

IMPACTO DO USO DE DIVERSOS CRITÉRIOS PARA A CONCESSÃO DE OUTORGA

Luiz Henrique Nobre Bof¹; Fernando Falco Pruski² & Wiéner Anselmo de Medeiros Souza³

RESUMO – A compatibilização dos critérios de outorga entre os órgãos gestores representa um expressivo avanço no processo de compartilhamento do uso da água. Visando dar subsídio ao processo relacionado à outorga, o presente trabalho objetivou avaliar o impacto do uso de diversos critérios para a concessão de outorgas na bacia do rio Paraopeba. Foram avaliados os critérios correspondentes a 30% da $Q_{7,10}$ anual (utilizado pelo órgão gestor de Minas Gerais), 70% da Q_{95} anual (utilizado pela órgão gestor da União), 30% da $Q_{7,10}$ mensal e 70% da Q_{95} mensal. A utilização dos critérios baseados nas vazões mensais potencializa um melhor plano de utilização da água, à medida que permite um maior uso da mesma nos períodos em que há disponibilidade hídrica e impõe uma restrição mais realista nos períodos críticos. A substituição do uso da $Q_{7,10}$ anual pela $Q_{7,10}$ mensal aumentaria expressivamente a vazão permissível para outorga em alguns meses, como, por exemplo, de dezembro a maio. Em relação à utilização do critério de 70% da Q_{95} anual evidenciou-se que enquanto este envolve um forte risco de secar o rio nos meses críticos, o critério de 70% da Q_{95} mensal minimiza este risco, além de aumentar a disponibilidade nos demais meses.

ABSTRACT – The compatibility of the criteria for granting of permits for the use of water taken by the Federal and the States Governments represents an improvement in the process of sharing the water resources. Aim to support the decision makers to analyze the granting process, this study evaluated the impact of using different criteria for the grant in the Paraopeba basin. It was evaluated the criterion corresponding to 30% of $Q_{7,10}$ annual (used by the Minas Gerais State Government), 70% of Q_{95} annual (used by the Federal Government), 30% of $Q_{7,10}$ monthly and 70% of Q_{95} monthly. The use of the criterion based on monthly flow enhances a better management of the water, as it allows greater use of it when there is a great availability of water, and imposes a greater restriction on critical periods. Replacing the use of the $Q_{7,10}$ annual by the $Q_{7,10}$ monthly, the flow allowable for grants increased significantly in some months, for example, from December to May. Regarding the use of the criterion of 70% of Q_{95} annual, it was observed that while it involves a high risk of drying rivers in the critical months, the criterion of 70% of Q_{95} monthly minimize this risk.

Palavras-chave: Vazão máxima outorgável, gestão de recursos hídricos, sazonalidade.

1) Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFV. E-mail luizhenobre@hotmail.com

2) Professor titular da UFV. Pesquisador 1a do CNPq. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. 36570.000. Viçosa – MG. E-mail ffpruski@ufv.br

3) Graduando em Engenharia Ambiental pela UFV. E-mail wienersouza@bol.com.br

INTRODUÇÃO

A adoção de critérios distintos entre os órgãos gestores para a permissão das vazões máximas outorgáveis traz sérios problemas para a gestão dos recursos hídricos em bacias que tem diversos órgãos gestores envolvidos. Quando um rio deságua em outro, submetido a um critério de outorga diferente, há uma incompatibilidade decorrente da própria diferença entre estes critérios, ocorrendo situações em que o limite de vazão permissível para outorga é excedido em virtude desta diferença.

Comparando as vazões máximas permissíveis pela União (70% da Q_{95}) e pelo Estado de Minas Gerais (30% da $Q_{7,10}$) tem-se que a primeira é, em geral, bem superior ao dobro da vazão permissível para outorga em Minas, uma vez que a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) é, normalmente, bem inferior à vazão associada a uma permanência de 95% (Q_{95}). Tal contraste é mais acentuado ainda quando se considera os valores permitidos para outorga em outros estados. Tocantins, Bahia e Pernambuco, por exemplo, apresentam vazões permissíveis para outorga ainda bem maiores que a vazão permitida pela União.

A busca da adequação e compatibilização dos critérios de outorga máxima permissível pelos órgãos gestores poderá representar uma distribuição mais justa dos recursos hídricos, e um expressivo avanço no processo de compartilhamento do uso da água.

Segundo IBIAPINA et al. (1999), para o gerenciamento adequado do potencial hídrico disponível no Brasil é fundamental conhecer o comportamento dos rios e seus regimes de variação de vazões, considerando as suas distribuições espaciais e temporais de forma a auxiliar nas decisões político-administrativas associadas ao uso da água. É essencial, portanto, o desenvolvimento de ações voltadas ao melhor conhecimento da disponibilidade dos recursos hídricos e da melhor forma de utilização destes. Alguns dos conflitos já existentes poderiam ser minorados, e, até mesmo, resolvidos, a partir de um melhor conhecimento do processo de circulação da água na bacia hidrográfica.

Embora muito se fale a respeito da importância que se tem dedicado a estudos mitigadores de problemas associados à água, na prática, ainda falta nitidamente a consciência da sociedade em geral de que a água é um recurso escasso. Se existisse esta consciência, haveria, certamente, um maior investimento no conhecimento da sua disponibilidade e em formas para a sua melhor utilização.

O uso de vazões estimadas considerando todo o período de análise para caracterizar a disponibilidade hídrica causa incertezas no processo de outorga em regiões com grande variabilidade sazonal de vazões. Kelman (1997) ressalta o potencial da consideração da sazonalidade do regime hídrico através do uso da curva de permanência para cada mês na gestão de recursos hídricos. Cruz (2001), ao avaliar as disponibilidades hídricas para outorga definidas por curvas de permanência que considerem a sazonalidade das vazões na bacia do rio Guaíba, no Rio

Grande do Sul, verificou que foram expressivas as diferenças de vazões outorgáveis entre os diversos meses. Deste modo, o autor ressalta a importância da adoção de valores mensais para a concessão de outorga, uma vez que este critério permite ao usuário planejar o quanto irá gastar de água em cada mês, de modo a otimizar seu uso, bem como ter a possibilidade de projetar o armazenamento da água excedente dos meses mais úmidos para a utilização em meses mais secos.

