

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS HIDROLÓGICOS PARA A DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA NO RIO MEIA PONTE, GOIÁS.

Duane Izabel Barbosa^{1*} & Aline de Arvelos Salgado² & Saulo Bruno Silveira e Souza³ & Kamila Almeida dos Santos⁴ & Klebber Teodomiro Martins Formiga⁵

Resumo – Na busca pela manutenção da integridade dos recursos hídricos e pelo equilíbrio entre demandas de alocação de água e a conservação ambiental, faz-se necessário o estabelecimento de vazões ecológicas que estejam relacionadas diretamente com o ecossistema em estudo. Este trabalho tem como objetivo comparar os métodos hidrológicos $Q_{7,10}$, Curva de Permanência de Vazões e Tennant para a determinação da vazão ecológica em 06 trechos da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, Goiás. Os resultados mostram que dentre os métodos hidrológicos utilizados, o método $Q_{7,10}$ apresentou os menores valores de vazão em todas as estações fluviométricas. Em geral, os métodos hidrológicos, embora muito utilizados, estabelecem apenas vazões ecológicas constantes que devem ser mantidas no rio durante as épocas de estiagem e, estudos recentes mostram que é necessário vazões ecológicas variáveis que contemplem não apenas as situações de vazões mínimas durante períodos de estiagem, mas também os outros períodos que caracterizam o regime hidrológico.

Palavras-Chave – $Q_{7,10}$; Curva de Permanência de Vazões; Tennant

COMPARISON BETWEEN HYDROLOGIC METHODS FOR DETERMINING INSTREAM FLOW IN RIVER MEIA PONTE, GOIÁS.

Abstract – In the quest for maintaining the integrity of water resources and the balance between demands for water allocation and environmental conservation, it is necessary to establish instream flows that are directly related to the ecosystem under study. This study aims to compare the hydrologic methods $Q_{7,10}$, Curve Flows Permanence and Tennant for determining instream flow in 06 stretches of river basin Meia Ponte, Goiás. The results show that among the hydrologic methods used, method $Q_{7,10}$ showed the lowest flow values in all gauged stations. In general, hydrologic methods, although widely used, only set instream flows constants that must be maintained in the river during times of drought, and recent studies show that it is necessary instream flows variables that include not only situations of minimum flows during periods of drought, but also other periods that characterize the hydrological regime

Keywords – $Q_{7,10}$; Curve Flows Permanence; Tennant

INTRODUÇÃO

As necessidades de água dos seres humanos e dos ecossistemas aquáticos são comumente vistas como concorrentes entre si (Richter *et al.*, 2003), fato este que gera inúmeros conflitos entre a proteção dos ecossistemas fluviais e a crescente demanda para a captação de água destinada à diferentes usos (UNESCO, 2007). Estes conflitos têm se tornado cada vez mais complicados devido

^{1*} Universidade Federal de Goiás: duaneizabel@gmail.com

² Universidade Federal de Goiás:alinearvelos@hotmail.com.

³ Universidade Federal de Goiás:saulobruno@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Goiás:kamilas.geo@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Goiás: klebber.formiga@gmail.com

ao crescente reconhecimento dos ecossistemas aquáticos como legítimos usuários dos recursos hídricos (Naiman *et al.*, 2002; Postel & Richter, 2003; Arthington *et al.*, 2006).

Na busca pela manutenção da integridade dos recursos hídricos e pelo equilíbrio entre demandas de alocação de água e a conservação ambiental, faz-se necessário o estabelecimento de vazões ecológicas que estejam relacionadas diretamente com o ecossistema em estudo. Conforme Benetti, Lanna & Cobalchini (2003) estas vazões são definidas através de valores numéricos que representam a quantidade de água que permanece no leito do rio depois de retiradas para atender usos externos, tais como abastecimento público, industrial, irrigação e produção de energia elétrica.

