



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PROPOSTA DE VAZÃO DE REFERÊNCIA Q_{90} PARA O RIO FORMOSO NA BACIA DO ARAGUAIA¹

Fernán Enrique Vergara²; Franciane Cardoso dos Reis³; Luiz Norberto Lacerda Magalhães
Filho⁴; Cláudia Da Silva Aguiar Rezende⁵

RESUMO

O presente estudo foi realizado devido à grande demanda por água para fins de irrigação no Rio Formoso - TO, com plantio orizícola concentrada em suas proximidades, havendo indícios de pequenos conflitos entre os usuários. Visando diminuir esses conflitos garantindo aos diferentes setores usuários o acesso à água bem como a sustentabilidade do manancial é necessária a adoção de uma vazão como referência. Diante dessa problemática, este trabalho expôs a comparação da vazão de referência Q_{90} mensal, bimestral e trimestral com a Q_{90} sazonal feita pelo órgão ambiental do estado do Tocantins, considerando o ano hidrológico de outubro a setembro. A curva de permanência foi obtida pelo método empírico de distribuição de frequências com 50 classes. Como resultados verificou-se que a vazão de referência Q_{90} mensal é mais apropriada por apresentar as características intrínsecas de cada mês, oferecendo mais segurança aos órgãos ambientais dimensionando com maior exatidão a vazão disponível.

Palavras-Chave: Outorga; Curva de permanência; Proposta de Q_{90} .

PROPOSAL FOR A REFERENCE FLOW Q_{90} TO RIO FORMOSO IN ARAGUAIA BASIN

ABSTRACT

This study was conducted due to the large demand for water for irrigation purposes in Formoso's River - TO, planting paddy concentrated in its vicinity, there are indications of minor disputes between users. Aiming to reduce these conflicts in different sectors to ensure access to water users and the sustainability of the stock, the adoption of a flow as reference. Given this issue, this study exposed the comparison of the reference flow Q_{90} monthly, bimonthly and quarterly with the seasonal Q_{90} made by the environmental agency in the State of Tocantins, considering the hydrological year October to September. The remaining curve was obtained by using empirical frequency distribution with 50 classes. As result it was found that the monthly Q_{90} flow references more appropriate to present the merits of each month, offering more security to environmental agencies more accurately sizing the flow available.

Keywords: Grant; Curve stay; Proposal for Q_{90} .

Trabalho recebido em 30/08/2012 e aceito para publicação em 09/02/2013.

¹ Este artigo compõe parte do trabalho desenvolvido no projeto: Fortalecimento do sistema estadual de gerenciamento dos recursos hídricos por meio da capacitação de agentes gestores, Financiado pelo CNPq;

² Universidade Federal do Tocantins, Professor do Mestrado em Engenharia Ambiental. vergara@uft.edu.br

³ Universidade Federal do Tocantins, Engenheira Ambiental

⁴ Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Engenharia Ambiental. luizlmf@gmail.com

⁵ Instituto Federal do Tocantins/ Instituto Natureza do Tocantins, Professora e Pesquisadora. claudia@ifto.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A Lei 9.433 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos buscando organizar em âmbito nacional o planejamento e a gestão desses recursos (BRASIL, 1997). Sendo assim o domínio das águas foi estabelecida em duas classes, nomeadamente: União e Estados, o primeiro correspondem as águas dos lagos e quaisquer correntes que banhem mais de um estado ou se estendam a território estrangeiro, e a segunda, as águas superficiais ou subterrâneas, afluentes, emergentes e em depósitos em um único estado (FREITAS, 2003). De acordo com Camara (2003), o grande desafio do estabelecimento desse sistema de domínio é a articulação entre os dois níveis jurisdicionais de domínio.

Gerir os recursos hídricos é uma forma de equacionar e procurar resolver os problemas de escassez promovendo um uso adequado (SETTI *et al.*, 2001). O processo de gestão objetiva ajustar as demandas econômicas, sociais e ambientais em níveis sustentáveis de modo a autorizar sem conflito os usos atuais e futuros da água (SILVA, 2004). A aplicação da outorga do direito de uso da água como um dos instrumentos é um modo de assegurar o controle quantitativo

e qualitativo dos usos da água (TUCCI, 2004). No Brasil há diferentes critérios de adoção de vazões de referência, a variabilidade desses critérios está relacionada com as características individuais de cada bacia hidrográfica, podendo haver disparidade de uma bacia para outra (SILVA *et al.*, 2006).

No estado do Tocantins é incumbência do NATURATINS (Instituto Natureza do Tocantins) outorgar o direito de uso dos recursos hídricos, onde na ausência do Plano Estadual e do Plano de Bacia cabe ao órgão definir os critérios e condições de disponibilidade por bacia hidrográfica, podendo, para tanto, solicitar a manifestação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (TOCANTINS, 2005). Como forma de minimizar os problemas oriundos dos usos desordenados dos recursos hídricos, os quais podem comprometer a vazão natural do rio, o Estado do Tocantins estabeleceu como vazão de referência a Q_{90} (vazão com permanência de 90%). Ao ser instituída uma vazão outorgável tendo por base uma vazão de referência, como um percentual, o órgão estabelece um limite para a apropriação da água (LANNA, 2006). A vazão de referência está susceptível a variações de acordo com as características da bacia, respeitando as particularidades de cada local. (SILVA *et al.*, 2006).

Segundo Santos (2004) o Tocantins possui uma imensa área de várzea, com mais de 500 mil hectares entre o rio Araguaia e seus afluentes: Urubu, Javaés e Formoso, por esse motivo a região é considerada de grande potencial para a expansão da cultura irrigada, possuindo um desenvolvimento expressivo do cultivo agrícola. Dentre as formas de plantio utilizados na região destaca-se a irrigação por inundação, constituindo-se como uma das maiores preocupações atualmente, onde a adoção desse sistema de plantio implica em maiores demandas grandes por água.

Tucci (2004) afirma que no Brasil de todos os usos dos recursos hídricos a demanda maior é para a agricultura que consome aproximadamente 70% da água. No Tocantins a agricultura contribui com 52,83% do total utilizado, sendo que o cultivo é mais proeminente nos municípios de Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão (SRHMA, 2007).

Os usos mais intensos na bacia do Formoso são o abastecimento populacional a dessedentação animal e a irrigação, intensificando-se nos últimos anos a irrigação, que atualmente possui um maior consumo, cerca de 98,5% da demanda total de água na região. Devido a esse alto consumo na bacia do Formoso justifica-se o estudo que realizou testes das vazões de

referência Q₉₀ mensais, bimestrais e trimestrais que foram comparados com a Q₉₀ por período (seco e chuvoso) utilizada atualmente pelo NATURATINS, com o propósito de conhecer a presente situação do rio Formoso.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Formoso especificamente rio Formoso, os dados utilizados foram da estação fluviométrica projeto rio Formoso com latitude 12°04'00" S e longitude 49°44'00" W, a estação foi monitorada pela Agência Nacional de Águas - ANA.