O uso das vazões mínimas mensais como índices de referência para a definição de critérios para a concessão de outorga, em substituição às vazões mínimas calculadas em uma base anual, poderá representar um expressivo aumento da disponibilidade de água, sem que isto venha significar um aumento no risco de ocorrência de vazões excessivamente baixas, e que possam causar um comprometimento ambiental quando do seu uso.

Tendo em vista a necessidade de estudos que subsidiem o processo de outorga, o presente trabalho teve objetivou avaliar o impacto do uso de diversos critérios para a concessão de outorgas na bacia do rio Paraopeba.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados utilizados

No estudo foram analisados os dados consistidos de oito estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA), tendo sido estes dados adquiridos em 3 de abril de 2009.

As estações fluviométricas utilizadas no estudo estão caracterizadas na Tabela 1 e representadas na Figura 1.

Tabela 1 – Estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km ²)	Curso d'água
40549998	São Brás do Suaçuí – Montante	-20,604	-43,909	446	Rio Paraopeba
40680000	Entre Rios de Minas	-20,660	-44,072	469	Rio Brumado
40710000	Belo Vale	-20,408	-44,021	2690	Rio Paraopeba
40740000	Alberto Flores	-20,161	-44,161	3945	Rio Paraopeba
40800001	Ponte Nova do Paraopeba	-19,949	-44,305	5680	Rio Paraopeba
40810350	Fazenda Laranjeiras	-20,102	-44,483	10	Córrego Mato Frio
40811100	Jardim	-20,048	-44,409	112	Rib. Serra Azul/Freitas
40850000	Ponte da Taquara	-19,423	-44,548	8720	Rio Paraopeba

O período base adotado nas análises das séries históricas das oito estações fluviométricas foi de 1979 a 2005, sendo que os anos com mais de 5% de falhas foram descartados.

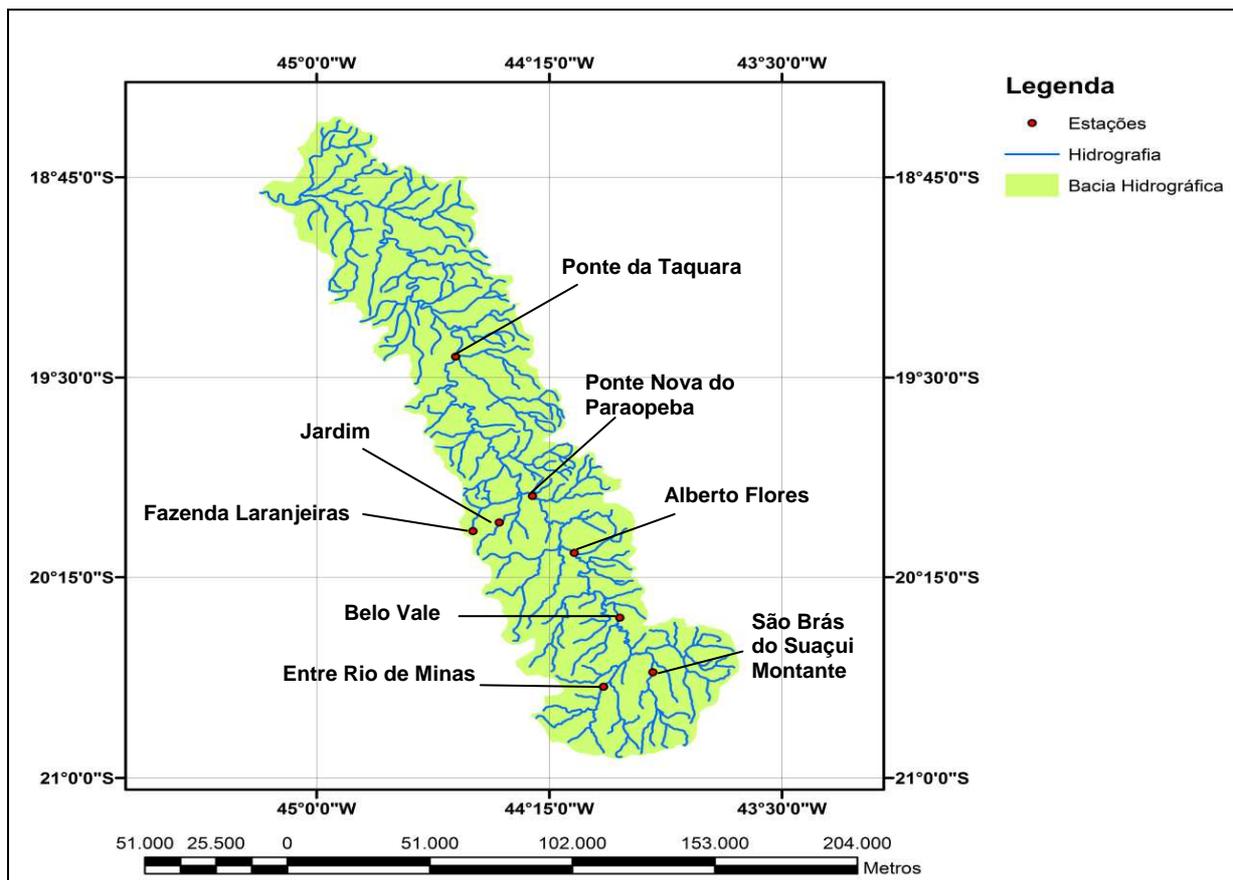


Figura 1 – Localização das estações fluviométricas analisadas no estudo

Obtenção da $Q_{7,10}$

Para estimar a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) foi utilizada a distribuição de densidade de probabilidade de Logpearson 3, também conhecida como distribuição Log-Gama Tipo III.

