

## ESTUDO DE VAZÕES ECOLÓGICAS EM RIOS COM ÊNFASE EM METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÃO DE HABITAT

*Iara de Castro e Oliveira<sup>1\*</sup>; Hugo Alexandre Soares Guedes<sup>2</sup>; Luna Gripp Simões Alves<sup>3</sup> &  
Demetrius David da Silva<sup>4</sup>*

**Resumo** - Na tentativa de reduzir o impacto entre o aumento da demanda e a redução da oferta quali-quantitativa de recursos hídricos, tem-se utilizado alguns instrumentos de gestão como o licenciamento ambiental e a outorga pelo uso da água. Para tanto, mostra-se necessário o estabelecimento de padrões de referência que norteiem a aplicação desses procedimentos, como por exemplo, a vazão mínima de referência a ser mantida nos corpos d'água. De maneira geral, as metodologias atualmente utilizadas no Brasil para cálculo dessa vazão baseiam-se apenas em processos hidrológicos. Do ponto de vista ecológico, no entanto, os resultados obtidos por esses métodos mostram-se, em sua maioria, inadequados no que diz respeito à manutenção de vazões necessárias à preservação das funções ecossistêmicas dos sistemas hídricos, fornecendo a falsa impressão de que os ecossistemas aquáticos estão, de fato, preservados. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade de metodologias que considerem o habitat dos ecossistemas aquáticos para o estabelecimento de vazões ecológicas em rios, assim como retratar os principais métodos adotados no Brasil.

**Palavras-Chave:** Vazão ecológica, recursos hídricos, métodos de classificação de habitat.

## INSTREAM FLOW STUDY IN RIVERS WITH EMPHASIS ON HABITAT CLASSIFICATION METHODOLOGIES

**Abstract** - This study aimed to examine the applicability of methodologies for setting instream flows in rivers that consider the aquatic ecosystems habitat, as well as to portray the practices adopted in Brazil. The methods currently in use to estimate instream flows nationwide, according to state and federal legislation, are hydrological methods. However, there is a tendency to use the habitat classification methodologies instead, as the hydrological ones are proving to be ineffective on keeping the aquatic ecosystems in balance. Since studies applying habitat classification methods are still very scarce in the national scientific scenario, the Instream Flow Incremental Methodology – IFIM and the Water Allocation On River Attributes – WAIORA models have been used. It is important to emphasize that even though habitat classification methods require more complex data collection and analysis procedures, their use advocates the relevance of ecology concepts on lotic systems to the adoption of instream flow regimes.

**Keywords:** Instream flow; water resources, habitat classification methodologies.

<sup>1</sup> Mestranda em Engenharia Agrícola, Recursos Hídricos e Ambientais, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: iaracasoli@yahoo.com.br.

\*Autor responsável pela submissão.

<sup>2</sup> Professor Adjunto I, CEng/UFPEI, Departamento de Engenharia Civil, CEP 96010-280, Pelotas/RS. E-mail: hugo.hydro@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora substituta, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: lunagripp@yahoo.com.br.

<sup>4</sup> Professor Associado IV, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: demetrius@ufv.br.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a situação da poluição hídrica tem-se agravado devido ao aumento das cargas poluidoras urbanas e industriais, uso inadequado do solo e de insumos agrícolas, erosão hídrica,

desmatamento e mineração. Estes fatores vêm degradando os recursos hídricos e os ecossistemas aquáticos, diminuindo a disponibilidade de água para os múltiplos usos e conduzindo habitats naturais ao estresse.

A qualidade ambiental de um rio e dos ecossistemas associados a este são fortemente dependentes de seu regime hidrológico, incluindo a magnitude das vazões mínimas, médias e máximas, o tempo de duração das estiagens, o tempo de ocorrência das cheias, entre outros (Collischonn *et al.*, 2005).