A bacia do rio Formoso está situada às margens direita do rio Araguaia, região sudoeste do estado do Tocantins compreendendo 7,7% da área total do estado e aproximadamente 5,6% da bacia do Araguaia possuindo uma área de drenagem de aproximadamente 21.328,57 km² (SEPLAN, 2009). Subdividida em oito sub-bacias hidrográficas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), rio Escuro, Pau Seco, Taboca, Xavante, Dueré, Ribeirão Lago Verde, Urubu e Formoso (QUIRINO, 2007). O rio Formoso (Figura 2), constitui-se como o recurso hídrico mais significativo em quantidade, à jusante encontram-se os principais contribuintes

(rios, Xavante e Lago Verde). Essa região irrigadas.
apresenta a maior concentração de áreas

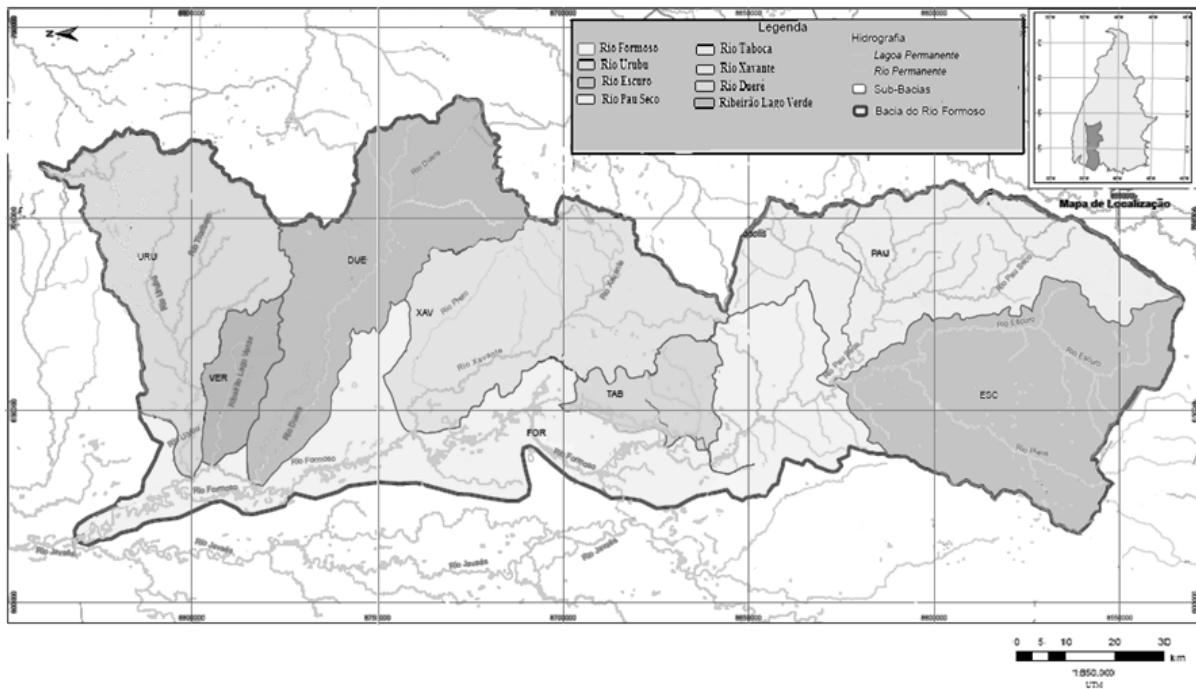


Figura 1. Divisão da Bacia hidrográfica do rio Formoso (SRHMA, 2007).

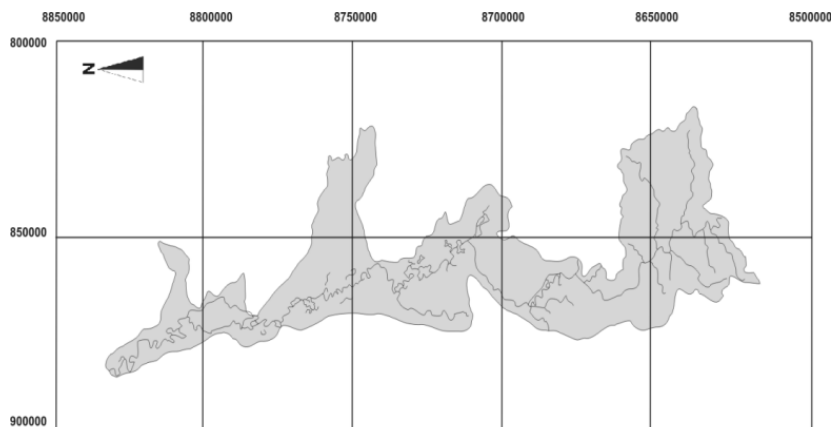


Figura 2. Rio Formoso (SRHMA, 2007).

2.1 Principais usos na bacia

Dentre os usos na bacia é importante enfatizar o abastecimento populacional, a dessedentação animal e a irrigação por serem os principais, destacando-se entre

esses a irrigação como o uso mais acentuado.

A região da bacia do Formoso possui um cultivo agrícola intenso principalmente nos municípios de Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão mais precisamente às

margens do rio Formoso onde o cultivo de arroz, feijão, milho e melancia são bastante significativos (SRHMA, 2007). No período de 1989 a 2002 a área média cultivada com arroz nas várzeas do Tocantins era de 49.000 ha, nos anos de 2003 e 2004 aumentou para 54.680 ha onde 45.000 ha correspondem ao cultivo do arroz, concentrando-se principalmente nas regiões centro-oeste e sudoeste, esse crescimento tem se acentuado a cada ano principalmente pelas condições propícias da região considerada a maior área contínua para a irrigação por gravidade do mundo (SANTOS 2004). Conforme Nunes (2010) as outorgas de uso da água no rio Formoso são em sua maioria para fins de irrigação.

A prática de irrigação por inundação é predominante por ser considerada um dos

sistemas de plantios mais simples. Entretanto Tucci (2004) destaca que um hectare de irrigação por inundação pode consumir o equivalente ao consumo de água de 800 pessoas. Estudos elaborados pela ANA (Agência Nacional de Águas) avaliaram a situação demanda/disponibilidade das regiões hidrográficas brasileiras utilizando uma escala quantitativa que varia de confortável a crítica. A região Araguaia/Tocantins foi considerada confortável, porém em algumas regiões de cabeceiras e nos rios Urubu e áreas marginais ao Formoso a situação foi avaliada como sendo crítica em função do crescimento das atividades de irrigação nos últimos anos (Figura) (BRAGA et. al., 2008).

