

# AVALIAÇÃO ECOMORFOLÓGICA DE SEGMENTOS E TRECHOS FLUVIAIS – APLICAÇÃO DA ABORDAGEM RÁPIDA NO ALTO CURSO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS/MG, BRASIL

**Helena Lúcia Menezes Ferreira**

Depto de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto/MG, CEP 35400-000.  
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, Belo Horizonte/MG, CEP 31170-000  
(helen.ferreira@cetec.br)

**Paulo de Tarso Amorim Castro**

Depto de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
(paulo\_de\_tarso@degeo.ufop.br)

## INTRODUÇÃO

Dentre os vários agentes estressores dos ecossistemas fluviais a destruição e a degradação dos *habitats* têm relevância de destaque. Podem, em algumas situações, obscurecer as investigações dos efeitos da toxicidade e da poluição das águas (Karr *et al.*, 1986). Em outras, podem evidenciar que as abordagens adotadas na avaliação e monitoramento da qualidade das águas, embora válidas e viáveis, são fragmentadas e insuficientes para promover o uso sustentado dos recursos hídricos (Miller *et al.*, 1988, Zalewski e Robarts, 2003). Há necessidade de adoção de uma abordagem que considere de forma interativa os processos geomórficos, sedimentológicos, de qualidade físico-química e biológica das águas, para disponibilizar dados e informações mais completas à proposição e implementação de ações de manejo dos ambientes fluviais (Karr e Chu, 1999 e Barbour e Stribling, 1990).

Nesta perspectiva, insere-se o *conceito de ecomorfologia fluvial* (LUA, 1998) que abriga a abordagem dos processos geomorfológicos e sedimentológicos como condicionantes básicos da estrutura e funcionamento dos ambientes fluviais em conexão com a paisagem. Isto implica que a base dos estudos de ecologia aquática deve se alicerçar na compreensão da complexidade física dos sistemas para então agregar o conjunto de respostas mais complexas do sistema biológico e de suas relações com os fatores físico-químicos (Hidrew e Giller, 1996). Esse entendimento representa um aprimoramento do conhecimento sobre os atributos da paisagem em escala regional e local e contribui para explicar a distribuição e a diversidade biológica de rios, entre distintas regiões ecoclimáticas ou ecorregiões.

A utilização do conceito de ecomorfologia amplia o entendimento dos processos que condicionam as mudanças na qualidade das águas e, ao mesmo tempo, tende a utilizar as propriedades e os atributos do *habitat* como uma ferramenta de controle e manejo dos processos fluviais e vice-versa. O *habitat* interage a paisagem e a dinâmica dos processos e fatores geomorfológicos e sedimentológicos em níveis hierárquicos diferenciados de escala e atua como fator explicativo da biodiversidade fluvial. A ecomorfologia integra em uma entidade única a bacia de drenagem, a geomorfologia, a sedimentologia, a biota fluvial e aspectos gerais da físico-química das águas e dos sedimentos, para avaliar a integridade ecológica dos sistemas fluviais. Além disto propicia uma maior compreensão sobre a capacidade de suporte desses sistemas aos impactos antropogênicos. Incorpora diferentes níveis hierárquicos de análise que vão desde a escala mais *ampla*, representada pela região e suas bacias de drenagem, a *pontual*, representada pelos diversos atributos ecofísicos que caracterizam os *habitats* nos segmentos e trechos fluviais.

A inserção da geomorfologia e sedimentologia na avaliação e monitoramento de cursos de água têm sua aplicação prática demonstrada na reabilitação de rios de planície degradadas por meio da predição da recomposição dos *habitats* funcionais após a reconstrução física de canais. Com a finalidade de incrementar a qualidade dos *habitats* fluviais vem sendo amplamente empregada a técnica de construção artificial da seqüência de corredeiras e poços na restauração de cursos de água nos Estados Unidos como em Mississippi, Ohio, Oregon, Washington, Carolina do Norte, e Califórnia e na Europa, em especial, na Alemanha, Dinamarca e Reino Unido (Resh e Jackson, 1993; Barbour *et al.*, 1999; Harper *et al.*, 1998 e Howe, 1997).