Os métodos de determinação de vazão ecológica têm sido classificados em várias categorias, refletindo a variação da complexidade na sua aplicação (UNESCO, 2007). Uma revisão global realizada por Tharme (2003) acerca da presente situação dos métodos utilizados para determinação de vazões ecológicas revelou a existência de aproximadamente 207 métodos, distribuídos em 44 países, podendo estes métodos ser divididos em 04 categorias: métodos hidrológicos, métodos hidráulicos, métodos de simulação de habitats e métodos holísticos (Tharme, 2003 Benetti, Lanna & Cobalchini, 2003; Collischonn *et al.*, 2005; Arthington *et al.*, 2006; Reis, 2007; UNESCO, 2007; Okawa, 2009).

Segundo Acreman & Dunbar (2004), a escolha do melhor método ou do mais apropriado não pode ser realizada de qualquer maneira e os pesquisadores devem estar cientes de que têm, ainda, o desafio de adaptar estes métodos ao ambiente nativo, ou seja, à realidade do local de estudo (Benetti, Lanna & Cobalchini, 2004).

De acordo com Poff *et al.* (2003), é preciso determinar, de forma mais clara e precisa, a quantidade de água necessária à manutenção dos ecossistemas aquáticos para orientar a formulação de políticas de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos com ações voltadas ao equilíbrio entre as demandas humanas e ecológicas. Desta forma, com o estabelecimento da vazão ecológica para trechos da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, será possível projetar e implementar programas de gerenciamento que armazenem e derivem a água para propósitos humanos, de maneira que não cause degradação aos ecossistemas aquáticos.

Este trabalho tem como objetivo comparar os métodos hidrológicos $Q_{7,10}$, Curva de Permanência de Vazões e Tennant para a determinação da vazão ecológica em 06 trechos da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foi selecionada a bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, localizada do Estado de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil. A área territorial desta bacia corresponde a 3,6% do Estado, onde estão inseridos 38 municípios e onde se concentra 48% da população goiana (Veiga *et al.*, 2011). A bacia hidrográfica do rio Meia Ponte faz parte do complexo hidrográfico da bacia do rio Paraná e abrange uma área de aproximadamente 12.180 km², percorrendo 415 km até desaguar no Rio Paranaíba pela margem direita (Carvalho & Siqueira, 2011).

Dentre os métodos hidrológicos, os quais utilizam dados históricos, como séries temporais de vazões diárias ou mensais, para fazer recomendações sobre vazão ecológica, foram selecionados para este trabalho os métodos de $Q_{7,10}$, método da curva de permanência de vazões e Tennant.

O método $Q_{7,10}$ recomenda vazões ecológicas baseado em uma série histórica de valores de vazão, mais especificamente a vazão mínima que se observa durante 7 dias consecutivos, para um período de retorno de 10 anos. Neste trabalho, utilizou-se na determinação de $Q_{7,10}$ a distribuição de Weibull e Log-normal. Já o método da curva de permanência utiliza valores da curva de permanência para estabelecer vazões ecológicas em uma base mensal ou anual (Benetti, Lanna & Cobalchini, 2003). Conforme Okawa (2009), geralmente adota-se como vazão ecológica a $Q_{90\%}$ ou a $Q_{95\%}$ ou ainda percentagens destas vazões.

O método de Tennant, também conhecido como método de Montana, foi desenvolvido por Donald Tennant, biólogo pesqueiro, em 1976 por meio de observações e medições de campo (Mann, 2006). Tennant, a partir de observações realizadas durante 10 anos, relacionou vazões e habitats nos estados de Montana, Nebraska e Wyoming nos Estados Unidos (Benetti, Lanna & Cobalchini, 2003; Okawa, 2009). Segundo Reis (2007), este método consiste basicamente: (a) determinação da vazão média anual no local de estudo; (b) observações em campo para levantamento das características do trecho para vazões de aproximadamente 10%, 30% e 60% da vazão média anual e; (c) elaboração de um quadro de recomendações de vazão ecológica, de acordo com o ambiente que se deseja preservar (Tabela 1).

Tabela 1: Regimes de vazão recomendados pelo método de Tennant para peixes, vida aquática e recreação (Tennant, 1976).

