gerais.

Tendo em vista o fato de que as demandas são variáveis ao longo do ano serão gerados 12 mapas representando esta sazonalidade, sendo o valor de demanda a ser considerado no estudo obtido para cada um dos 12 meses do ano para cada trecho, a partir da soma das outorgas concedidas a montante da confluência com o trecho subsequente.

### **Quantificação das disponibilidades natural e potencial de água na parte mineira da bacia do rio Paranaíba**

Enquanto a disponibilidade natural dos recursos hídricos é definida pela análise das vazões mínimas observadas nos períodos de estiagem, também designados de períodos críticos, a disponibilidade potencial é determinada pela vazão média de longa duração ( $Q_{mld}$ ), que consiste na média de todas as vazões diárias observadas no ano (PRUSKI, 2009).

A Universidade Federal de Viçosa desenvolveu um projeto para o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) que teve como objetivo o conhecimento da disponibilidade hídrica em todos os trechos sob dominialidade do Estado de Minas Gerais, sendo aplicada a regionalização de vazões em base anual para a vazão média de longa duração e para as vazões mínimas ( $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ ).

Neste estudo a disponibilidade natural será caracterizada pela vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ), por ser esta a vazão mínima de

referência no Estado de Minas Gerais, que será quantificada em bases mensal e anual, e pela vazão mínima com 95% de permanência no tempo.

Já a disponibilidade potencial será caracterizada pela vazão média de longo período ( $Q_{mld}$ ), que consiste na maior vazão possível de ser regularizada no curso d'água, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração (PRUSKI et al., 2006).

Também será considerada no estudo a curva de regularização de vazões, que é a representação gráfica dos valores de vazão regularizada e de volume do reservatório, obtido em função do maior acúmulo dos déficits hídricos do período analisado para cada valor de vazão.

A  $Q_{7,10}$ , a  $Q_{95}$ , a  $Q_{mld}$  e a curva de regularização serão estimadas de acordo com as séries de dados históricos consistidos, obtidas nas estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA) utilizando o programa SisCAH 1.0 - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SOUSA et al., 2009).

### **Obtenção da $Q_{7,10}$**

Para estimar a  $Q_{7,10}$  serão utilizadas as distribuições de densidade de probabilidade Logpearson 3, Pearson 3, Normal, Lognormal 2, Gumbel e Weibull.

Para tais distribuições, a estimativa da magnitude de um evento com determinado período de retorno é dada pela equação

$$M = \mu + k \sigma \quad (1)$$

em que:  $M$  = magnitude do evento para o período de retorno estabelecido;  $\mu$  = média dos eventos;  $k$  = fator de frequência; e  $\sigma$  = desvio padrão dos eventos.

Serão utilizadas as menores médias de sete dias consecutivos ( $Q_7$ ), para cada ano das séries históricas de vazão, no caso caso da estimativa anual. Para as vazões mensais, haverá uma restrição ao conjunto de dados para cada mês, sendo a análise similar à estimativa anual, porém com o intervalo de dados pertinente ao mês cuja vazão será calculada.

Para cada tipo de distribuição de frequência o fator de frequência será calculado conforme a metodologia descrita por Kite (1988).

Será adotado um período de retorno de 10 anos para estimar a variável de interesse  $Q_{7,10}$ . A melhor estimativa corresponde a distribuição de densidade de probabilidade que apresentar menor amplitude do intervalo de confiança dentre as estimativas obtidas pelas distribuições. O SisCAH 1.0 indica automaticamente a distribuição de probabilidade que apresenta o melhor ajuste estatístico associado ao período de retorno utilizado.

### **Obtenção da $Q_{95}$**

O procedimento que será utilizado para a obtenção da vazão associada à permanência de 95% para cada estação fluviométrica é baseado na obtenção de classes de frequência, sendo definidos 50 intervalos de classe com base na escala logarítmica e posteriormente calculado os limites dos intervalos e o número de vazões associadas em cada intervalo e a frequência associada ao seu limite inferior.