## ABORDAGENS DA AVALIAÇÃO ECOMORFOLÓGICA

A formulação do conceito de ecomorfologia deriva dos avanços e progressos das pesquisas sobre a ecologia dos ecossistemas lóticos cujo enfoque, numa série de estágios, foi se ampliando: da zona fluvial, para o contínuo fluvial, em seguida para o sistema fluvial e o vale para finalmente considerar a bacia hidrográfica. Integra e incorpora certos princípios da ecologia de comunidades com a fronteira geomórfica para associar as escalas aproximadas de espaço e tempo em relação à sensibilidade e o restabelecimento ao distúrbio (Hidrew e Giller, 1996 e Petts e Calow, 1996). Valoriza a manipulação da estrutura dos ecótonos no conceito de manejo e restauração e implicitamente na conservação dos ecossistemas aquáticos e na manutenção de sua integridade ecológica (*manejo da zona tampão entre a conexão terra e água* - Programa MAB da UNESCO).

Em resposta à necessidade de incorporar nos programas de avaliação e monitoramento dos recursos hídricos escalas mais abrangentes, foram desenvolvidos dois tipos de abordagem para interpretar a estrutura do *habitat*. A primeira incorpora a caracterização da morfologia e das margens do canal, das estruturas físicas dos segmentos, da planície de inundação e, da dinâmica do fluxo a exemplo do Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) do USEPA e o National Water-Quality Assessment Program (NAWQA) do USGS. A segunda consiste de uma avaliação visual mais rápida, semi-quantitativa, que possibilita caracterizar, *in situ*, a qualidade física global do *habitat* nos segmentos fluviais, como a implementada pelo Departamento de Meio Ambiente de Nordrhein-Westfalen na Alemanha (LUA 1998, GNWK), o Rapid Bioassessment Protocols (RBPs) e o River Rapid Survey (RHS) adotados, respectivamente, pelas agências ambientais dos EUA e da Grã Bretanha (Barbour *et al.* 1999). Além do Australian River Assessment System (AusRivAS) empregado na Austrália (Parsons *et al.* 2002).

Essas abordagens consideram, também, no processo avaliativo a caracterização fisiográfica, os tipos de uso e ocupação do solo e o regime hidrológico da bacia de drenagem e dos sistemas fluviais. Levam ainda em conta o estabelecimento da *condição de referência* - “grupo mínimo de distúrbios locais definidos pela seleção de atributos físicos, químicos e biológicos“, conforme proposto por Reynoldson *et al.* em 1997, como a presença de extensa vegetação ripária, expressiva diversidade de substratos, margens naturais e estáveis e nível das águas estáveis (Hughes *et al.*, 1986). O uso da condição de referência é uma ferramenta que facilita a tomada de decisão entre condições impactadas e não impactadas. Possibilita definir as condições aceitáveis dos níveis de variações ecofísicas e da estrutura das comunidades comparativamente às variações registradas no ambiente menos perturbado (Reynoldson *et al.*, 1997, Linke, 1999 *apud* Linke, Norris e Faith, 2002). Permite a construção de modelos estatísticos para prognosticar a estrutura das comunidades aquáticas uma vez que é possível estabelecer uma relação entre a biota presente sob as condições ambientais dos locais de referência em comparação aos locais a serem testados em condições distintas (Linke, Norris e Faith, 2002).

## APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO ECOMORFOLÓGICA RÁPIDA NO ALTO CURSO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS/MG

Com o objetivo de testar a aplicabilidade da avaliação ecomorfológica rápida para identificar os fatores físicos que influenciam as diferenciações espaciais da estrutura da biota aquática foi feita a caracterização sedimentológica e geomorfológica de segmentos e trechos de cursos de água do alto curso da bacia do rio das Velhas em associação a atributos das comunidades de invertebrados aquáticos.