A adoção de vazões de referência para uso nos procedimentos administrativos de licenciamento ambiental e concessão de outorga no Brasil tem sido feita principalmente através da legislação nos níveis estadual e federal (Sarmiento, 2007). Nesse contexto, o conceito de vazão ecológica tem sido equivocadamente considerado como uma vazão mínima, de valor invariável, correspondente a um percentual fixo da vazão de referência, sendo estabelecida como o limite para o total das outorgas. Do ponto de vista ecológico, no entanto, as vazões remanescentes nos rios mostram-se, em sua maioria, inferiores às vazões necessárias à preservação das funções ecossistêmicas dos mesmos, fornecendo a falsa impressão de que os ecossistemas aquáticos estão, de fato, preservados.

Em face desta realidade faz-se necessário o aprofundamento no estudo de metodologias para determinação de vazões ecológicas que de fato considerem a variabilidade dos fluxos e o sincronismo com ciclos de vida de espécies aquáticas, incluindo os usos múltiplos da água.

Assim, o presente trabalho objetivou apresentar as metodologias que consideram o habitat dos ecossistemas aquáticos para fixação de vazões ecológicas em cursos de água, assim como retratar as principais práticas adotadas no Brasil.

## CLASSIFICAÇÃO DE MÉTODOS PARA A FIXAÇÃO DE VAZÕES ECOLÓGICAS

Mundialmente, já foram identificadas mais de 200 metodologias, distribuídas em 44 países, para a avaliação de vazão ecológica (Sarmiento, 2007). Tais métodos são usualmente classificados em quatro tipos: hidrológicos, hidráulicos, de habitat e holísticos. A Tabela 1 apresenta os principais métodos de fixação de vazão ecológica utilizados no Brasil, caracterizados de acordo com a classificação supracitada (Amorim e Luz, 2007).

Tabela 1 – Grupos de métodos para a determinação de vazão ecológica

MÉTODOS			
Hidrológicos	Hidráulicos	Classificação de habitat	Holísticos
Q <sub>7,10</sub>	Perímetro Molhado	<i>Instream Flow Incremental Methodology - IFIM</i>	<i>Building Blocks Methodology - BBM</i>
Curva de permanência			
Vazões anuais mínimas de 7 dias			
Tennant (Montana)			<i>Ecologically Sustainable Water Management - ESWM</i>
Vazão aquática de base			
Mediana das vazões mensais			
Área de drenagem			

Fonte: Amorim e Luz (2007)

No Brasil, as técnicas utilizadas para a fixação de vazões de referência segundo as legislações estaduais e federais pertinentes resumem-se basicamente aos métodos hidrológicos, especificamente o método da vazão  $Q_{7,10}$  e o método da curva de permanência, em que adota-se como vazão ecológica uma fração desses valores referenciais (Reis, 2007). Tais metodologias, no entanto, revelam-se ineficazes no que diz respeito à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, pois se baseiam apenas em séries históricas e dados estatísticos, não preconizando o comportamento hidráulico do rio e sua influência nas funções ecossistêmicas do mesmo.

Deste modo, há uma tendência dos estudos hidrológicos voltarem-se para os métodos de classificação de habitats, onde o gerenciamento de recursos hídricos está diretamente relacionado à preservação de espécies aquáticas.

Segundo Reis (2007), as metodologias de classificação de habitat buscam relacionar características de um trecho de rio, como velocidade, profundidade, cobertura vegetal, substrato, oxigênio dissolvido e temperatura, com as preferências de habitat para uma ou um grupo de espécies. Procura-se, portanto, a determinação de uma vazão remanescente que seja capaz de atender as necessidades de um ecossistema aquático, consideradas as demandas de abastecimento de água e de outros usos da água.