As mínimas associadas à permanência de 95% ( $Q_{95}$ ) serão calculadas a partir da curva de permanência. A curva de permanência descreve a relação entre a vazão de um curso d'água e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada apresentado na curva (PRUSKI et al., 2006).

O procedimento disponível para a obtenção desta curva para cada estação fluviométrica é baseado na obtenção de classes de frequência e que segue os seguintes passos:

- seleção da série de dados de vazões diárias a ser utilizada para a obtenção da curva;
- definição de 50 intervalos de classe das vazões diárias;
- subdivisão dos intervalos de classe com base na escala logarítmica devido à grande variação de magnitude das vazões envolvidas;
- cálculo do intervalo de classe ( $\Delta X$ ) pela equação:

$$\Delta X = [\ln(Q_{\text{máx}}) - \ln(Q_{\text{mín}})] \quad (2)$$

em que:  $Q_{\text{máx}}$  = vazão máxima da série; e  $Q_{\text{mín}}$  = vazão mínima da série.

- cálculo dos limites dos intervalos, a partir de  $Q_{\text{mín}}$ , adicionando o intervalo calculado anteriormente, o que resulta na vazão do limite superior do intervalo  $i$ :

$$Q_{i+1} = \exp [\ln(Q_i) + \Delta X] \quad (3)$$

- determinação, com base nos dados de vazão da série histórica de cada estação fluviométrica, do número de vazões classificadas em cada intervalo;

- determinação da frequência ( $f_i$ ) associada ao limite inferior de cada intervalo:

$$f_i = (Nq_i / NT) 100 \quad (4)$$

em que:  $Nq_i$  = número de vazões de cada intervalo; e  $NT$  = número total de vazões.

- obtenção da curva de permanência plotando-se na ordenada os limites inferiores dos intervalos de classe de vazão e na abscissa a frequência de ocorrência.

Utilizando o SisCAH 1.0 a  $Q_{95}$  será obtida automaticamente pela interpolação dos limites dos intervalos de classes, conforme a metodologia descrita.

### **Obtenção da $Q_{mld}$**

A vazão média de longa duração ( $Q_{mld}$ ) consiste na média de todas as vazões diárias observadas nos anos da série histórica e, assim como a  $Q_{7,10}$ , será estimada utilizando o SisCAH 1.0.

### **Obtenção da curva de regularização**

O SisCAH 1.0 calcula o volume do reservatório necessário para regularizar a vazão de acordo com o maior déficit hídrico do período analisado, ou seja, acumulando as diferenças entre o volume diário de água que passa pela seção do rio e o volume regularizado quando o acúmulo for negativo. O maior valor desse acúmulo é o próprio volume do reservatório.

O estabelecimento da curva de regularização envolve as seguintes etapas:

- seleção da série de vazões diárias;
- cálculo da vazão média ( $Q_{média}$ ) com base na série histórica utilizada;
- estabelecimento de 20 diferentes valores de vazões a serem regularizadas ( $Q_{reg i}$ ), utilizando-se uma variação de 0,05 da  $Q_{média}$  para cada valor, ou seja, as vazões regularizadas variam de 0,05 a 1,0  $Q_{média}$ ;

- obtenção, para cada vazão a ser regularizada, dos valores das diferenças entre as vazões diárias da série de dados históricos e a vazão a ser regularizada;
- determinação do volume necessário do reservatório para atender a equação de regularização. Quando  $Q_{\text{série histórica}} < Q_{\text{reg } i}$  (diferença negativa) começa-se a acumular até que se obtenha um valor acumulado positivo. Pesquisa-se então o maior volume acumulado até o momento e repete-se o mesmo procedimento, iniciando o acúmulo no próximo valor de diferença negativa. Ao final de todos os cálculos faz-se a pesquisa para identificar o máximo volume deficitário acumulado para cada vazão regularizada. Para transformar a diferença de vazões diárias em volume multiplica-se o valor obtido por 86400, que é o número de segundos em um dia.