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região do Alto Rio das Velhas localizada nos domínios da Mata Atlântica e do Cerrado, na porção centro sul nas terras altas de Minas Gerais. Abrange uma área de aproximadamente 2251,3 Km<sup>2</sup> e percurso de 113 Km, desde a nascente do rio das Velhas na Serra de Antônio Pereira, distrito de São Bartolomeu, município de Ouro Preto, a 1160m de altitude até a sua confluência com o ribeirão Sabará, no distrito de Roça Grande, município de Sabará a 680m de altitude.

Apresenta um relevo bastante acentuado e índices térmicos entre 18°C e 20°C (isotermas anuais). O sul, nas proximidades de Ouro Preto, é um núcleo isolado de alta pluviosidade, com regime super úmido em torno de 1800-2000mm anuais. Suas características geológicas configuram aquíferos que alimentam as principais nascentes do alto curso desta bacia. Está instalada no extremo sul do Cráton São Francisco, na porção central do Quadrilátero Ferrífero, sobre rochas dos supergrupos Minas e Rio das Velhas e sobre as rochas dos complexos Belo Horizonte e Bação.

A bacia do rio das Velhas é de destacada relevância ambiental, econômica e social para o Estado, por responder por parte expressiva do abastecimento de sua capital (>60% da água de Belo Horizonte provêm de mananciais do Alto Rio das Velhas) e abranger áreas com intensa atividade minerária, e estar inserida na Área de Proteção Ambiental Estadual - APA Sul.

## METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo foi demarcada ao longo do alto curso da bacia uma rede de amostragem composta por 20 sítios amostrais, cuja seleção levou em conta as características hidrológicas do canal, da vegetação ripária nas margens e granulométricas dos sedimentos; a presença de vegetação aquática; a influência de tributários, além de fatores passíveis de gerar impactos nos *habitats* fluviais (ex.: ocorrência de assentamentos humanos e lançamento de efluentes líquidos) e a facilidade de acesso (Junqueira *et al.*, 1998). Destes sítios, 8 estão localizados no curso principal do rio das Velhas e 12 ao longo de seus principais tributários.

Os estudos foram realizados no período de estiagem compreendido entre junho a agosto de 2002, que apresentou uma maior disponibilidade de biótopos colonizáveis, frente à redução da vazão (vazão máxima registrada  $\leq 40\text{m}^3/\text{s}$ ) e menor incidência de distúrbios (Junqueira *et al.* 1998). Em tais condições são minimizados os impactos negativos sobre as populações perifíticas, resultantes do aumento da velocidade da corrente, lavagem das células aderidas à superfície dos substratos, revolvimento dos substratos ou abrasão devido ao saltamento, bem como pelos sedimentos em suspensão (Allan 1996).

Os estudos de natureza observacional foram motivados com o propósito de elucidar e descrever padrões derivados dos dados. Na detecção dos padrões foi explorada na escala de segmentos (cerca de  $100\text{m}^2$ ) e trechos (cerca de  $10\text{m}^2$ ) a qualidade global dos *habitats* enquanto refúgio aos distúrbios físicos e antropogênicos. para possibilitar a manutenção da diversidade das comunidades aquáticas. Para tanto, foram avaliados, a partir de observações visuais e mensurações *in situ*, de acordo com Barbour *et al.* (1999), diferentes atributos geomorfológicos e sedimentológicos como a oferta e o soterramento de substratos, a deposição de sedimentos ao longo do canal, a condição do escoamento, a alteração do canal, a estabilidade das margens, a proteção das margens pela vegetação e a largura da zona de vegetação ripária, Os estudos das comunidades aquáticas incluíram a análise da riqueza e abundância da microfauna planctônica, perifítica e pseudoperifítica e dos macroinvertebrados, de acordo com a metodologia descrita em Junqueira *et al.* (1998).