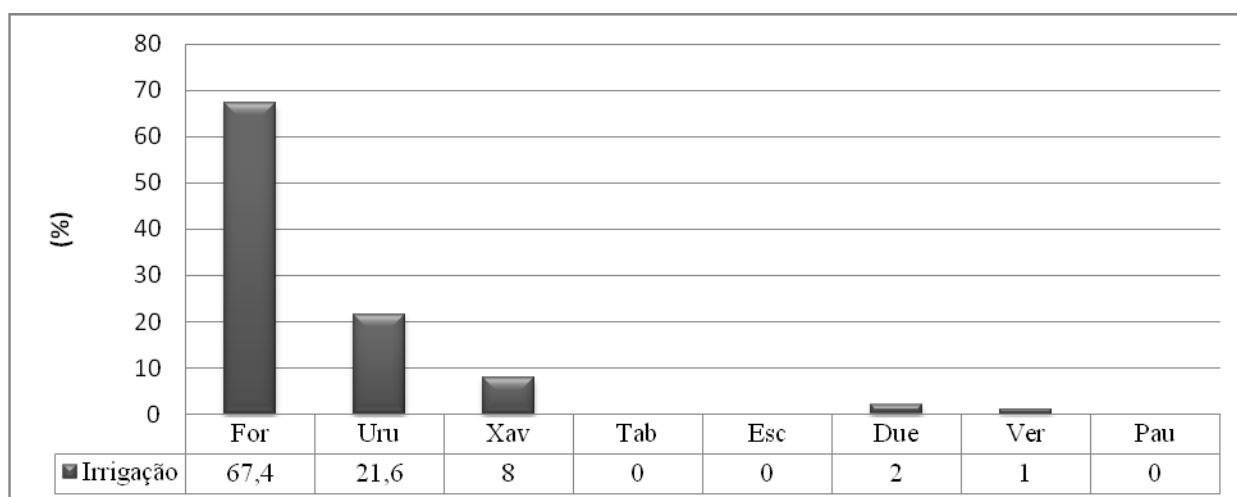


Figura 3. Demanda para irrigação na bacia do Formoso.

A região a qual está situado o rio Formoso é de intensa atividade agrícola e de acordo Azevedo (2010) a definição dos períodos seco e chuvoso no Tocantins facilita o plantio, dividindo de acordo a sazonalidade do estado o período de safra e entressafra. A safra está relacionada ao período chuvoso onde é feito o plantio do arroz utilizando o sistema de irrigação por inundação, que consome um maior volume de água e compreende o período de outubro a março. No período seco procurando minimizar o impacto causado aos rios da bacia, principalmente ao Formoso, opta-se pelo sistema de sub-irrigação, que está associado a um menor consumo de água, substituindo o arroz

pelo plantio de outras culturas como melancia, soja, feijão entre outras, restringindo assim o cultivo do arroz irrigado ao período chuvoso.

A Figura ilustra o dispêndio de água no rio Formoso demonstrando que o uso mais intenso é para irrigação, cerca de 23,061 L/s. Segundo SEINF (2009) é importante ressaltar que além da reestruturação do projeto rio Formoso as propostas de projetos futuros tendem a aumentar ainda mais a demanda para irrigação, visto que a região é promissora para a expansão agrícola, concentrando-se em sua maioria nas proximidade dos rios Formoso e Urubu.

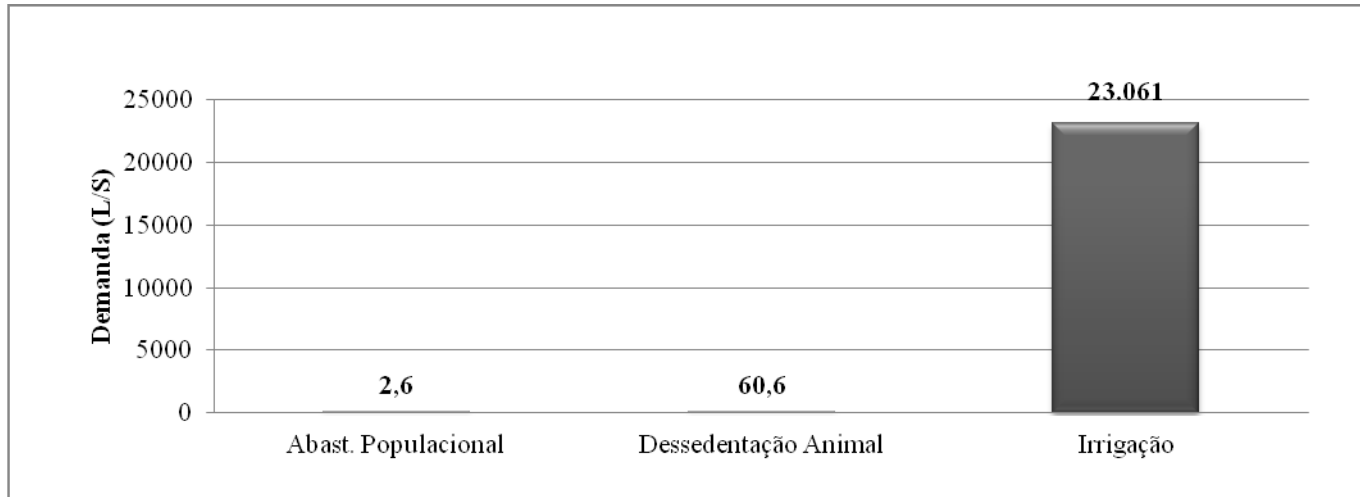


Figura 4. Demanda hídrica no rio Formoso (SRHMA, 2007).

2.2 Estações fluviométricas do estado do Tocantins

A ANA é responsável pelo monitoramento de 4.543 estações fluviométricas das 14.822 existentes no

Brasil. Essas estações são operadas por institutos parceiros e contratados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2010). No estado do Tocantins existem 90 estações fluviométricas instaladas, porém

dessas apenas 72 estão em operação ou possuem dados (ANA, 2000).

Um dos maiores problemas enfrentados na gestão de recursos hídricos do estado é a carência de dados, onde

Tabela (ANA, 2002). Os dados de vazões podem ser acessados por meio do HydroWeb, portal que oferece um banco de dados com todas as informações coletadas

muitas estações em operação estão sem dados ou possuem muitas falhas, apesar da amplitude da bacia do Formoso a mesma só possui três estações fluviométricas, ilustradas na

pela rede hidrometeorológica e reúne dados sobre cotas, vazões, chuvas, evaporação, perfil do rio, qualidade da água e sedimentos (ANA, 2010).

Tabela 1. Estações fluviométricas da bacia do rio Formoso.

Código da Estação	Estação	A (Km2)	Latitude	Longitude
26720000	Praia alta	-	-12:25:04	-049:35:21
26750000	Projeto Rio Formoso	7920,00	-12:05:00	-049:38:00
26770000	Rio Taboca	366,00	-12:05:00	-049:38:00

A = Área de drenagem da bacia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Vazão de Referência

Conforme Cruz (2009) a vazão de referência é caracterizada por possibilitar a determinação dos limites de utilização do curso d'água. O CONAMA 357/2005 define vazão de referência como sendo a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão. DINIZ et. al., (2006) expõe que no Brasil adota-se como referência a vazão mínima, buscando assim diminuir os possíveis riscos de escassez por usos desordenados. É importante ressaltar que a utilização de vazão de

referência também é uma das formas de controle de possibilidades de falhas no gerenciamento dos recursos hídricos. Marques et. al., (2009) consideram a adoção de vazões mínimas como um ofensor à aplicação do PNRH, por essas vazões corresponderem às condições anuais de maior escassez hídrica, e dessa forma estaria se restringindo os usos nos períodos chuvosos em que os mananciais têm capacidade de suportar uma maior demanda, nesse contexto, a adoção de uma vazão anual dificulta ainda mais o acesso aos recursos.