### Regionalização de vazões

Estudos de regionalização da disponibilidade natural (mínima), potencial (média) e das curvas de regularização de vazões mostram a disponibilidade efetiva de água não somente para condições ditas a fio d'água, e representadas pela vazão mínima, mas, também, para as condições ditas potenciais, e representadas pela vazão média.

A regionalização das vazões será feita utilizando o programa SisCoRV - Sistema Computacional para Regionalização de Vazões (SOUSA et al., 2009). Para obtenção das equações de regionalização serão consideradas as séries de vinte e seis estações localizadas na bacia em estudo.

No Quadro 1 estão listadas as estações fluviométricas que serão utilizadas no estudo.

Quadro 1 - Estações fluviométricas que serão utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área (km <sup>2</sup> )
60010000	Santana de Patos	-18,8411	-46,5508	2714
60011000	Patos de Minas	-18,6017	-46,5394	3632
60020000	Ponte São Marcos	-17,0289	-47,1586	4445
60030000	Campo Alegre de Goiás	-17,5042	-47,5567	8386
60040000	Fazenda São Domingos	-18,1111	-47,6917	10659
60050000	Davinópolis	-18,1167	-47,6203	902
60100000	Charqueada do Patrocínio	-18,9011	-46,9658	69
60110000	Abadia dos Dourados	-18,4911	-47,4064	1906
60130000	Fazenda Cachoeira	-18,7808	-47,4081	125
60145000	Iraí de Minas	-18,9781	-47,4564	82
60150000	Estrela do Sul	-18,7381	-47,6900	787
60220000	Desemboque	-20,0139	-47,0172	1073

60250000	Fazenda São Mateus	-19,5175	-46,5700	1231
60265000	Ibiá	-19,4750	-46,5419	1307
60381000	Fazenda Letreiro	-18,9883	-48,1903	924
60615000	Fazenda Cachoeira	-18,6983	-48,7806	199
60835000	Fazenda Paraíso	-19,2442	-48,5622	1469
60845000	Ituiutaba	-18,9408	-49,4497	6154
60850000	Fazenda Buriti do Prata	-19,3597	-49,1803	2526
60855000	Ponte do Prata	-19,0353	-49,6967	5174
60925001	Ponte São Domingos	-19,2081	-50,6628	3540

As variáveis independentes que serão utilizadas no estudo representam as características físicas e climáticas da bacia. Para representar uma característica física da bacia será utilizada a área de drenagem, por ser esta a característica física que mais interfere no processo de formação das vazões médias e mínimas (RIBEIRO et al., 2005).

Como característica climática será utilizada a precipitação média de longa duração, tendo em vista o estudo realizado por Rodriguez (2008), que evidenciou que a consideração da precipitação no estudo de regionalização de vazões na bacia do Paracatu permitiu uma melhor qualidade do ajuste.

A precipitação média anual correspondente ao período base na bacia será estimada pela interpolação dos dados das estações pluviométricas localizadas na região de estudo (Quadro 2) e a área de drenagem será obtida usando a hidrografia contemplada no banco de dados da Base Hidrográfica Topologicamente Consistente Ottocodificada do Estado de Minas Gerais (BHTCOMG).

Quadro 2 - Estações pluviométricas que serão utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude	Longitude
1547004	Brasilia 83377	-15,7900	-47,9228
1547008	Eteb Sul	-15,8167	-47,9167
1547009	Eteb Norte	-15,7500	-47,8833
1547010	Contagem	-15,6500	-47,8833
1547011	Planaltina-Col.Agricola	-15,6667	-47,7167
1547012	Papuda	-15,9667	-47,6667
1547013	Taquara	-15,6167	-47,5167
1547014	Area Alfa	-15,9833	-47,9667
1547018	Jockey Club	-15,8000	-47,9833
1547019	Cabeça de Veado	-15,8833	-47,8500
1547020	Paranoa-Barragem	-15,7833	-47,7167
1547021	Barreiro DF-15	-15,8500	-47,6333
1548005	Gama	-15,9833	-48,0500