Neste sentido, a comunidade de peixes apresenta numerosas vantagens como organismos indicadores nos programas de monitoramento biológico. Dentre estas se pode citar a disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies e sua inclusão em uma variedade de níveis tróficos (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, carnívoros). Outros indicadores, como a composição da comunidade ictiofaunística, refletem a integração das características do ambiente e, caso o ecossistema esteja sob influência de alterações ambientais, uma análise desta composição poderá revelar os fatores atuantes. Assim, a presença ou ausência de determinadas espécies, a densidade de cada uma delas, a estrutura por grupos de idade em uma dada população, as taxas de sobrevivência e mortalidade, o potencial reprodutivo e a presença de más-formações ou parasitas são boas ferramentas para se conhecer o estado de conservação da área de interesse.

Os principais métodos de classificação de habitat disponíveis na literatura especializada, bem como sua aplicação em estudos hidrológicos no Brasil, são apresentados a seguir.

## **MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE HABITAT ADOTADOS NO BRASIL**

Vários são os métodos que compõem a categoria de fixação de vazões ecológicas por classificação de habitat, entre eles o método do “*WRRRI Cover*”, método de Washington, método da Califórnia e método de Oregon (Farias Júnior, 2006). No Brasil, os métodos enquadrados nesta categoria cujas aplicações se têm registros são o *Instream Flow Incremental Methodology* – IFIM e o *Water Allocation On River Attributes* – WAIORA.

### ***Instream Flow Incremental Methodology* – IFIM**

O método IFIM, desenvolvido pelo *United States Fish and Wildlife Service*, nos E.U.A, fundamenta-se no princípio de que a distribuição dos organismos aquáticos, em particular os peixes, é determinada pelas características hidráulicas, estruturais e morfológicas dos corpos de água, como a profundidade, a velocidade, o substrato (material aluvionar) e a cobertura vegetal presente no leito e em suas margens. Cada organismo tende a selecionar, no corpo de água, as condições que lhe são mais favoráveis, correspondendo a cada variável ambiental um grau de preferência que é

proporcional à aptidão do valor da variável para a espécie, quantificada através dos Índices de Aptidão de Habitat – IAH (Pelissari, 2000).

A variável de decisão gerada pelo IFIM é a área de habitat total disponível (SPU) para as espécies piscícolas definida em função da vazão. São estimadas as alterações na área de habitat disponível para cada fase do ciclo de vida (alevino, juvenil, adulto) ou atividade particular (reprodução, alimentação, repouso), devido à alteração no regime hidrológico do corpo hídrico (Bovee *et al.*, 1998 apud Farias Júnior, 2006). As principais variáveis de habitat físico utilizadas na estimativa de tais alterações são a geomorfologia do leito, a profundidade e a velocidade do escoamento (Pelissari e Sarmento, 2003).

O *Physical Habitat Simulation System* (PHABSIM) é a ferramenta computacional do método IFIM. Seu objetivo é avaliar a relação entre a vazão e o microhabitat físico disponível no rio para as espécies alvo. O PHABSIM faz uso de dados da estrutura do canal, dados hidráulicos e os IAH (Pelissari e Sarmento, 2003).

O método IFIM foi aplicado pioneiramente no país nos rios Timbuí, em Santa Tereza (ES), e Santa Maria da Vitória, um dos grandes mananciais de abastecimento de água da Grande Vitória (ES) (Pelissari, 2000; Pelissari e Sarmento, 2003). Para este último, foram determinados três valores para a vazão ecológica a ser mantido no rio:  $0,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ,  $1,13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $7,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  para o Alto, Médio e Baixo Santa Maria, respectivamente. As espécies de peixes consideradas neste estudo foram o *Geophagus brasiliensis* (Cará), o *Astyanax taeniatus* (Piaba) e o *Hypostomus affinis* (Cascudo) (Pelissari e Sarmento, 2003). Há também registro da aplicação do método IFIM no rio Paraíba do Sul, em 2004, no estado do Rio de Janeiro (Sarmento, 2007).