Condição do rio	Vazão recomendada (% da vazão média anual)	
	Outubro – Março (seco)	Abril – Setembro (chuvoso)
Lavagem ou máxima	200%	
Faixa ótima	60% a 100%	
Excepcional	40%	60%
Excelente	30%	50%
Boa	20%	40%
Regular ou com degradação	10%	30%
Má ou mínima	10%	10%
Faixa de degradação elevada	0% a 10%	

De acordo com Tennant (1976), 10% da vazão média anual é a vazão mínima recomendada para sustentar a curto prazo uma pequena condição de habitat para a maioria das formas de vida, pois a largura do leito, a profundidade e a velocidade do escoamento são significativamente reduzidas, a temperatura da água pode subir tornando-se um fator limitante para algumas espécies. Uma vazão correspondente a 30% da vazão média anual mantém uma boa qualidade de habitat. A largura do leito, a profundidade e a velocidade do escoamento, bem como a temperatura, são mantidos em níveis satisfatórios para a maior parte das espécies. Já uma vazão correspondente entre 60% a 100% promove uma excelente condição de habitat para a maioria das formas de vida aquática durante seus primeiros períodos de crescimento e para a maioria dos usos recreacionais (Tennant, 1976; Reis, 2007; UNESCO, 2007).

Dentro da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, foram selecionados 06 pontos de estudo (Figuras 1) por apresentarem a existência de longos históricos de vazões consistidas e facilidade de acesso ao local. Para os pontos selecionados realizaram-se levantamentos das informações existentes nos postos fluviométricos da Agência Nacional das Águas (ANA, 2012) instaladas na bacia, utilizando o Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da ANA. De posse dos dados,

realizou-se as análises e os cálculos necessários para a determinação das vazões ecológicas requeridas pelos métodos $Q_{7,10}$, curva de permanência de vazões e Tennant.