Aos dados foram aplicadas análises em componentes principais (ACP) com a finalidade de reduzir o número de variáveis a fatores principais aos quais se associam as variáveis que exibem graus de interdependência ou correlação e a análise de agrupamento (*cluster*) para detectar os padrões gerais de associação entre os sítios amostrais, em função dos fatores reguladores dessas associações (Ludwig e Reynolds, 1988 e Valentin, 2000).

## PRINCIPAIS RESPOSTAS

Fatores como a maior diversidade de estruturas e feições naturais, margens mais estáveis e protegidas pela vegetação ripária e, a pouca deposição de sedimentos no leito do canal conferem aos trechos fluviais ambientes relativamente menos impactados e, são indicativos de condições favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de uma biota mais diversificada. Neste aspecto destacam-se o sítio 0 (rio das Velhas próximo às cabeceiras) e os sítios 11 (córrego Marumbé), 5 (ribeirão do Silva) e 8 (rio do Peixe) como sítios de referência, devido ao baixo grau de distúrbio.

Tais fatores derivam da ACP que reduziu em 9, as 20 variáveis selecionadas ao extrair três eixos que explicam, no conjunto, 63,6% da variabilidade entre os trechos e segmentos. Ao eixo 1 (27,7%) associam-se os atributos físicos relacionados à quantidade e variedade relativa de substratos (por ex.:

seixos, blocos, troncos e galhos) e à proteção das margens pela vegetação ripária. O eixo 2 (21,7%) mostra a influência da estabilidade das margens como sendo o fator condicionante da variabilidade, enquanto no eixo 3 (14,2%) a variável explicativa foi a deposição de sedimentos, com correlação negativa. Os agrupamentos entre os trechos e segmentos retratam de forma análoga a influência das características físicas dos *habitats* na riqueza e abundância das comunidades faunísticas, em particular para os sítios localizados nos tributários e próximo às cabeceiras e, evidenciam para aqueles localizados próximo às áreas urbanas que o aporte de carga orgânica de fontes pontuais e difusas das bacias de drenagem prepondera sobre a qualidade física do *habitat*, conforme avaliado em campo.

## POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO ECOMORFOLÓGICA RÁPIDA

As análises exploratórias no alto curso da bacia do rio das Velhas demonstram o potencial de aplicação da abordagem ecomorfológica rápida na avaliação e monitoramento de bacias hidrográficas. Permite evidenciar a variabilidade da estrutura ecofísica ao longo do gradiente longitudinal e identificar os fatores que, em potencial, condicionam essa variação, e que podem explicar mudanças locais na estrutura das comunidades (riqueza e abundância de espécies). Amplia as possibilidades de formulação de hipóteses para interpretar as relações entre causas e efeitos da complexidade do sistema analisado. Disponibiliza informações adicionais que, associadas às condições físico-químicas e biológicas das águas, possibilitam avaliar a integridade ecológica dos sistemas fluviais.

Em termos desse potencial de aplicação a avaliação ecomorfológica é particularmente apropriada para [1] a investigações preliminares de uma ampla área geográfica e para um grande número de sítios, com a finalidade de descrever padrões gerais e selecionar locais mais preservados e degradados a serem usados em estudos de maior detalhe; [2] avaliações preliminares de uma bacia hidrográfica para fins de avaliação e manejo; [3] monitoramento das condições ambientais de uma bacia hidrográfica e [4] apoio a ações de restauração e reabilitação de cursos de água. Nessas circunstâncias o seu emprego tem como vantagens custo e esforço relativamente reduzido e a produção de resultados de fácil compreensão por não especialistas. Ambas são potencializadas em programas de monitoramento, em particular os de longa duração, por possibilitar uma avaliação continuada das condições impactadas e não impactadas (LUA, 1998, Barbour *et al.*, 1999, Parsons *et al.*, 2002).