3.2 Vazão de permanência: Q_{90}

As vazões de permanência são obtidas por curvas de duração ou permanência que relacionam a vazão com a porcentagem do tempo em que ela é igualada ou superada, sendo frequentemente aplicada pela legislação brasileira a Q_{90} e a Q_{95} (MENDES, 2007). A Q_{90} é a vazão com 90 % de permanência no tempo e a Q_{95} com 95% podendo ser extrapolada nos períodos chuvosos em que há um significativo aumento da vazão do rio (ASANUMA, 2001).

No estado do Tocantins adotou-se como vazão de referência para os processos de outorga a Q_{90} . Não há critérios específicos para a adoção, porém com base no decreto de lei 2.432 de 06 de Junho de 2005 as totalidades das vazões deverão seguir os limites de captação onde ficou estabelecido até 75% quando for a fio d'água, 90% em reservatório de barragem e em situações em que os rios são intermitentes o limite de captação pode ser de até 95%.

Para Camara (2003) ao ser outorgada uma vazão Q_{90} limita-se consideravelmente a expansão dos sistemas de usos da água, não permitindo que os excessos hídricos sobre a vazão de referência sejam utilizados embora que a princípio os

valores outorgados possam ser supridos em 90% do tempo.

3.3 Vazão mínima $Q_{7,10}$

Conforme Oliveira (2008), as vazões mínimas estão naturalmente vinculadas aos períodos críticos do manancial, dessa forma é essencial o conhecimento da vazão para estudos de disponibilidade hídrica.

As vazões mínimas são utilizadas como referência na outorga sendo caracterizada pela sua duração e frequência. A partir da série histórica os menores valores da série são tidos como vazão mínima, a distribuição temporal dessas vazões é importante para projetos como abastecimento de água, irrigação e energia elétrica (SILVA, 2003). É considerada a menor vazão média de sete dias consecutivos com um período de retorno de 10 anos (IGAM, 2008). As desvantagens da adoção dessa vazão como referência é a limitação excessiva dos usos dos recursos hídricos (MENDES, 2007).

3.4 Curva de permanência

A curva de permanência tem apresentado grande utilidade para a definição dos critérios de outorga, permite uma avaliação das características da bacia em relação ao regime de vazões do rio (RIBEIRO & RIBEIRO, 2010). Com essa técnica é possível a identificação da potencialidade natural de um curso d'água

destacando além da vazão mínima, o grau de permanência de qualquer valor de vazão, fornecendo resultados diretos para o aproveitamento das disponibilidades do curso d'água (CÓRDOVA, PINHEIRO & PINHEIRO, 2000).

As análises da vazão Q_{90} e Q_{95} são feitas utilizando-se a curva de permanência, que indica a porcentagem do tempo em que uma determinada vazão foi igualada ou ultrapassada durante o período de observações (RIGHETO, 1998). A curva é obtida por técnicas paramétricas ou empíricas, representando o complemento da função distribuição cumulativa, a probabilidade de vazões ou probabilidade de excedência das vazões, não se referindo à probabilidade em qualquer ano, mas podendo ser interpretada como possibilidade de ocorrência das vazões em um horizonte idealizado (CRUZ, 2001).

A técnica tradicional e mais usada consiste em estabelecer intervalos ordenados de vazões, de acordo com a magnitude das mesmas, procurando, assim, ter uma quantidade razoável de valores em cada intervalo, bem como associar uma frequência de ocorrência das vazões e acumulá-las. Como se trata de associar frequências de ocorrências às vazões, outra alternativa é distribuir todos os valores de vazão em ordem decrescente e associar a

cada valor uma frequência de excedência (CRUZ & TUCCI, 2008).

3.5 Disponibilidade de dados

Os dados utilizados no estudo são da estação 26750000 esse conjunto de dados contém informações diárias e mensais. As informações sobre outorga no rio Formoso foram fornecidas pelo NATURATINS onde foram analisadas somente as outorgas desconsiderando as DUIs (Declaração de uso insignificante), quantificando as outorgas concedidas de 2000 a 2010.

3.6 Método de obtenção da curva de permanência

Obteve-se a curva de permanência utilizando o método empírico, tomando como referência os dados da estação fluviométrica projeto Rio Formoso (26750000) instalada no rio que dá nome a estação, dispondo de 15 anos de dados diários, levou-se em consideração o ano hidrológico com período de 12 meses iniciando com os eventos chuvosos. Conforme SEINF (2009) o ano hidrológico considerado para o Tocantins inicia em outubro e termina em setembro, para o estudo nessa sub-bacia os cálculos de vazão foram feitos com base no ano hidrológico. Os dados obtidos foram distribuídos em intervalos de classes, onde identificou-se a frequência de ocorrência (simples e acumulada) das vazões dentro

de cada intervalo. Visto a necessidade de se assegurar vazões mínimas, associou-se a probabilidade de ocorrência do intervalo à vazão correspondente ao seu limite inferior, construindo assim a curva de permanência. Neste estudo adotou-se número de intervalos de 50 classes. Córdova, Pinheiro & Pinheiro (2000) compararam 3 curvas construídas a partir de 50, 100 e 200 intervalos de classes e não identificaram alterações significativas na curva de permanência, sugerindo o uso de 50 classes.

Para os cálculos foram considerados todos os registros de dados diário da estação projeto rio Formoso, não excluindo os meses ou anos com falhas, visto que o principal objetivo deste trabalho foi comparar as Q₉₀ calculadas com a Q₉₀ por período calculada atualmente para o rio Formoso.

3.7 Cálculo da vazão de referência

Q₉₀

Organizou-se as vazões em ordem decrescente; os dados foram representados com distribuição intervalar por possuir um grande número de elementos, foi definida 50 classes procurando não limitar as classes de modo que não oculte as vazões, os cálculos dos intervalos de classes foram feitos pela Equação 01. O cálculo dos limites dos intervalos, Equação 2, é feito a

partir de Q_{min} adicionando o intervalo calculado na Equação 01, o que resulta na vazão superior do intervalo i. Com base nos dados de vazão da série, é determinado o número de vazões classificadas em cada intervalo, Equação 3. A determinação de f_i está associada ao limite inferior de cada intervalo.

$$\Delta x = \frac{[\ln(Q_{\max}) - \ln(Q_{\min})]}{50} \quad (01)$$

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta X] \quad (02)$$

$$f_i = \frac{Nq_i}{NT} \cdot 100 \quad (03)$$

Onde:

ΔX = cálculo dos intervalos de classe;

Q_{máx} = Vazão máxima da série;

Q_{mín} = Vazão mínima da série;

f_i = frequência relativa;

Q_i = vazões do intervalo de classe;

Nq_i = número de vazões de cada intervalo;

NT = número total de vazões;

Obteve-se a curva de permanência, plotando na ordenada os limites inferiores dos intervalos de classe de vazão e na abscissa a frequência de ocorrência. A vazão correspondente à Q₉₀ foi calculada por interpolação dos valores limites dos intervalos de classes com seus respectivos valores de frequência acumulada.