1548006	Taguatinga	-15,7833	-48,1333
1548007	Brazlandia	-15,6833	-48,2167
1548008	Descoberto	-15,7833	-48,2333
1548009	Jatobazinho	-15,7167	-48,1000
1548010	Riacho Fundo GM-3	-15,8833	-48,0500
1649002	CCTA (Sec.Aric-Emgopa)	-16,7011	-49,0947
1649004	Goianapolis	-16,5164	-49,0203
1649009	Ouro Verde de Goias	-16,2281	-49,1436
1649010	Palmeiras de Goias	-16,8031	-49,9286
1649012	Trindade	-16,6594	-49,4864
1649013	Goiania 83423	-16,6736	-49,2639
1748000	Cristianopolis	-17,1919	-48,7144
1748004	Marzagao	-17,9828	-48,6414
1748005	Montes Claros	-17,1297	-48,1333
1749000	Edeia (Alegrete)	-17,3414	-49,9303
1749002	Joviania	-17,8100	-49,6169
1749003	Morrinhos	-17,7325	-49,1153
1749004	Pontalina	-17,5167	-49,4411
1749009	Crominia	-17,2911	-49,3789
1750000	Barra do Monjolo	-17,7322	-50,1808
1750003	Ponte Rio Verdao	-17,5414	-50,5561
1750004	Ponte Rodagem	-17,3258	-50,6819
1750008	Fazenda Paraíso	-17,4658	-50,7742
1751002	Benjamin de Barros	-17,6858	-51,8983
1751004	Montividiu	-17,3283	-51,2608
1752006	Bom Jardim	-17,7178	-52,1692
1846004	Guimarania	-18,8497	-46,8008
1846006	Pantano	-18,5594	-46,8003
1846018	Patos de Minas 83531 (PCD)	-18,6000	-46,5167
1846019	Rocinha	-18,3736	-46,9150
1847000	Monte Carmelo	-18,7206	-47,5244
1847003	Abadia dos Dourados	-18,4911	-47,4064
1847004	Catalao 83526	-18,1703	-47,9575
1847006	Tres Ranchos	-18,3628	-47,7794
1847007	Cascalho Rico	-18,5789	-47,8792
1847010	Irai de Minas	-18,9819	-47,4575
1847040	Fazenda São Domingos	-18,1031	-47,6947
1848000	Monte Alegre de Minas	-18,8722	-48,8694
1848004	Fazenda Cachoeira	-18,6983	-48,7819
1848006	Tupaciguara	-18,6003	-48,6906
1848008	Brilhante	-18,4922	-48,9028
1848009	Xapetuba	-18,8625	-48,5839
1848010	Araguari	-18,6511	-48,2092
1849000	Ituiutaba	-18,9411	-49,4631
1849002	Ipiacu	-18,6919	-49,9486
1849006	Avantiguara	-18,7719	-49,0697

1849016	Ponte Meia Ponte	-18,3389	-49,6108
1849017	Capinopolis 83514	-18,6833	-49,5667
1850000	Ponte Sul Goiana	-18,0706	-50,1717
1850002	Quirinopolis	-18,4983	-50,5286
1850003	Maurilandia	-17,9742	-50,3372
1851002	Itaruma	-18,7647	-51,3472
1851004	Pombal	-18,0950	-51,4969
1946004	Ibia	-19,4750	-46,5419
1946005	Salitre	-19,0706	-46,7958
1946007	Fazenda Sao Mateus	-19,5167	-46,5711
1946008	Serra do Salitre	-19,1128	-46,6883
1946010	Pratinha	-19,7514	-46,4119
1946011	Tapira	-19,9269	-46,8253
1946015	Araxa 83579	-19,5667	-46,9333
1947006	Ponte Joao Candido	-19,1467	-47,1847
1947007	Perdizes	-19,3486	-47,2953
1948005	Fazenda Paraíso	-19,2469	-48,5661
1948006	Fazenda Letreiro	-18,9883	-48,1903
1949002	Fazenda Buriti do Prata	-19,3597	-49,1803
1949006	Ponte do Prata	-19,0353	-49,6967
1950011	Ponte Sao Domingos	-19,2081	-50,6628
1951000	Canastra	-19,1000	-51,1494
2047037	Desemboque	-20,0136	-47,0192