Para esta distribuição, 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;

μ = média dos eventos;

K = fator de frequência; e

σ = desvio padrão dos eventos.

No presente trabalho foram utilizadas as menores médias de sete dias consecutivos (Q_7), para cada ano das séries históricas na estimativa anual, e para cada mês na estimativa mensal, tendo sido consideradas séries em anuais em ambos os casos.

De acordo com Kite (1988), para a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série de dados, o fator de frequência é calculado usando a equação

$$K = D + (D^2 - 1) \frac{\gamma}{6} + \frac{1}{3} (D - 6D) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^2 - (D^2 - 1) \left(\frac{\gamma}{6}\right)^3 + D \left(\frac{\gamma}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma}{6}\right)^5 \quad (2)$$

sendo:

$$D = t - \frac{2,30753 + 0,27061 t}{1 + 0,99229 t + 0,04481 t^2} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left(\frac{(x_i - \mu)^3}{\sigma^3} \right) \quad (4)$$

em que:

D = desvio padrão padronizado;

γ = assimetria;

t = período de retorno;

N = número de eventos da amostra;

x_i = i -ésimo evento da amostra;

μ = média dos eventos; e

σ = desvio padrão.

Dessa forma, para cada uma das oito estações fluviométricas analisadas foram determinadas as $Q_{7,10}$ em bases anual e mensais.

Obtenção da Q_{95}

Para estimar a vazão associada a 95% de permanência (Q_{95}), foi necessário obter as curvas de permanência anuais e mensais. Segundo Pruski *et al.* (2006), a obtenção da curva de permanência para cada estação fluviométrica é baseada na análise de frequência associada a cada dado de vazão.

Para tanto organizou-se as séries de dados de vazões em ordem decrescente e foi determinada a frequência (f_i) associada a cada valor de vazão utilizando a equação

$$f_i = \frac{N_{q_i}}{NT} \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

N_{q_i} = número de eventos maiores ou iguais à vazão de ordem i ; e

NT = número total de eventos.

Sendo assim, para cada uma das oito estações fluviométricas analisadas foram obtidas as curvas de permanência em bases anual e mensais plotando-se na ordenada os valores de vazão e na abscissa a frequência.

Análise dos critérios de outorga

De posse dos valores de $Q_{7,10}$ e Q_{95} foi feita a análise do impacto do uso dos critérios das vazões máximas permissíveis para outorga adotados pelo Estado de Minas Gerais, correspondente a 30% da $Q_{7,10}$, e pela União, 70% da Q_{95} , considerando-se tanto os valores estimados em uma base anual, que é o critério atualmente utilizado, como os valores obtidos para cada um dos 12 meses.

Amplitude de variação da diferença relativa entre as vazões mensais e anual

Foi realizada a análise da amplitude de variação da diferença relativa ($DR_{\%}$) entre vazões mensais e anuais. As diferenças relativas foram calculadas utilizando a equação

$$DR_{\%} = \frac{Q_{\text{mensal}} - Q_{\text{anual}}}{Q_{\text{anual}}} \times 100 \quad (6)$$

em que:

$DR_{\%}$ = diferença relativa (%);

Q_{mensal} = vazão estimada em base mensal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$); e

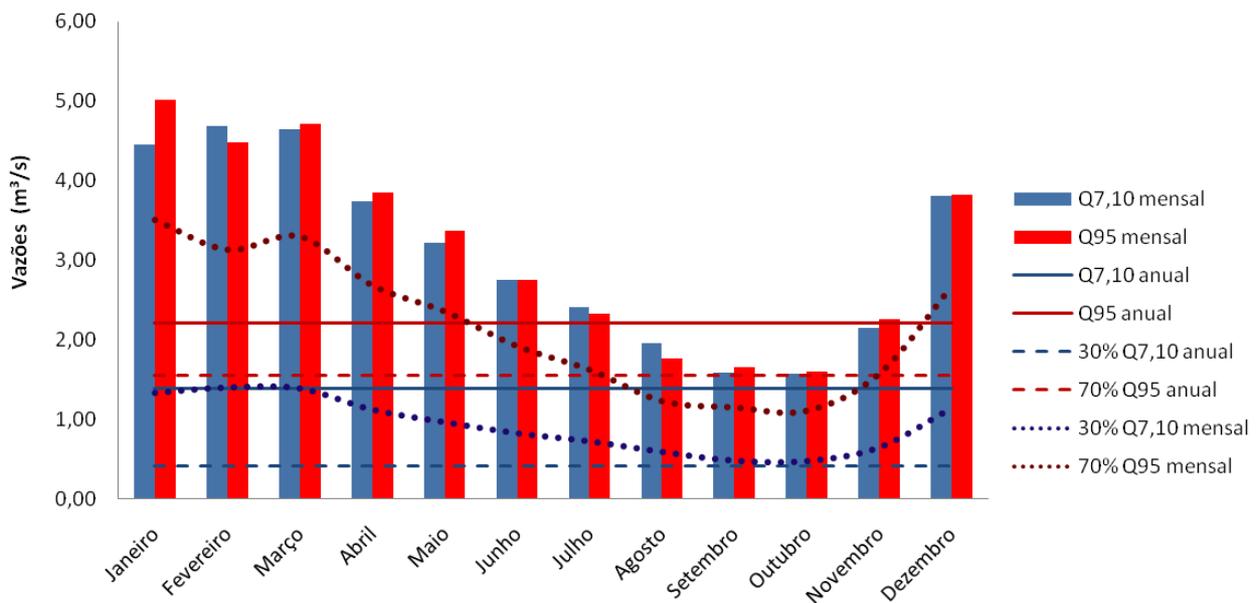
Q_{anual} = vazão estimada em base anual ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$).