Posteriormente, em 2009, o mesmo método foi utilizado em um trecho do Rio das Velhas (MG), utilizando-se o software River2D (Santos *et al.*, 2009). Neste estudo, entretanto, o método IFIM não foi utilizado para a prescrição de um regime de vazões ecológicas, mas como ferramenta direcionada a possibilidade de recuperação de habitat perdidos e revitalização do Rio das Velhas, sob a avaliação das áreas de habitat disponíveis (SPU) às espécies *Astyanax taeniatus* (Piaba) e *Brycon stramineus* (Lambari).

Os últimos trabalhos que se tem registro sobre a utilização do método IFIM para a prescrição de vazões ecológicas foram realizados na bacia hidrográfica do rio Formoso (MG), um dos principais afluentes da margem direita do rio Pomba (MG) (Gomes, 2011, Guedes, 2013). Guedes (2013) propôs regimes de vazões ecológicas mensais para dois trechos do rio Formoso visando à outorga de uso de água, avaliando o habitat disponível às espécies *Hypostomus auroguttatus* (Cascudo), *Leporinus mormyrops* (Timburé) e *Oligosarcus hepsetus* (Lambari-cachorro).

Uma das limitações para o uso da metodologia IFIM é o fato de que sua modelagem assume que os benefícios associados à produtividade píceca (ou de qualquer outro organismo aquático) é limitada estritamente pela disponibilidade de habitat físico, isto é, em função das características hidráulicas do canal, hipótese que nem sempre é verdadeira. Um dos grandes fatores de limitação da produtividade píceca é qualidade da água, devido sua composição natural ou em decorrência de atividades antrópicas (USGS, 2001).

Assim, os resultados propostos pela metodologia IFIM devem ser vistos como indicadores do potencial da população onde as condições de habitat físico sejam, de fato, as maiores limitações para a sua manutenção. A utilização da metodologia IFIM pode ser inapropriada caso se ateste o contrário, isto é, caso os demais fatores caracterizem-se como as principais restrições à manutenção das populações aquáticas de interesse em um curso de água.

### **Water Allocation On River Attributes - WAIORA**

O modelo WAIORA utiliza informações hidráulicas do curso d'água em estudo, como largura, profundidade e velocidade do fluxo, associada a parâmetros físico-químicos de qualidade da água (temperatura e concentrações de oxigênio dissolvido e amônia). Seu objetivo é estimar os efeitos da vazão remanescente no curso d'água sobre tais parâmetros, comparando-se as previsões com as limitações ecológicas impostas pelas espécies aquáticas em estudo, de modo a determinar a possibilidade de efeitos adversos neste ambiente. O modelo não determina a vazão ecológica, mas descreve a variabilidade dos elementos em análise em função da variação da vazão (Reis, 2007). É usualmente aplicado a modelagem de cursos de água que apresentam altas taxas de depleção de oxigênio dissolvido em função da elevada densidade de macrófitas e algas filamentosas (Beca, 2008).

Tal modelo foi utilizado em estudo para a determinação da vazão ecológica no Rio Pará (MG), em um trecho a jusante da PCH de Cajurú (MG) (Reis, 2007). O estudo em questão fez uso do modelo RHYHABSIM – *River Hydraulics and Habitat Simulation* (Jowett, 1999) para a calibração do modelo WAIORA e propôs um regime de vazões que melhor atendesse as necessidades da fauna aquática característica do trecho em estudo, preconizando a sazonalidade das vazões ecológicas, que é de suma importância para os peixes. Foram propostos, deste modo, dois valores de vazão ecológica:  $5,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $9,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , para os períodos seco e úmido, respectivamente. Além disso, foram propostos valores para vazões de alívio para ambos os períodos, com o objetivo de remover silte, sedimentos e outros materiais finos que se acumulam no leito do rio, fazendo uso deste mesmo modelo (Reis, 2007).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os estudos que utilizam os métodos de classificação de habitat para a fixação de vazões ecológicas são ainda bastante escassos no cenário científico brasileiro. As técnicas atualmente utilizadas para determinação de vazões supostamente ecológicas em rios resumem-se a métodos hidrológicos, principalmente o método da vazão  $Q_{7,10}$ , e o método da curva de permanência, em que equivocadamente a vazão ecológica é estabelecida como uma fração da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  ou da  $Q_{95}$ , sendo ambas destituídas de significado ecológico.