3.8 Metodologia para os diferentes critérios

A metodologia para o critério mensal, bimestral e trimestral consistiu na consideração da série completa de vazões disponíveis no período histórico de dados, analisando cada mês, bimestre e trimestre de todos os anos. Segundo Cruz & Tucci (2008) nesse tipo de análise de toda a série, os anos de maior estiagem influenciam na curva de permanência, conjecturando que a estiagem ocorreu em todo o período observado, exigindo um certo cuidado na interpretação da curva. Os cálculos para a construção da curva de permanência foram efetuados com o auxílio do software SISCAH 1.0 programa de domínio público disponível no site da ANA. Os gráficos foram plotados no software livre GnuPlot.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento das vazões está diretamente relacionado ao regime de chuvas. As propostas de vazões apresentadas neste estudo consistiram na combinação dos meses com maiores valores de vazões, separando-as dos meses que apresentaram menores valores de vazões conforme ilustrado na Figura 7. Ao

se estabelecer a vazão de referência por estação, percebe-se uma grande diferença entre a vazão de referência utilizada atualmente com a vazão de referência proposta nos testes mensais. O valor da Q_{90} por período tem se mostrado altamente restritivo, tanto no período de estiagem quanto no chuvoso, o que pode ser analisado através da Figura 05 que apresenta a diferença da vazão utilizada para outorga no período chuvoso (outubro a abril), para a vazão proposta de acordo com o comportamento das mesmas, destacando os meses que apresentam disponibilidade hídrica mais elevada. Enquanto o órgão gestor ponderou o período chuvoso de outubro a abril o presente estudo ponderou esse período de dezembro a maio por melhor corresponder aos meses de maior precipitação.

De acordo com as Figuras 05 e 07, o rio Formoso nos meses de dezembro a maio possui uma capacidade de outorga bem superior à vazão de referência utilizada pelo órgão outorgante. A vazão outorgada não apresentou muitas diferenças da vazão proposta para o período de estiagem (Figura 06), com valores de Q_{90} semelhantes.

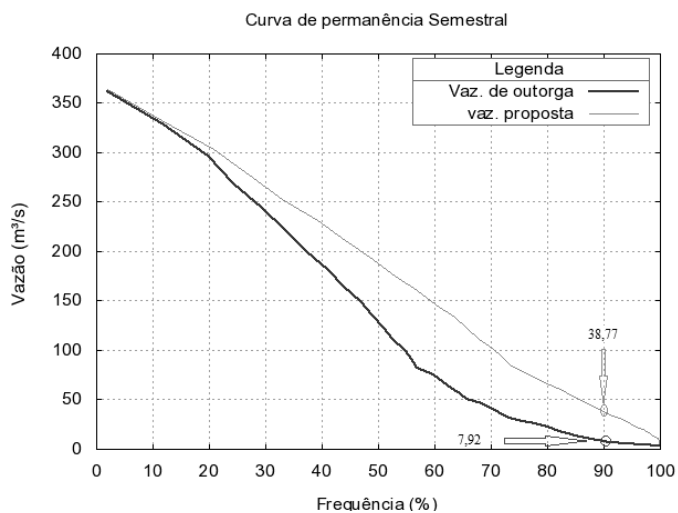


Figura 05. Vazão de referência para período chuvoso atual (out a abril) comparada com a proposta (dez a maio).

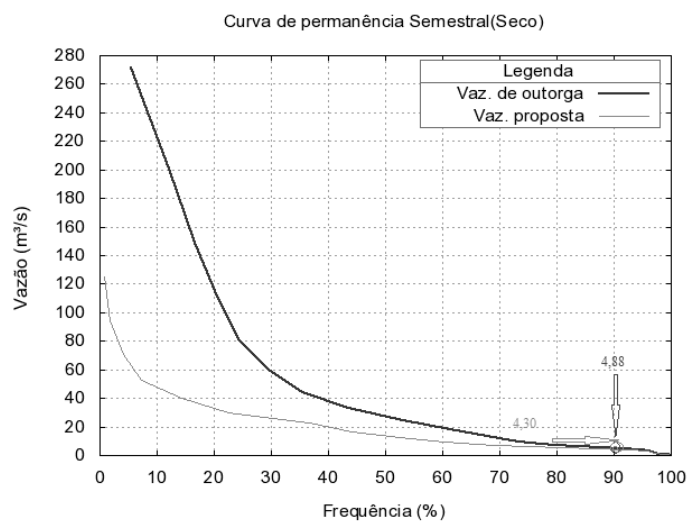


Figura 06. Vazão de outorga comparada com a vazão proposta para meses de estiagem.

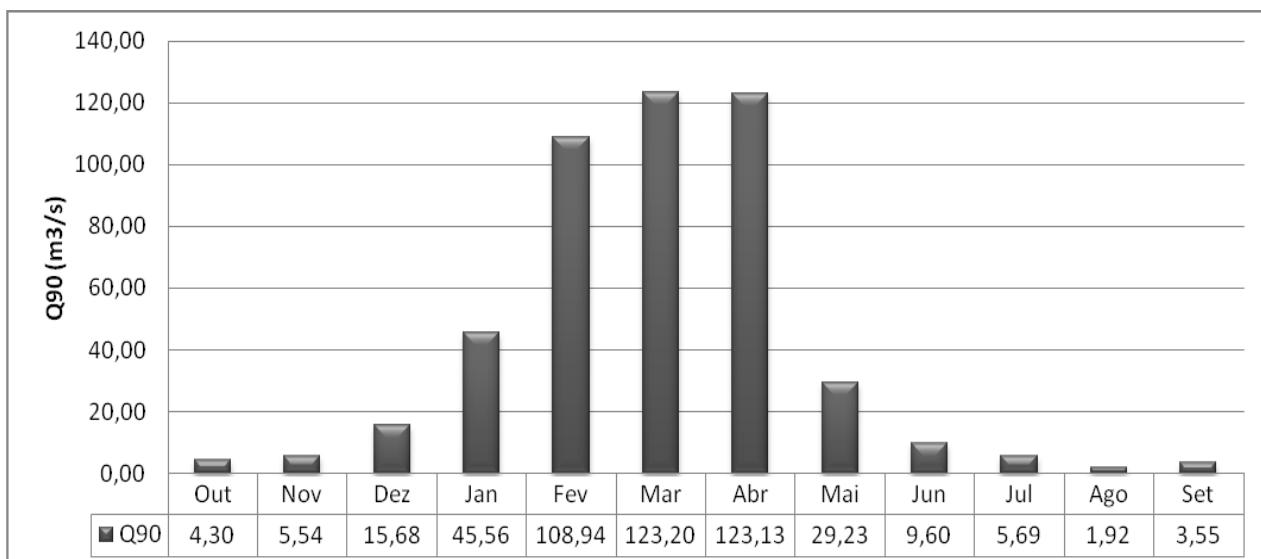


Figura 07. Comportamento das Q₉₀ mensais.