A $DR_{\%}$ foi calculada para todos os meses, para todas as estações em estudo. A análise de amplitude de variação da $DR_{\%}$ foi realizada comparando para cada mês, o maior e o menor valor da $DR_{\%}$ relacionado com o mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 a 5 estão representadas, para cada uma das oito estações analisadas, as variações da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} mensais ao longo do ano, a comparação com os valores anuais e a projeção do uso de diferentes critérios para a concessão de outorga. Pela análise destas figuras evidencia-se que houve uma tendência de comportamento similar nas oito estações analisadas.

(a)



(b)

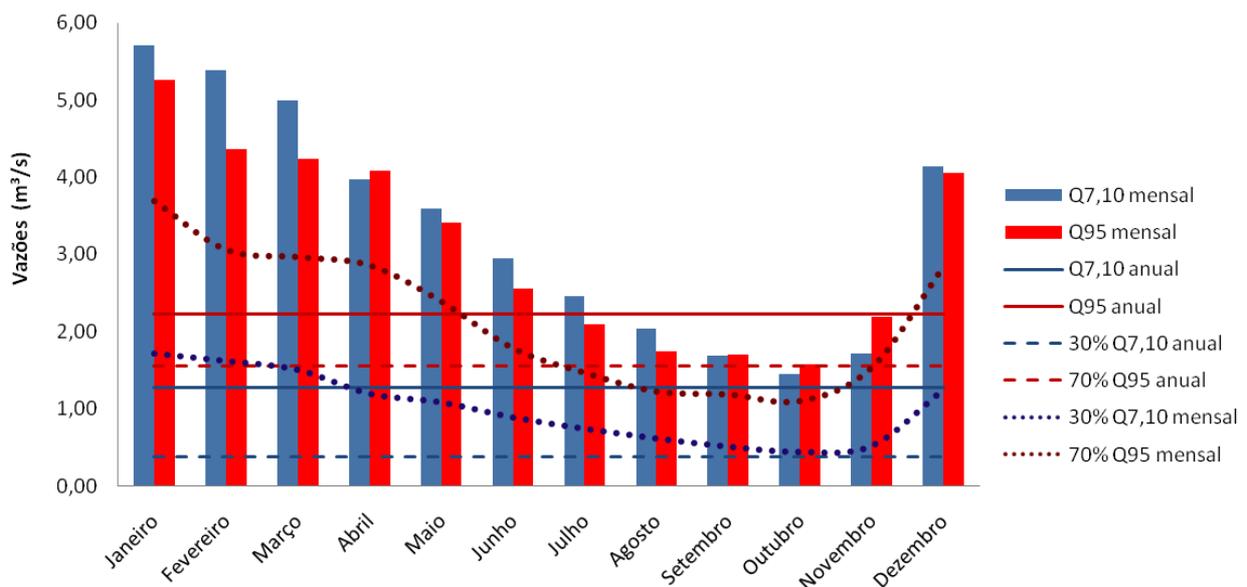


Figura 2 – Variação da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} mensais ao longo do ano, comparação com os valores anuais e projeção do efeito do uso de diferentes critérios para a concessão de outorga para as estações São Brás do Suaçuí – Montante (a) e Entre Rios de Minas (b)