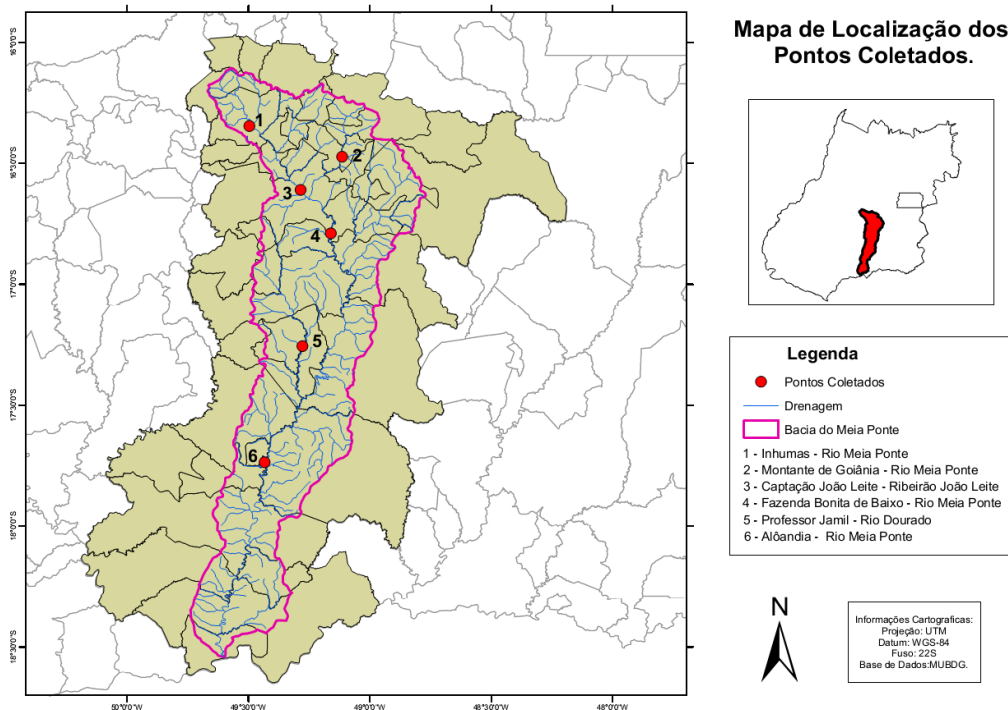


Figura 1: Mapa de localização dos pontos de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação do método $Q_{7,10}$ foram utilizados os dados diários das estações fluviométricas ajustados para as distribuições de Weibull e Log-normal. Os valores de vazão ecológica resultantes da aplicação do método $Q_{7,10}$ para cada estação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de vazão ecológica resultantes do método $Q_{7,10}$.

Estação	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	
	Distribuição de Weibull	Distribuição Log-normal
Inhumas	1,25	1,46
Montante de Goiânia	3,25	3,38
Fazenda Bonita de Baixo	15,01	16,06
Aloândia	22,49	27,76
Captação João Leite	1,44	1,60
Professor Jamil	2,78	3,16

Os valores de vazão ecológica, tanto para a distribuição de Weibull quanto para Log-normal, nas estações de Inhumas até Aloândia, localizadas no rio Meia Ponte, vão aumentando. De fato, quanto mais próximo da foz, maiores são os valores de vazão e, conseqüentemente, maiores são os valores de vazões ecológicas requeridos.

A Figura 2 apresenta as curvas de permanência calculadas a partir dos dados diários das estações fluviométricas de acordo o critério da série toda. Visando maior facilidade de leitura das vazões menores, o gráfico foi elaborado em escala logarítmica.

Pode-se observar que, conforme dito por Cruz & Tucci (2008), os valores de permanências maiores apontam para vazões menores e, portanto, com menor risco. Segundo os autores supracitados, isso ocorre porque, no seu ramo inferior, encontram-se os menores valores de toda a série, agrupando todas as ocorrências de estiagens em um mesmo conjunto, sendo que, próximo a 100%, o valor empírico é o menor valor de toda a série.

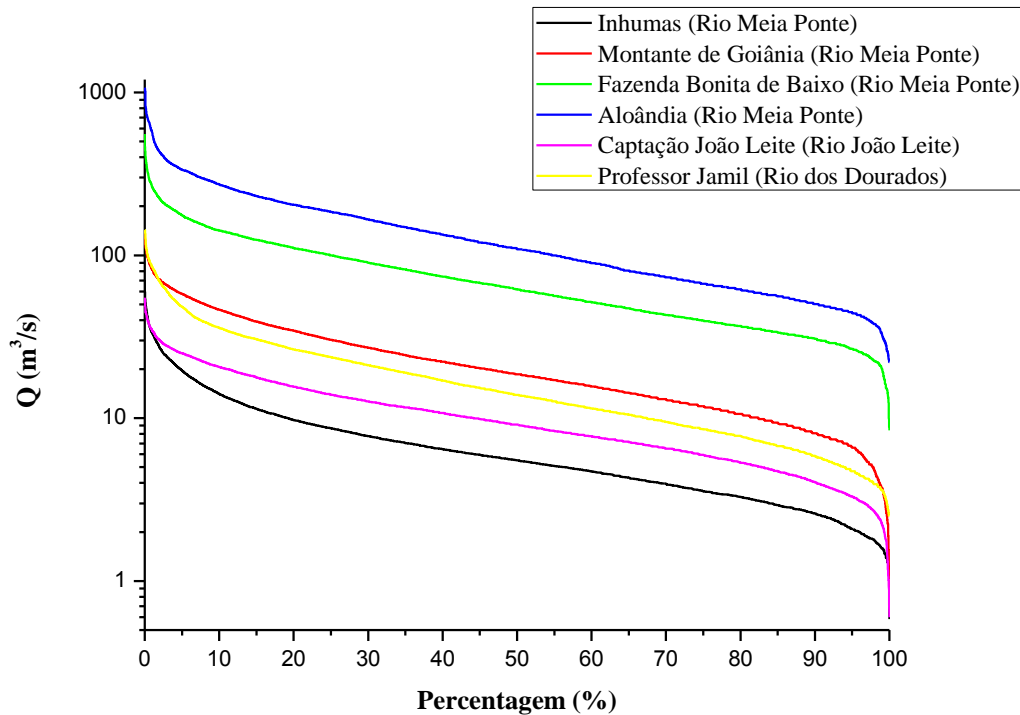


Figura 2: Curvas de permanência dos trechos de estudo.