Assim como o que foi observado no comportamento das vazões mensais (Figura 07) o comportamento das vazões bimestrais (Figura 08) e trimestrais apresentaram valores de vazões semelhantes. Analisando o comportamento dessas vazões, pode-se afirmar o que tem sido ressaltado nas figuras anteriores, em que o rio nos períodos de transição de

chuvoso para o período de estiagem apresenta maiores valores de vazão, e conseqüentemente maiores restrições de outorga. Enquanto que a transição do período de estiagem para o chuvoso demonstra, principalmente nos meses críticos julho e agosto, a excedência da capacidade do rio, evidenciando assim o extremo (máximo e mínimo) da adoção da vazão de referência por período.

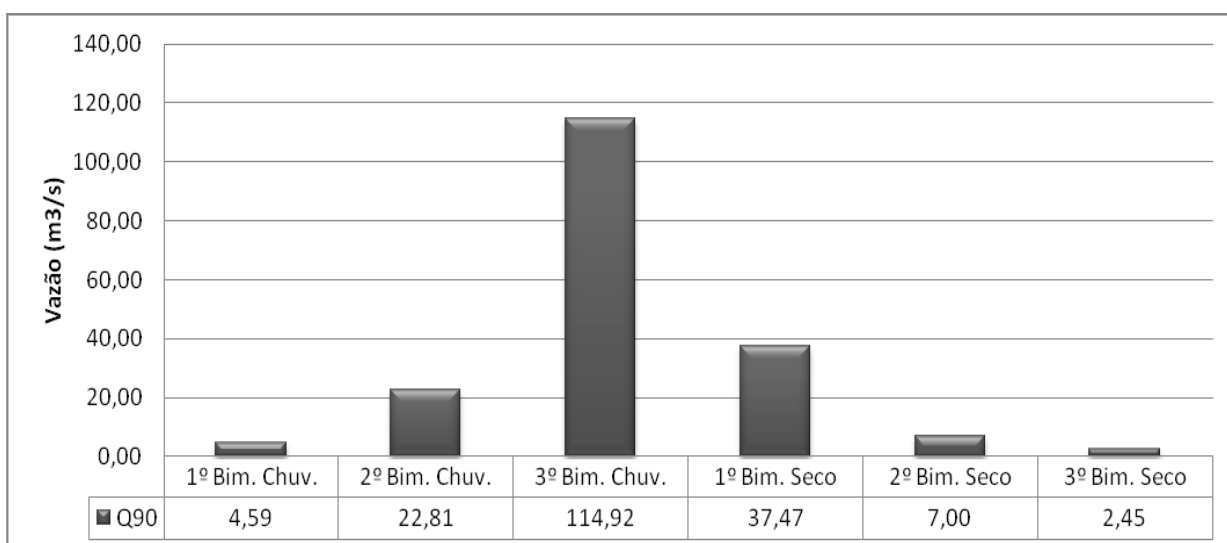


Figura 08. Comportamento das Q₉₀ bimestrais.

Buscando atenuar os problemas oriundos da adoção da vazão de referência por período na bacia do rio formoso, optou-se por fazer uma combinação de bimestres e trimestres, selecionando os bimestres de acordo com os valores de vazão, assim como ilustrado na Figura 09, com base nessa figura percebe-se o quanto a Q_{90} por período é restritiva. Enquanto a Q_{90} para período chuvoso utilizada nos processos de outorga apresentou $7,92 \text{ m}^3/\text{s}$ a Q_{90} proposta apresentou $38,77 \text{ m}^3/\text{s}$.

A adoção da vazão de referência é de suma importância para os processos de outorga, e para a bacia do rio Formoso se torna mais significativa ainda, uma vez que a região a qual a bacia está situada é um dos grandes polos agrícolas do estado responsável por aproximadamente 52% da economia estadual.

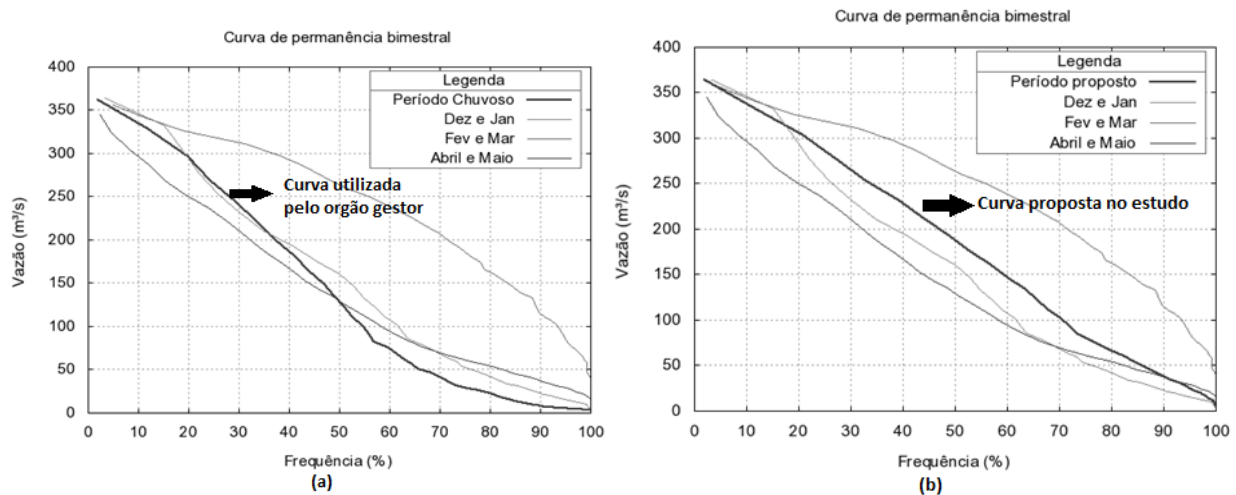


Figura 09. Comparação das vazões bimestrais no período chuvoso: a) curva de permanência utilizada pelo órgão gestor (NATURATINS) e curvas de permanência bimestrais; b) curva de permanência propostas e curvas de permanência bimestrais.

A vazão de referência para período de estiagem comparada com a vazão proposta apresentou valores de vazões semelhantes. Comparando os bimestres propostos com os dois valores de vazões

(vazão outorgada e vazão proposta para período de estiagem) percebe-se que tanto a vazão outorgada pelo órgão gestor quanto a vazão proposta neste estudo são restritivas em alguns bimestres (Figura 10).