Para relacionar a precipitação média anual na bacia e a área de drenagem de cada trecho será usada uma única variável que, além de permitir uma representação bidimensional da relação entre as variáveis dependentes e independentes, também permite o ganho de um grau de liberdade na análise estatística.

$$P_{eq} = P A / k \quad (5)$$

em que:  $P_{eq}$  = vazão equivalente ao volume precipitado,  $m^3 s^{-1}$ ;  $P$  = precipitação média anual na área de drenagem considerada, mm;  $A$  = área de drenagem,  $km^2$ ; e  $k$  = fator de conversão, o qual é igual a 31.536.

Embora a precipitação média anual seja uma variável explicativa do processo de formação das vazões mínimas e médias, considera-se que esta não reflita efetivamente a contribuição para a formação destas vazões, pois para que haja a ocorrência do escoamento no leito do rio advindo da contribuição subterrânea é necessário que, primeiramente, a precipitação venha suprir o déficit de água existente na zona de

aeração do solo, que, por sua vez, depende das características do solo, da cobertura vegetal e do processo de evapotranspiração. Desse modo, Novaes (2005) propôs o conceito de inércia hídrica, que é a precipitação mínima necessária para garantir a recarga do lençol freático, e estimou que, para a bacia do Paracatu, a vazão deve se tornar nula no início do período de recessão para precipitações médias anuais inferiores a 750 mm.

Nesse trabalho, para a consideração da inércia hídrica será subtraído o valor correspondente a 750 mm para cada pixel do mapa da precipitação média anual, sendo atribuído o valor zero quando a inércia foi maior que a precipitação. Assim, será utilizada a equação

$$P_{eq750} = [(P - 750) A] / k \quad (6)$$

em que  $P_{eq750}$  é igual à vazão equivalente ao volume precipitado considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm,  $m^3 s^{-1}$ .

Desta forma, as variáveis independentes utilizadas serão: a área de drenagem (A), a vazão equivalente ao volume precipitado ( $P_{eq}$ ) e a vazão equivalente ao volume precipitado considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm ( $P_{eq750}$ ).

A regionalização será feita utilizando o Método Tradicional, por ter sido este o método que, no estudo de Rodriguez (2008), melhor representou o comportamento das vazões médias e mínimas na bacia do Paracatu.

Para o Método Tradicional, o SisCoRV permite a obtenção de equações utilizando os seguintes modelos de regressão: linear, potencial, exponencial, logarítmico e recíproco.

$$Q_{lin} = a + b X \quad (7)$$

$$Q_{pot} = a X^b \quad (8)$$

$$Q_{exp} = a e^{bX} \quad (9)$$

$$Q_{log} = a + b \ln X \quad (10)$$

$$Q_{rec} = (a + bX)^{-1} \quad (11)$$

em que:  $Q_{lin}$  = vazão estimada pelo modelo linear,  $m^3 s^{-1}$ ;  $Q_{pot}$  = vazão estimada pelo modelo potencial;  $Q_{exp}$  = vazão estimada pelo modelo exponencial;  $Q_{log}$  = vazão estimada pelo modelo logarítmico;  $Q_{rec}$  = vazão estimada pelo modelo recíproco,  $m^3 s^{-1}$ ;  $a$  e  $b$  = parâmetros de ajuste dos modelos, adimensionais; e  $X$  = variável explicativa.

A seleção da equação que conduz à condição mais representativa das vazões da bacia será feita analisando-se os melhores ajustes estatísticos, com base no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), menor erro padrão e menores valores dos resíduos.