De acordo com Okawa (2009), geralmente adota-se como vazão ecológica a $Q_{90\%}$ ou a $Q_{95\%}$ ou ainda percentagens destas vazões, o que comumente resulta em valores baixos para a manutenção do ecossistema aquático. A Tabela 3 mostra valores das vazões ecológicas obtidos para as estações fluviométricas, de acordo com $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$.

Tendo como base os cálculos das vazões médias anuais para cada ponto de estudo e as percentagens das vazões médias anuais recomendadas pelo método Tennant, calculou-se os valores de vazão ecológica, para cada ponto, conforme este método.

Segundo Tennant (1976), uma vazão correspondente a 30% da vazão média anual mantém uma boa qualidade de habitat. Valores superiores a 30% da vazão média anual são considerados satisfatórios no que tange a profundidade, largura e velocidade de escoamento (Paulo, 2007). Sendo assim, como vazões ecológicas pelo método de Tennant tem-se os valores de vazões para as condições excelentes do rio durante o período seco (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de vazão ecológica $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ e Tennant.

Estação	$Q_{90\%}$ (m ³ /s)	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)	Q Tennant (m ³ /s)
Inhumas	2,60	2,09	2,20
Montante de Goiânia	8,08	6,57	7,06
Fazenda Bonita de Baixo	30,70	26,70	23,15
Aloândia	50,30	44,30	42,50
Captação João Leite	4,07	3,31	3,28
Professor Jamil	5,88	4,73	5,61

CONCLUSÕES

Dentre os métodos hidrológicos utilizados, verificou-se que o método $Q_{7,10}$ apresentou os menores valores de vazão em todas as estações fluviométricas. Este método é bastante utilizado, porém, de acordo com Stalnaker *et al.* (1995) as vazões obtidas são consideradas como sendo baixas para a manutenção de habitats aquáticos, refletindo uma situação de severa escassez (Okawa, 2009).

O método da curva de permanência de vazões, juntamente com o método $Q_{7,10}$, é o mais utilizado no Brasil para recomendações de vazões ecológicas, principalmente na região norte e nordeste (Farias Júnior, 2006). No Estado de Goiás a vazão ecológica utilizada é a $Q_{95\%}$.

O método de Tennant, de acordo com Reis (2007), por apresentar faixas de vazões diferentes para o período seco e para o período chuvoso, considerando a sazonalidade das vazões, tem uma melhor representatividade do ecossistema. Por ser um método desenvolvido para rios do Estados Unidos, sugere-se maiores estudos para adaptá-lo à realidade de cada bacia hidrográfica.

Em geral, os métodos hidrológicos, embora muito utilizados, estabelecem apenas vazões ecológicas constantes que devem ser mantidas no rio durante as épocas de estiagem. Porém, estudos mais recentes verificaram que um valor único de vazão mínima não é suficiente para manter as condições naturais pré-existentes a jusante de um importante uso de água (Poff *et al.*, 1997; Richter *et al.* 2003; Souza *et al.*, 2004; Collischonn *et al.*, 2006).

A quantidade de água necessária para dar sustentabilidade ecológica a um rio é variável no tempo, e os critérios para a definição de vazões remanescentes nos rios devem contemplar não apenas as situações de vazões mínimas durante períodos de estiagem, mas também os outros períodos que caracterizam o regime hidrológico (Collischonn *et al.*, 2006).

REFERÊNCIAS

ACREMAN, M.C.; DUNBAR, M.J. Defining environmental river flow requirements – a review. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 8, n° 1, p. 861-876, 2004.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>, 2012.