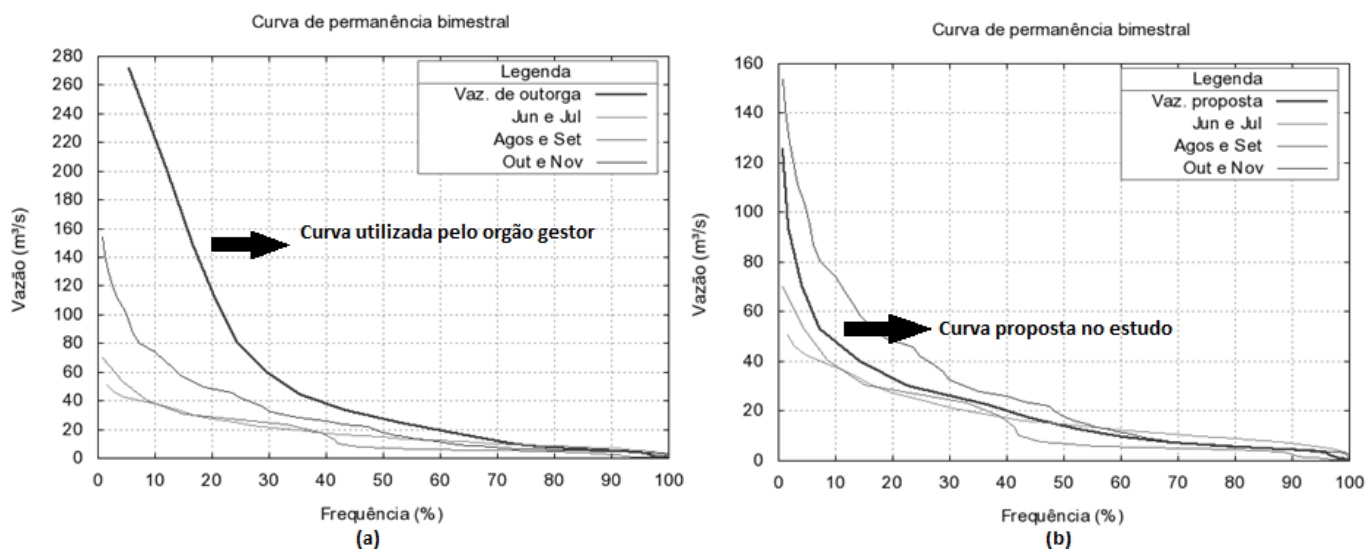


Figura 10. Comparação das vazões bimestrais no período de seca: a) curva de permanência utilizada pelo órgão gestor (NATURATINS) e curvas de permanência bimestrais; b) curva de permanência propostas e curvas de permanência bimestrais.

As propostas de vazões bimestrais, trimestrais e por período apresentadas neste estudo retratam mais a realidade do rio, do que a vazão outorgada atualmente, onde a vazão de outorga por período (estiagem e chuvoso) utilizada pelo órgão gestor, não se ajustou às vazões em nenhum dos testes, enquanto a vazão proposta demonstrou uma menor variação de vazão de acordo com o regime de chuvas, esse ajuste da vazão proposta por

período pode ser visualizado nas Figura 11 e 12. Tendo em vista os resultados propostos obtidos, e comparando-os com a Q_{90} por semestre outorgada no estado, percebe-se que a vazão de referência utilizada para outorga de uso da água na bacia do rio Formoso, não se ajusta às demandas, limitando consideravelmente as outorgas em alguns períodos.

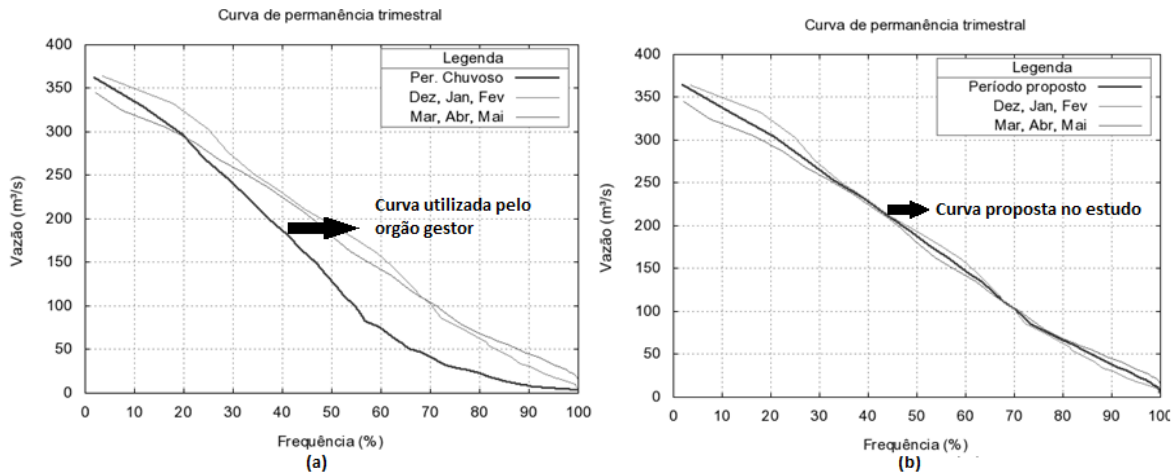


Figura 11. Comparação das vazões trimestrais no período chuvoso: a) curva de permanência utilizada pelo órgão gestor (NATURATINS) e curvas de permanência trimestrais; b) curva de permanência propostas e curvas de permanência trimestrais.

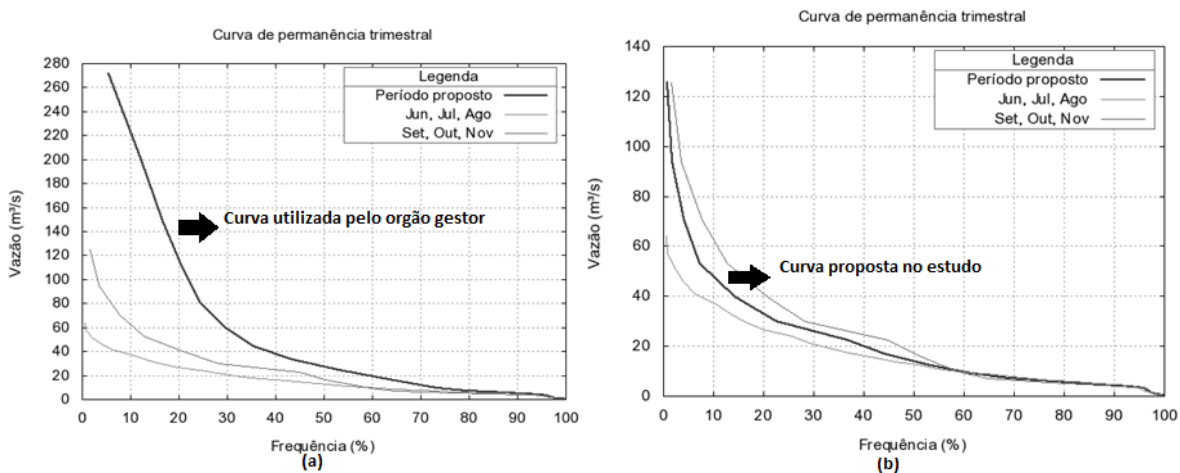


Figura 12. Comparação das vazões trimestrais no período de seca: a) curva de permanência utilizada pelo órgão gestor (NATURATINS) e curvas de permanência trimestrais; b) curva de permanência propostas e curvas de permanência trimestrais.

5. CONCLUSÃO

Observou-se que a adoção da vazão de referência sazonal restringe as outorgas de uso da água na maior parte do tempo, pois a Q_{90} utilizada no período chuvoso nos processos de outorga apresentou 7,92 m³/s enquanto a proposta pelo estudo é de 38,77 m³/s. Essa restrição exagerada pode

estar influenciando tanto na economia municipal quanto na estadual. Foi verificado que o rio possui uma maior capacidade de outorga em certos meses do ano, que se acentua principalmente entre os meses de dezembro a maio, essa excedência na disponibilidade hídrica não tem sido repassada aos usuários.