A equação obtida com o melhor modelo será aplicada para a regionalização das variáveis dependentes consideradas ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{mld}$ ), para o período anual e mensal, e será feita uma comparação entre os resultados estimados pela regionalização nas estações fluviométricas e aqueles estimados com base nos dados observados para as mesmas seções para avaliar a precisão das variáveis estimadas. A comparação será feita analisando o erro relativo percentual entre o valor observado e o estimado, calculado pela equação

$$ER = [(Q_{obs} - Q_{reg}) / Q_{obs}] 100 \quad (12)$$

em que:  $ER$  = erro relativo, %;  $Q_{obs}$  = vazão estimada com base nos dados observados na estação fluviométrica,  $m^3 s^{-1}$ ; e  $Q_{reg}$  = vazão estimada pelo modelo de regionalização,  $m^3 s^{-1}$ .

A estimativa do volume necessário para a regularização de uma determinada vazão é feita pela análise do armazenamento a ser realizado por um reservatório ao longo do período correspondente à série histórica de dados disponíveis. Para tanto, é considerada uma equação do tipo  $\alpha = a.\beta^b$ , sendo,

$$\alpha = V / (Q_{mld} \times 86400) \quad (13)$$

$$\beta = q / Q_{mld} \quad (14)$$

em que:  $V$  = volume do reservatório,  $m^3$ ;  $q$  = vazão regularizada,  $m^3/s$ ; e  $Q_{mld}$  = vazão média de longa duração,  $m^3/s$ .

Para cada estação utilizada, serão computados na análise 20 valores de  $\alpha$  relacionados a 20 valores de  $\beta$ , e a análise de regressão potencial será realizada utilizando todos os dados de todas as estações, sendo o ajuste obtido determinante para evidenciar a correlação entre as variáveis do modelo.

Após a análise de regressão potencial, é necessária a obtenção da vazão média de longa duração regionalizada para o mesmo conjunto de estações utilizadas na regressão anterior, de forma a aplicar a equação potencial obtida ao valor de vazão média de longa duração em função das variáveis independentes associadas ao local de interesse. Dessa forma a obtenção do volume do reservatório em hectômetros cúbicos se dará pela equação:

$$V = 0,0864 a \beta^b Q_{mld} \quad (15)$$

em que a e b são os coeficientes obtidos na regressão potencial dos valores de  $\alpha$  e  $\beta$ .

Há casos em que a informação da vazão regularizada é a incógnita, sendo o valor do volume do reservatório pré-estabelecido, logo, pode-se obter o valor de vazão regularizada pela equação 16:

$$q = (V / 0,0864 a)^{1/b} Q_{mld}^{(1-1/b)} \quad (16)$$

Assim como os dados de demanda, as equações obtidas para quantificação da disponibilidade hídrica serão espacializadas ao longo da hidrografia contemplada no banco de dados da Base Hidrográfica Topologicamente Consistente Ottocodificada do Estado de Minas Gerais (BHTCOMG), permitindo a obtenção dos valores de disponibilidade para cada trecho da hidrografia, considerando para a estimativa o ponto de confluência entre o trecho considerado e o trecho de jusante.

### **Avaliação do impacto do uso de diferentes critérios de outorga e de práticas de regularização na disponibilidade hídrica da parte mineira da bacia do rio Paranaíba**

O Estado de Minas Gerais vem desenvolvendo, desde 1993, alguns planos e estudos que irão ajudar no desenvolvimento da segunda etapa do Plano Estadual de

Recursos Hídricos. Na 1ª etapa, realizou-se uma análise desses planos no intuito de avaliar o conteúdo dos mesmos e verificar o que poderá ser utilizado e/ou complementado quando da realização da segunda etapa. Portanto, considerando o Plano de Trabalho para o desenvolvimento da 1ª Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Termos de Referência para o PERH/MG, foram definidos como pauta para a análise os estudos dos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas elaborados no Estado de Minas Gerais (PERH, 2006).