Embora os métodos de classificação de habitat requeiram processos de coleta e análise de dados mais complexos e trabalhosos, é importante enfatizar a importância do aprofundamento em estudos que reconheçam a relevância dos conceitos ecológicos de sistemas lóticos para fins de adoção de um regime de vazões ecológicas.

Neste sentido, os métodos de classificação de habitat descritos neste trabalho permitem a avaliação dos aspectos temporais e espaciais do habitat do rio como uma consequência das propostas de gestão de recursos hídricos, possibilitando a sustentabilidade do curso de água dos pontos de vista ecológico, hidrológico e econômico. A integração das dinâmicas dos ecossistemas hídricos aos estudos dos impactos ambientais causados pelos usos múltiplos da água deve garantir, portanto, vazões remanescentes ambientais necessárias à manutenção do equilíbrio entre sociedade e natureza, com múltiplos benefícios para ambas as partes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que viabilizaram a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMORIN, F. B.; LUZ, L. D. (2007). Regime de vazões ecológicas: garantia da biodiversidade fluvial. In *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Set. 2007, Belo Horizonte, MG.

BECA. (2008). *Draft Guidelines for the Selection of Methods to Determine Ecological Flows and Water Levels*. Report prepared by Beca Infrastructure Ltd for MfE. Wellington: Ministry for the Environment. Wellington, Nova Zelândia, 145 p.

COLLISCHONN, W., ANGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R.; SOUZA, C. F. (2005). Em busca do hidrograma ecológico. In *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Nov. 2005, João Pessoa, PB.

FARIAS JÚNIOR, J. E. F. (2006). *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). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 150 p.

GOMES, C. R. (2011). *Modelagem ecohidrológica usando o PHABSIM como suporte para a gestão de recursos hídricos, com foco na outorga de uso da água*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais). Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 115 p.

GUEDES, H. A. S. (2013). *Modelagem hidrodinâmica do ecossistema aquático visando à determinação do hidrograma ecológico no rio Formoso –MG*. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais). Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 186 p.

JOWETT, I.G. (1999). *RHYHABSIM – River Hydraulic and Habitat Simulation, Computer Manual*. Freshwater Fisheries Centre, Nova Zelândia, 29 p.

PELISSARI, V. B. (2000). *Vazão ecológica de rios: Estudo de caso: Rio Timbuí, Santa Teresa, ES*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Centro Tecnológico, Universidade federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 151 p.

PELISSARI, V. B. e SARMENTO, R. (2003). Vazão ecológica para o rio Santa Maria da Vitória, ES. In *Anais de 5º Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, Santa Catarina, pp. 1-13.

REIS, A. A. (2007). *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, Recursos Hídricos e Meio Ambiente). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG, 174 p.

SANTOS, H. A.; CHAVES, C.; LEAL, C. G.; POMPEU, P. S. (2009). Importância da modelagem hidrodinâmica para fins de revitalização de cursos d'água: aplicação do método PHABSIM em um trecho do rio das Velhas. In *Anais de XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Nov. 2009, Campo Grande, MS.

SARMENTO, R. *Termo de Referência para a elaboração de estudos sobre a vazão ecológica na bacia do rio São Francisco*. Edital n. 05 do ano de 2006, PROJETO 704BRA2041 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, 38 p.

USGS. United States Geological Survey. (2001). *PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises*. Midcontinent Ecological Science Center – USGS, Fort Collins, Colorado, EUA, 299 p.