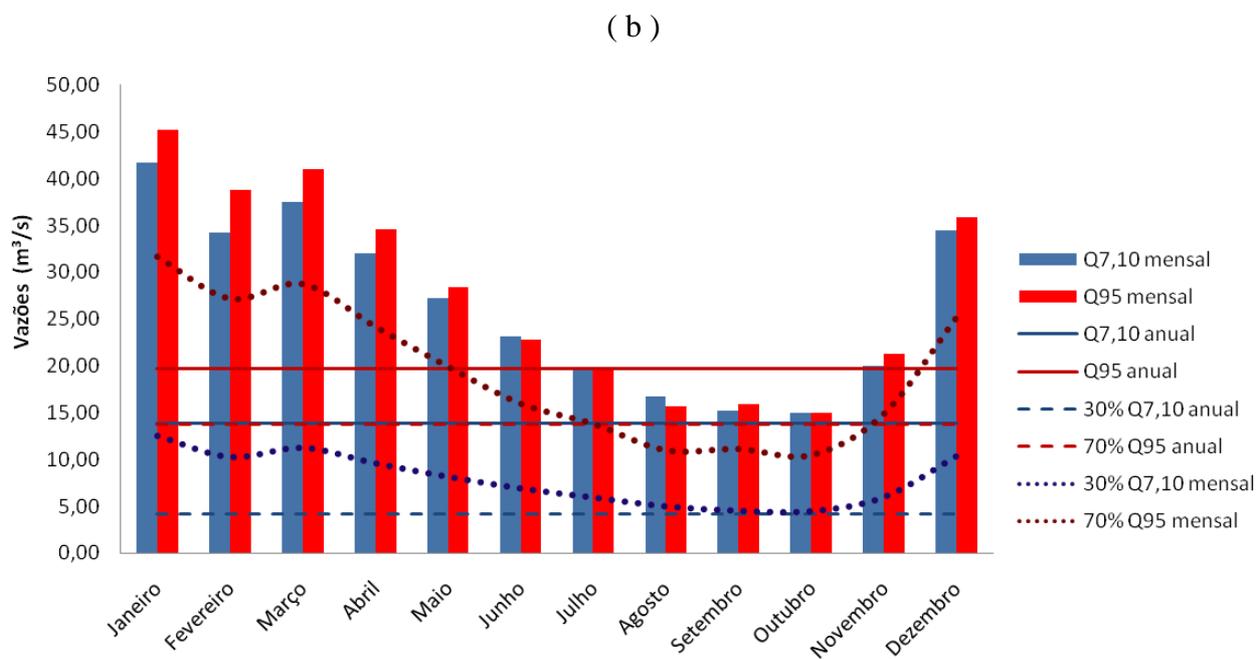
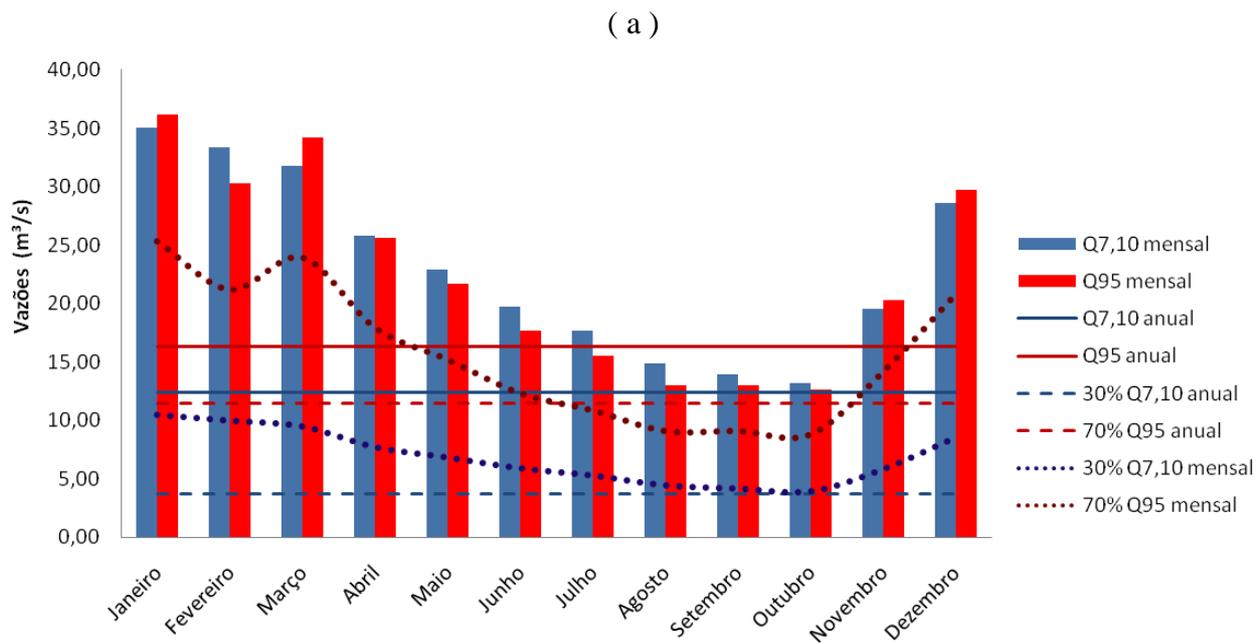
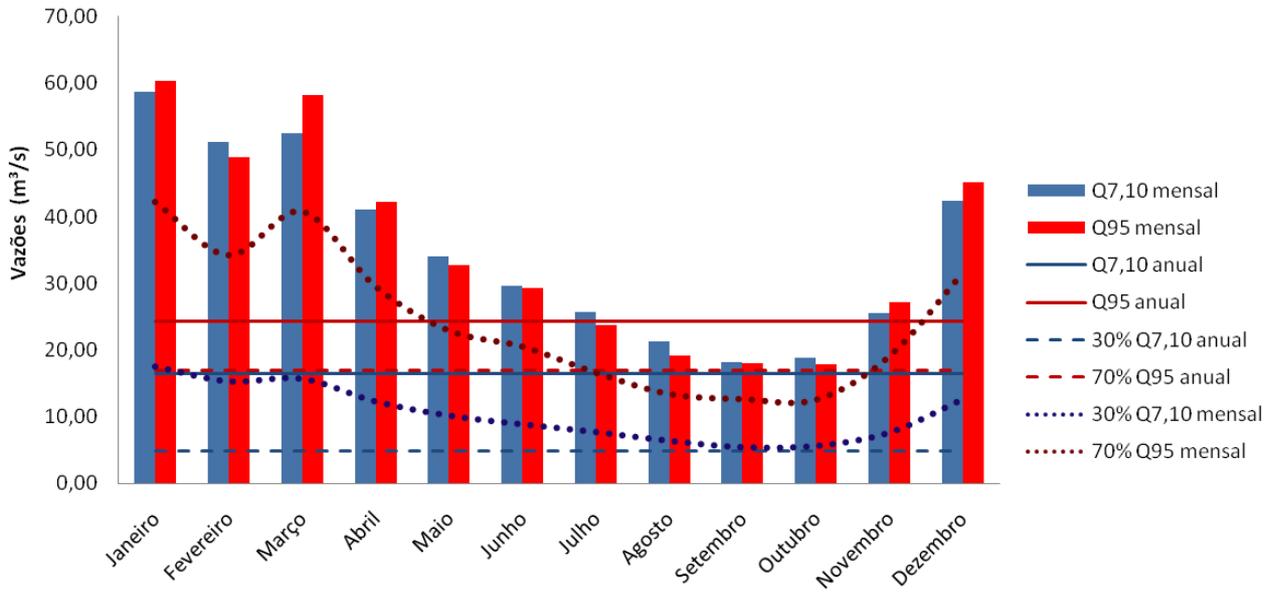


Figura 3 – Variação da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} mensais ao longo do ano, comparação com os valores anuais e projeção do efeito do uso de diferentes critérios para a concessão de outorga para as estações Belo Vale (a) e Alberto Flores (b)

(a)



(b)