De forma geral, observou-se que nos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas não há a compatibilização de suas proposições de vazões superficiais e subterrâneas outorgáveis e alocação da disponibilidade hídrica com a atual legislação de recursos hídricos do Estado. A isso se deve acrescentar o fato de que apenas os Planos mais recentes, e que alcançaram melhor desempenho nesse quesito (Paracatu, Velhas e São Francisco), propuseram valores para vazões superficiais e subterrâneas outorgáveis e alocação da disponibilidade hídrica. Isso pode indicar uma necessidade de revisão dos critérios para outorga e alocação dos recursos hídricos (PERH, 2006).

Além desse fato, com a evolução dos cadastros de usuários e dos próprios planos diretores, o IGAM tem estudado a revisão do critério atual, avaliando a possibilidade da adoção de diferenciações dos volumes outorgáveis por região do Estado (PERH, 2006).

Pelo já exposto, serão avaliados os critérios considerando a disponibilidade natural e baseados no uso de 30% da  $Q_{7,10}$  anual (cenário atual) e mensal, 50% da  $Q_{7,10}$  anual e mensal e 30 e 50% da  $Q_{95}$  anual e mensal. Será também avaliado o impacto do uso da regularização de vazões no aumento da disponibilidade hídrica.

### **Critério baseado no uso de 30% da $Q_{7,10}$ anual**

A primeira análise a ser realizada considerará o critério usado pelo IGAM para a concessão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos em Minas Gerais, que é baseado na Portaria nº 010/98, e que estipula, no parágrafo 1º do artigo 8º, que “até que se estabeleçam as diversas vazões de referência na Bacia Hidrográfica, será adotada a  $Q_{7,10}$  (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência), para cada Bacia”, sendo esta calculada em uma base anual, e resolve no parágrafo 2º do mesmo artigo “fixar em 30% (trinta por cento) da  $Q_{7,10}$ , o limite máximo de derivações consuntivas a serem outorgadas 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% (setenta por cento) da  $Q_{7,10}$ ”.

Nesta análise serão confrontados os dados de demanda com os valores de vazão disponíveis para serem outorgadas, de acordo com o critério de 30% da  $Q_{7,10}$  anual. A análise será feita trecho a trecho ao longo da hidrografia, visando avaliar a condição de déficit ou disponibilidade de vazão permissível para uso, considerando as vazões já outorgadas em relação às máximas permissíveis. A partir desta análise serão elaborados mapas caracterizando a condição atual (déficit ou disponibilidade) de cada trecho.

De posse destas informações será feita uma análise de frequência do número de trechos da hidrografia em relação à sua condição de disponibilidade ou escassez para cada mês.

### **Critério baseado no uso de 30% da $Q_{7,10}$ mensal**

Uma vez que a disponibilidade de água varia expressivamente ao longo do ano, a utilização do critério baseado no uso das vazões mínimas anuais implica numa restrição única ao longo de todo o ano, quando, na verdade, esta restrição é específica para um período, sendo que, mesmo neste período, a disponibilidade pode ser aumentada pela consideração da sazonalidade de variação das vazões.

Considerando, ainda, que o período de maior demanda pelos recursos hídricos nem sempre coincide com o período de menor disponibilidade hídrica, a segunda análise será feita confrontando os valores mensais de demanda com os valores de vazão disponível para ser outorgada nos meses correspondentes. Será mantido o critério baseado no uso de 30% da  $Q_{7,10}$ , usado para outorga no Estado de Minas Gerais, porém, nesta análise será utilizada a  $Q_{7,10}$  calculada em base mensal.

Para mostrar o impacto do uso desse critério no aumento da vazão máxima permissível para outorga serão gerados mapas caracterizando a condição atual (déficit ou disponibilidade) de cada trecho. Será feita, como para o critério baseado no uso de 30% na  $Q_{7,10}$  mensal, uma análise de frequência do número de trechos da hidrografia em relação à sua condição de disponibilidade ou escassez para cada mês.

### **Critério baseado no uso de 50% da $Q_{7,10}$**

Tendo em vista a alegação de que o critério utilizado no Estado de Minas Gerais, o mais restritivo do país, impõe limites muito baixos para o uso da água, restringindo o desenvolvimento econômico e social, e o fato de que a própria legislação mineira abre a possibilidade de que o valor de vazão mínima de referência possa ser alterado, se procederá a análise do uso do critério baseado em 50% da  $Q_{7,10}$ .