As Q_{90} para período de estiagem e chuvoso não se ajustou a nenhum dos valores dos testes realizados, restringindo ou excedendo em todos os testes. A adoção da vazão por período como referência para outorga em período de estiagem pode estar comprometendo o rio, extrapolando a capacidade de disponibilidade hídrica nos meses de julho e agosto.

As vazões bimestrais e trimestrais comparadas com a vazão por período apresentaram comportamento semelhante, com vazões excedentes no início do período de estiagem e restritivas no início do período chuvoso. Comparando as vazões trimestrais com a por período, observou-se que nos meses de transição de períodos é evidente a restrição de outorga. No segundo trimestre chuvoso e primeiro sem chuvas há um valor bem superior à vazão sazonal.

Com este trabalho concluiu-se que a adoção do período mensal como referencial para outorga é o mais adequado, por apresentar as características intrínsecas das vazões de cada mês. Não limitando as outorgas em tempos que o rio possui uma maior capacidade de disponibilidade hídrica. Outra importante consideração verificada aqui é que não se deve considerar a duração do período seco e chuvoso com a mesma duração, ou seja, de seis meses por ano, verifica-se que o

período seco se prolonga em média por sete meses e não seis, o que faz com que o período chuvoso tenha em média cinco meses de duração. O período chuvoso iria de janeiro a maio e o seco de junho a dezembro, considerando os dados de vazão utilizados para este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ANA, Agencia Nacional de Águas. **Rede meteorológica nacional – Estações fluviométricas do Tocantins**. Mapa-51 Tocantins, 2000.
- ANA, Agencia Nacional de Águas. **Rede meteorológica nacional - atual – Fluviometria**. Mapa-54 Tocantins, 2002.
- ANA, Agencia Nacional de Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>. Acesso em 06 Mar. 2012.
- ASANUMA, O. K. **Termos empregados em Gestão de Recursos Hídricos pela SEPLANTEC / SRH**. Sergipe. 2001.
- AZEVEDO, A. A. (Coordenador de recursos hídricos). **Entrevista concedida a Franciane Reis**. 4 jun. 2010.
- BRAGA, B. P. F. FLECHA, R. PENA, D. S. KELMAN, J. **Pacto Federativo e Gestão de Águas**. Estud. av. vol.22. n. 63. São Paulo. 2008.
- BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso

- XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 8 Jan. 1997.
- BRASIL. Resolução do CONAMA nº 357 de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.
- CAMARA, A. C. F. C. **Análise da Vazão Máxima Outorgável e da Introdução Simplificada da Qualidade da Água no Processo de Outorga da Bacia do Rio Gramame (PB)**. Porto Alegre, 2003. 19 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CÓRDOVA, R. N. PINHEIRO, A. PINHEIRO, I. G. **Regionalização da curva de permanência com base para o gerenciamento da bacia do Itajaí**. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Porto Alegre, p 1-7. 2000.
- CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Porto Alegre, 2001. 199 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CRUZ, J. C. TUCCI, C. M. E. **Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência**. RBRH, vol 13, n1, 111-114. Jan/Mar. 2008.
- CRUZ, M. **É preciso avaliar a série histórica de vazões na bacia do rio Japarutuba**. Jornal Agrosoft. 2009.
- DINIZ, L. T. et al. **Integração da estação de água e o enquadramento**. In: Workshop sobre gestão estratégica de recursos hídricos. Anais. 1 disco compacto: digital. Parceria Brasileira pela água. Brasília, 2006.
- FREITAS, M. A.V (Org.). **Estado das águas no Brasil 2001 – 2002**. Brasília: Agencia Nacional de Águas. p.287-288. 2003.
- IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Glossário de Termos: Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Belo Horizonte, 2008.
- LANNA, A. E. **Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso no Estado do Tocantins**. 1 disco compacto. SDP Nº 002/GOP-SEPLAN. Estado do Tocantins. 2006.
- MARQUES, F. A.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. **AQUORA – Sistema Multi-Usuário para Gestão de Recursos Hídricos**. v.14, n. 4, 51-69, 2009.
- MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência**. São Paulo, 2007. 189 p. Dissertação de (Mestrado em Recursos Hídricos). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- NUNES, A. S. O. (Coordenadora de outorga do NATURATINS) **Entrevista concedida a Franciane Reis**. 19 Mar. 2010.
- OLIVEIRA, F. A. **Procedimentos para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de casos da bacia do rio grande**. Viçosa-MG, 2008. 106P p. Dissertação (Mestrado

- Recursos Hídricos). Universidade Federal de Viçosa.
- QUIRINO, F. **Encontro Regional Discute Plano da Bacia do Rio Formoso**. Palmas. Secretaria da comunicação – SECON, 24 de outubro 2007. Disponível em: <<http://secom.to.gov.br/noticia/encontro-regional-discute-plano-da-bacia-do-rio-formoso/16328>>. Acesso em: 10 Mar. 2012.
- RIBEIRO, M. M. R. RIBEIRO, M, A. **Gestão de recursos hídricos: outorga pelo uso da água**. 19 diap.: color.; 6,4 x 4,8 cm. 2010.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos, Suprema, 1998, 840.
- SANTOS, A. B. RABELO, R. R. **Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins**. EMBRAPA Arroz e Feijão. Nov. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/index.htm>>. Acesso em 01 jan.2012.
- SEINF, Secretaria de Recursos da Infra Estrutura. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Tocantins**. Palmas, Tocantins, 2009, 251p.
- SEPLAN, Secretaria de Planejamento. **Anuário Estatístico do Estado do Tocantins**. Palmas, Tocantins, 2009, 878p.
- SETTI, A. A. LIMA, Jorge, E. F. W. CHAVES, Adriana, G. M. PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª ed. Brasília. ANEEL, 2001.
- SILVA, A. M. OLIVEIRA, P. M. MELLO, C. R. PIERANGELI, C. **Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais**. RBEA. v.10, n.2, p.374–380, 2006.
- SILVA, L. M. C. Outorga de direito de uso dos recursos hídricos: Uma das possíveis abordagens. *In*: MACHADO, C. J. S. **Gestão de Águas Doces**. Rio de Janeiro: Interciência, 135-178p. 2004.
- SILVA, B. C. Regionalização de vazões da bacia do Rio Grande. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, X4, 2003, Curitiba. **Desafios à gestão da água no limiar do século XXI**.
- SRHMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso – PBH Rio Formoso, no Estado do Tocantins**. Palmas, Tocantins, 2007, 70p.
- TOCANTINS. Decreto de lei Nº 2.432 06 de junho de 2005. Regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos de que dispõem os artigos 8º, 9º e 10 da Lei 1.307, de 22 de março de 2002. **Diário Oficial do Estado do Tocantins**. Palmas. 06 jun. 2005.
- TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil**. Global Water Partnership. 2004.