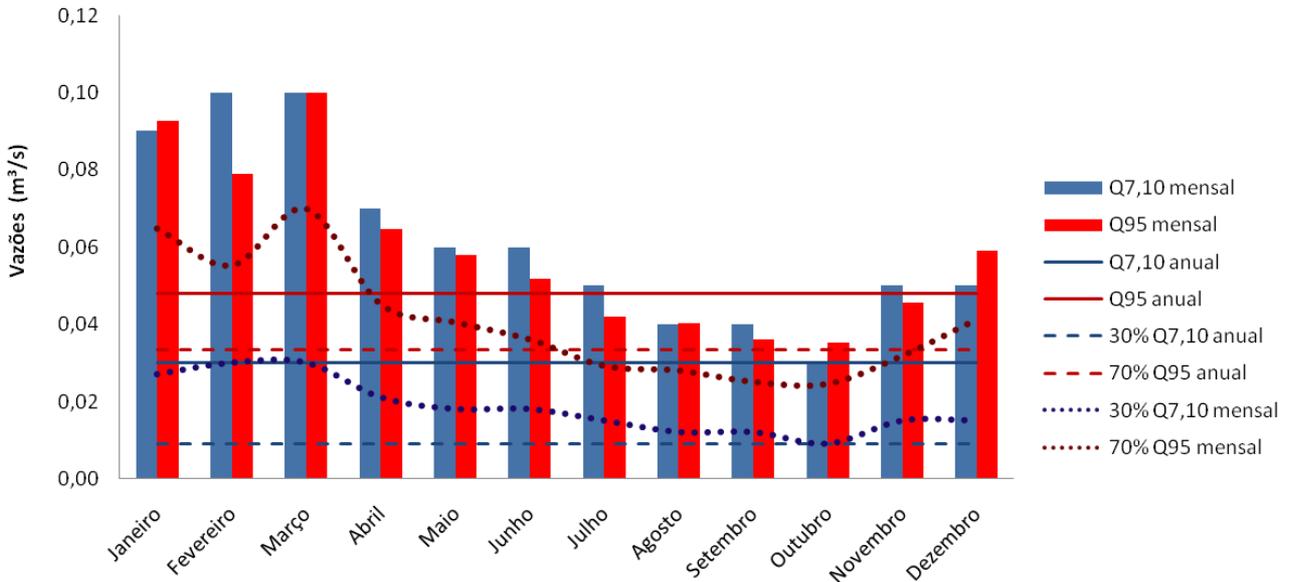
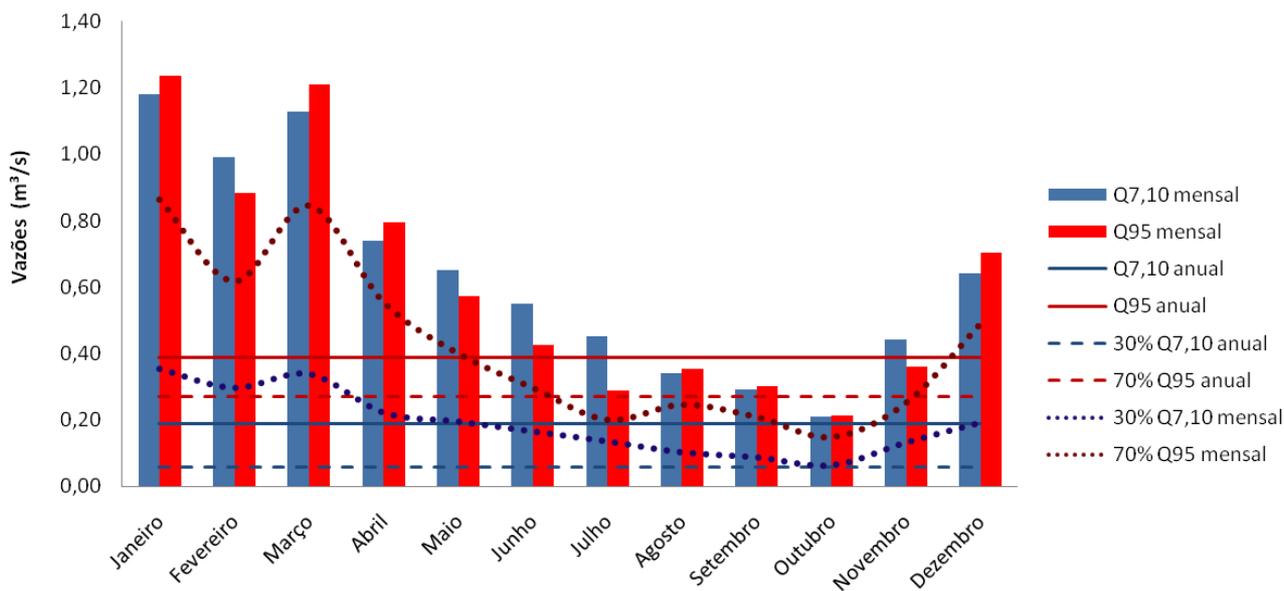


Figura 4 – Variação da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} mensais ao longo do ano, comparação com os valores anuais e projeção do efeito do uso de diferentes critérios para a concessão de outorga para as estações Ponte Nova do Paraopeba (a) e Fazenda Laranjeiras (b)

(a)



(b)