O critério baseado no uso de 50% da  $Q_{7,10}$  é atualmente usado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) para concessão de outorgas no Estado de São Paulo, de acordo com a Lei nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994, e é considerado o segundo critério mais restritivo dentre aqueles utilizados pelos órgãos gestores em todo o país. Este critério, apesar de ter a  $Q_{7,10}$  como vazão mínima de referência, que é a mesma usada pelo IGAM, é um pouco menos restritivo ao considerar 50% ao invés de apenas 30% desta vazão.

As análises baseadas neste critério considerarão, assim como para o critério usado pelo IGAM, as disponibilidades anual e mensal. O impacto da substituição do uso do critério de 30% da  $Q_{7,10}$  pelo critério de 50% da  $Q_{7,10}$ , tanto em uma base anual como mensal, será avaliado pela comparação das alterações ocorridas nas condições de cada trecho.

#### **Critérios baseados no uso de 30% e 50% da $Q_{95}$**

Assim como para a  $Q_{7,10}$  também será procedida a análise do impacto do uso de vazões associadas à permanência de 95% no tempo, devendo ser considerados percentuais correspondentes a 30% e 50% da  $Q_{95}$  e a análise ser efetuada tanto em uma base anual como mensal.

#### **Regularização de vazões**

O aumento dos valores de vazão disponível para outorga também pode ser obtido por meio da regularização de vazões. A capacidade de regularização dos reservatórios é determinada em função do volume necessário ao consumo, até um limite correspondente à vazão média de longa duração e respeitando a legislação, que, para o Estado de Minas Gerais, estipula no parágrafo 3º do artigo 8º da Portaria nº 10/98, com redação alterada pela Portaria IGAM nº 07/99, que seja garantido um fluxo residual mínimo a jusante equivalente a 70% da  $Q_{7,10}$ .

Caso a utilização das demais práticas analisadas neste estudo não seja suficiente para suprir a vazão de demanda em cada trecho será avaliada a regularização de vazões, considerando a vazão potencialmente regularizável ou de uma parte desta.

Serão elaborados mapas e uma vez identificados os trechos em que as demandas superem as necessidades serão determinadas as capacidades dos reservatórios de regularização capazes de resolver ou atenuar estas condições de conflito.

## **Literatura Citada:**

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano de Trabalho - AAI dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.** 72p. 2006.

KITE, G.W. **Frequency and risk analyses in hydrology.** 5. ed. Highlands Ranch, Colorado: Water Resources Publications. 1988. 257p.

NOVAES, L. F. **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu.** 2005. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; KOEZ, M. **Estudo da Vazão em Cursos d'Água.** Viçosa: Engenharia na Agricultura. Caderno didático: 43. Associação de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 151p.

PRUSKI, F. F. **Proposta ao Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais de alternativas para o aumento da disponibilidade de água e a melhoria da gestão dos recursos hídricos.** Abril de 2009. 36p.

RIBEIRO, C. B. M.; MARQUES F. A.; SILVA D. D. Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do rio Doce. **Engenharia na agricultura,** Viçosa, v.13, n. 2, p. 103-107, 2005.

RODRIGUEZ, R.G. **Proposta conceitual para a regionalização de vazões** 2008. 240p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUSA, H.T.; BOF L.H.N.; PRUSKI F.F.; SOUZA, J.F. Sistema Computacional para Regionalização de Vazões. In **Anais do VII Congresso Brasileiro de Agroinformática,** Viçosa - MG: SBIAGRO, Out. 2009.

SOUSA, H.T.; PRUSKI F.F.; BOF L.H.N.; CECOM, P.R.; SOUZA, J.R.C. **Sistema Computacional para Análises Hidrológicas**, Brasília, DF: ANA; Viçosa, MG: UFV, 2009. 60p