- ARTHINGTON, A.H.; BUNN, S.E.; POFF, N.L.; NAIMAN, R.J. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. **Ecological Applications**, v. 16, nº 4, p. 1311-1318, 2006.
- BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, nº 2, p.149-160, 2003.
- BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. Current practices for establishing environmental flow in Brazil. **River Research and Application**, v. 20, p. 427-444, 2004.
- CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, E.Q.; Qualidade da água do rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia – Goiás. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, nº 2, p. 19-33, 2011.
- COLLISCHONN, W.; ANGRA, S.G.; FREITAS, G.K.; PRIANTE, G.R.; TASSI, R.; SOUZA, C.C. Em busca do hidrograma ecológico. In **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. ABRH. João Pessoa- PB, 2005.
- COLLISCHONN, W. ; AGRA, S. G. ; SOUZA, C. F. ; TASSI, R. ; FREITAS, G. K. ; PRIANTE, G. R. Da vazão ecológica ao hidrograma ecológico. In: **Anais do VIII Congresso da Água da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos**. Lisboa - Portugal, 2006.
- CRUZ, J.C.; TUCCI, C.E.M. Estimativa de disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, nº 1, p. 111-124, 2008.
- FARIAS JÚNIOR, J.E.F. **Análise das metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica. Estudo de caso: Rio Coruripe/AL e Rio Solimões/AM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- MANN, J.L. Instream flow methodologies: **an evaluation of the Tennant Method for higher gradient stream in the National Forest System Lands in the western U.S.** Thesis (Master of Science) – Colorado State University, Colorado, U.S., 2006.
- NAIMAN, R.J.; BUNN, S.E.; NILSSOM, C.; PETTS, G.E.; PINAY, G.; THOMPSON, L.C. Legitimizing fluvial ecosystems as users of water: an overview. **Environmental Management**, v. 30, p. 455-467, 2002.
- OKAWA, C.M.P. Em busca do hidrograma ecológico para a planície de inundação do alto rio Paraná: **considerações iniciais**. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, São Paulo, 2009.
- PAULO, R.G.F. Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: **destaque para a aplicação do método do perímetro molhado no caso de Capim Branco I**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais), 114p. 2007.

POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; BAIN, M.B.; KARR, J.R.; PRESTEGAARD, K.L.; RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E.; STROMBERG, J.C. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, v. 47, n°. 11, p. 769 – 784, 1997.

POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; PALMER, M.A.; HART, D.D.; RICHTER, B.D.; ARTHINGTON, A.N.; ROGERS, K.H.; MEYER, J.L.; STANFORD, J.A. River flows and water wars: emerging science for environmental decision making. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1, p. 298 – 306, 2003.

POSTEL, S.; RICHTER, B.D. **Rivers for life: managing water for people and nature**. Island Press ed.. Washington, D.C., Estados Unidos, 253p., 2003.

REIS, A.A. **Estudo Comparativo, aplicação e definição de metodologias apropriadas para a determinação da vazão ecológica na bacia do rio Pará, em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

RICHTER, B.D.; MATHEWS, R.; HARRISON, D.L.; WIGINGTON, R. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. **Ecological Applications**, v. 13, n° 1, p. 206-224, 2003.

SOUZA, C. F.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; GIACOMINI, M. H. Vazão ecológica constante vs. Vazão Ecológica Variável. In: **Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. São Luis-MA, 2004.

STALNAKER, C.; LAMB, B.L.; HENRUKSEN, J.; BOVEE, K.; BARTHOLOW, J. **The instream flow incremental methodology. A primer for IFIM**. U.S. Department of Interior. National Biological Service, Washington, D.C, 1995.

TENNANT, D.L. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. **Fisheries**, v. 1, n° 4, p. 6-10, 1976.

THARME, R.E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. **River Research and Applications**, v. 19, p. 397-442, 2003.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo**. Relatório. Coordenação: R. Sarmento. 2007.

VEIGA, A. M.; CARDOSO, M.R.D. ; LINO, N. Caracterização Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2011.