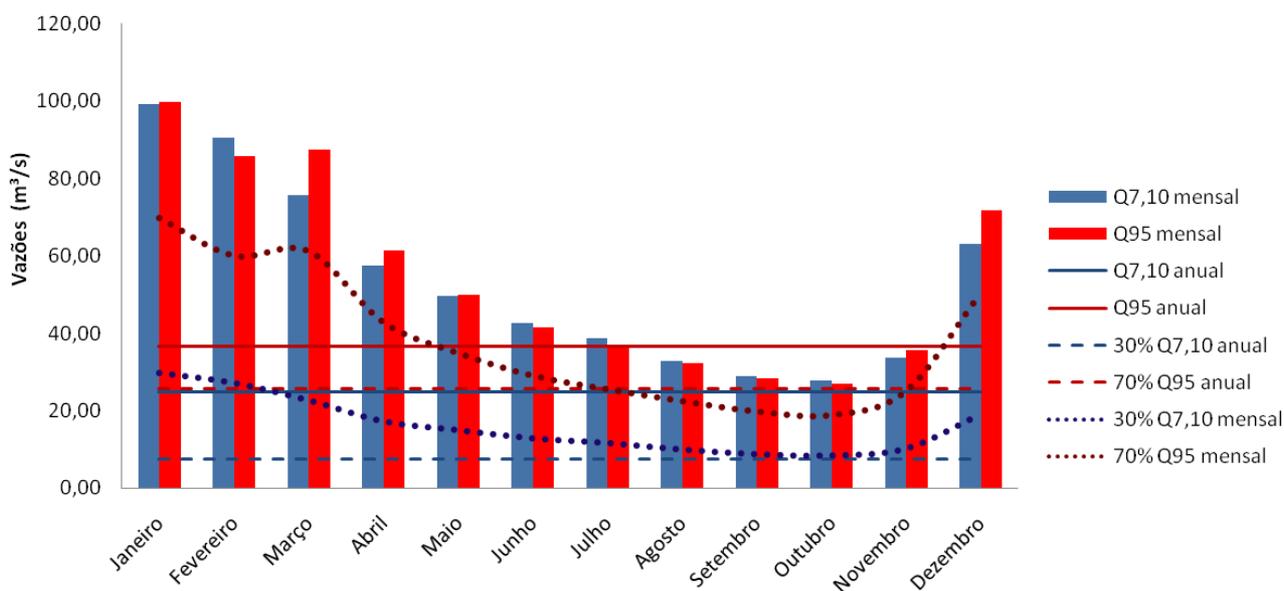


Figura 5 – Variação da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} mensais ao longo do ano, comparação com os valores anuais e projeção do efeito do uso de diferentes critérios para a concessão de outorga para as estações Jardim (a) e Ponte da Taquara (b)

Pela observação da Figura 2b, correspondente à estação Entre Rios de Minas, e tomada como exemplo para a análise, pode-se evidenciar que a Q_{95} (igual a $2,22 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, e representada pela linha contínua vermelha) é 75% superior à $Q_{7,10}$ (igual a $1,27 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, e representada pela linha contínua azul), fazendo com que, pelo critério de permissão de outorga de 70% da Q_{95} (linha tracejada vermelha) o valor permitido para outorga seja 4,1 vezes maior que o permitido pelo critério de 30% da $Q_{7,10}$ (linha tracejada azul). Pode-se ainda evidenciar que este último critério é bastante restritivo, à medida que limita o valor permissivo para uso de água ao longo de todo o ano por uma restrição evidenciada apenas em um período específico, e, mesmo neste período, correspondendo à disponibilidade para uso de apenas uma pequena parte da vazão existente no rio.

A utilização do critério correspondente a 70% da Q_{95} anual também apresenta a característica de limitar o uso de água nos períodos de maior disponibilidade a uma restrição evidenciada apenas em períodos críticos. Neste caso evidencia-se que o critério embora seja bastante restritivo nos meses de maior disponibilidade hídrica, é excessivamente permissivo nos meses com menor disponibilidade, fazendo com que haja alto risco de ocorrência de condições que possam implicar até na completa seca do rio nos períodos mais críticos. No caso representado na Figura 2b, nos meses de julho a novembro.

A utilização do critério baseado nas 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.

O uso da $Q_{7,10}$ mensal (linha pontilhada azul) potencializa um aumento muito expressivo da vazão permissível para outorga em alguns meses, como, por exemplo, de dezembro a maio, e menos expressivo em outros meses, como setembro, outubro e novembro. Entretanto, mesmo nestes meses, ocorre aumento na disponibilidade de água (no caso da estação Entre Rios de Minas, de, no mínimo, 15%), seja para o consumo pelos diferentes segmentos de usuários, seja para a diluição de efluentes.

A análise da utilização da Q_{95} produz resultados ainda mais interessantes. Em primeiro lugar evidencia-se que o uso de uma base mensal para a estimativa das vazões mínimas conduz a uma maior proximidade entre a $Q_{7,10}$ e a Q_{95} . Enquanto na base anual a Q_{95} é 75% maior que a $Q_{7,10}$, em uma base mensal esta diferença diminui, havendo, inclusive, muitos meses em que a $Q_{7,10}$ mensal passa a ser maior que a Q_{95} . Em relação à utilização do critério relativo ao uso de 70% da Q_{95} anual evidencia-se que enquanto este envolve um forte risco de secar o rio nos meses de julho a novembro, o critério de uso de 70% da Q_{95} mensal minimiza este risco, à medida que a Q_{95} para estes meses é menor do que a Q_{95} anual, fazendo com que, mesmo que seja concedida a outorga de 70% da Q_{95} mensal, ainda haveria vazão remanescente nos meses mais críticos.

Considerando ainda que o volume de água permissível para a outorga é representado pela área sob a curva (ou reta) relativa ao critério de outorga adotado tem-se que, para o critério correspondente a 30% da $Q_{7,10}$ anual, o volume de outorga permitido seria de $12,02 \text{ hm}^3$, enquanto que para os critérios correspondentes a 70% da Q_{95} anual seria de $49,07 \text{ hm}^3$, 30% da $Q_{7,10}$ mensal de $31,58 \text{ hm}^3$ e 70% da Q_{95} mensal de $68,58 \text{ hm}^3$, valores 4,1; 2,6 e 5,7 vezes, respectivamente, superiores ao volume máximo permitido pelo critério utilizado para concessão de outorga em Minas Gerais.

Na Figura 6 estão representados os gráficos da amplitude de variação da diferença relativa entre as vazões mensais e anual, considerando as oito estações utilizadas neste estudo.

Os valores mínimos de diferença relativa ($DR\%$) obtidos foram representados nos gráficos pelas barras de coloração azul, e os valores máximos, pelas barras de coloração vermelha, tanto para a $Q_{7,10}$ quanto para a Q_{95} .

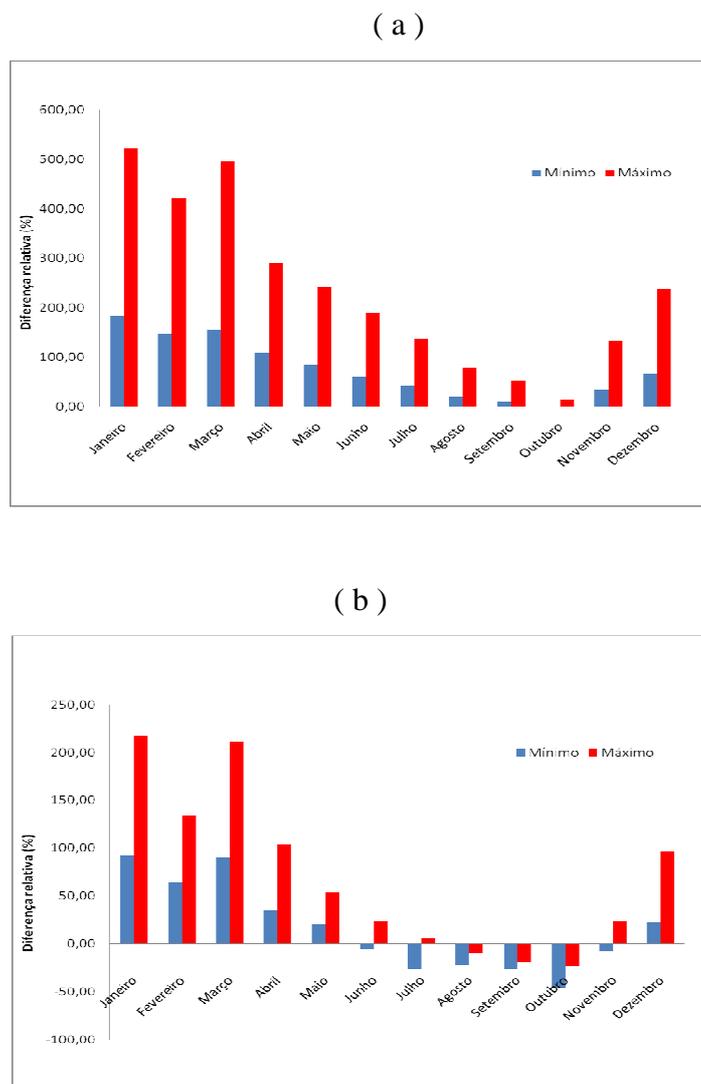


Figura 6 – Amplitude de variação da diferença relativa entre as vazões $Q_{7,10}$ (a) e Q_{95} (b) mensais e anual, para as estações fluviométricas utilizadas no estudo

Para a $Q_{7,10}$ (Figura 6a), em todos os meses, à exceção da estação 40810350, no mês de outubro, para a qual a $Q_{7,10}$ anual igualou à $Q_{7,10}$ mensal, a vazão mensal apresentou valores maiores que a anual, evidenciando o potencial do aumento de disponibilidade hídrica, sobretudo nos meses de janeiro a março e, em uma menor proporção nos meses de novembro, dezembro, e de abril a julho. Apenas nos meses de agosto a outubro estas diferenças foram pouco expressivas.

No caso da Q_{95} (Figura 6b), entre os meses de junho a novembro, foram obtidos valores negativos de diferença relativa, caracterizando que a utilização do critério mensal pode ser mais restritivo nestes meses, o que agrega uma maior segurança quanto ao risco de secagem do rio, como foi observado anteriormente, caso ocorra a substituição do critério mensal pelo anual. Nos demais meses o valor da diferença relativa foi positivo mostrando um aumento expressivo da vazão nestes meses.

Além do uso das vazões mínimas estimadas em uma base anual representar uma restrição única para todo o ano, há o fato de que o período de maior demanda pelos recursos hídricos, seja sob o ponto de vista quantitativo ou para a diluição de efluentes, nem sempre coincide com o período de menor disponibilidade hídrica.

Portanto, tal análise também pode ser estendida para uma abordagem relativa à qualidade de água, à medida que, em muitos casos, pelas características do tipo de empreendimento e sua sazonalidade, principalmente aqueles industriais, a maior quantidade de efluentes lançados não coincide com o período de menor disponibilidade hídrica.

É evidente que a consideração das vazões estimadas em uma base mensal irá trazer um aumento expressivo no trabalho requerido para a quantificação da disponibilidade hídrica, entretanto, esta representa, conforme mostrado neste estudo, um alto potencial para o aumento da disponibilidade de água.

CONCLUSÕES

A utilização de critérios baseados no uso das vazões mensais em substituição às anuais apresenta um alto potencial para o aumento da disponibilidade de uso dos recursos hídricos em condições a fio d'água.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ, J. C. (2001) *Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais*. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 189 p.

IBIAPINA, A. V. et al. (1999). “*Evolução da hidrometria no Brasil*”, in *O estado das águas no Brasil*. Org. por Freitas, M. A. V., ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, Brasília – DF.

KELMAN, J. (1997). “*Gerenciamento dos recursos hídricos*”. in *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Vitória: ABRH, Nov. 1997,1, CD-ROM.

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

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; KOEZ, M. (2006). *Estudo da Vazão em Cursos d'Água*. Engenharia na Agricultura. Caderno didático: 43 AEA/UFV Viçosa - MG, 151p.