Por fim, há que se ressaltar a mudança substancial que deriva da abordagem ecomorfológica ao considerar a interação entre a paisagem e a perspectiva de assegurar a integridade ecológica dos sistemas fluviais. Cria as bases na qual o conceito de ecomorfologia repousa – *uma abordagem holística, interativa e interdisciplinar, para a pesquisa científica*. Que assume não ser suficiente monitorar os cursos de água a partir da visão antropocêntrica de padrões utilitários do uso dos recursos hídricos. Uma abordagem cujo resultado prático não se limita à criação de um paradigma científico, mas contribui para acelerar os avanços no entendimento da dinâmica e funcionamento dos ambientes fluviais por fornecer a capacidade de incorporar o uso e o progresso de seu conhecimento na avaliação, monitoramento, manejo e restauração dos ecossistemas lóticos por meio de uma dinâmica de atuação e interação de uma equipe multi e interdisciplinar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allan, J.D. (1996). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London. 388p.

Barbour, M.T., Gerritsen, J., Synder, B.D. e Stribling, J.B. (1999). *Habitat assessment and physicochemical parameters*. In: *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. EPA 841-B-99-002. US. Washington, D.C. chapter 5. 34pp. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/monitoring/techmon.html>>.

Barbour, M.T., e Stribling, J.B. (1990). *Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities*. *Biological criteria: research and regulation*. pp.1-14.

Harper, D., Smith, C., Kempt, J. e Crosa, G. (1998). *The use of functional habitats in the conservation, management and rehabilitation of rivers*. *Advances in river bottom ecology*. pp. 315 - 326.

- Hildrew, A.G. e Giller, P.S. (1996). Patchiness, species interactions and disturbance in the stream benthos. In: Giller, P.S.; Hildrew, A.G.; Raffaelli, D.G. *Aquatic ecology: scale, pattern and process*. Blackwell Science Ltd. (ed). pp.21-62.
- Howe, K. (1997). Construction of artificial riffles and pools for freshwater habitat restoration. *Electronic Student Journal Restoration & Reclamation. Horticultural Science 5015*. University of Minnesota. *Restoration & Reclamation Review*, Vol. 2, Restoration Techniques. Disponível em: <<http://www.soils.umn.edu:8003/h5015/97papers/howe.html>>.
- Hughes, R.M. e Larsen, D.J. (1986). Regional reference sites: a method for assessing stream potentials. *Environmental Management*, Vol. 10, No. 5, pp. 629-635.
- Junqueira, M.V. et al. (1998). Biomonitoramento da qualidade da água na bacia do alto rio das Velhas. Belo Horizonte: *Relatório CETEC*. 110 pp.
- Karr, J. R., e Chu, E.W. (1999). Restoring life in running waters: better biological monitoring. *Island Press. Washington, D.C.* 206pp.
- LUA - LANDESUMWELTAMT (1998). *Merkblätter nr.14. Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Kartieranleitung (GNWK)*. 158pp.
- Linke, S., Norris, R. e Faith, D.P. (2002). Australian river assessment system: improving AusRivAS analytical methods – DDRAM and E-BALLL (phase I final report). *Monitoring riverhealth initiative technical report number 27 environment Australia*. 8pp. Disponível em: <<http://www.deh.gov.au/water/rivers/nrhp/methods/index.html>>.
- Ludwig, J.A. e Reynolds, J.F. (1988). Statistical ecology. A primer on methods and computing. New York, *John Wiley & Sons*. 329pp.
- Miller, D.L., Leonard, P.M., Hughes, R.M., Karr, J.R., Moyle, P.B., SCHRADER, L.H., Thompson, B.A., Daniels, R.A., Fausch, K.D., Fitzhugh, G.A., Gammon, J.R., Halliwell, D.B., Angermeier, L. e Orth, D.J. (1988). Regional applications of an index of biotic integrity for use in water resource management. *Fisheries*, Vol. 13, No. 5, pp. 12-20.
- Parsons, M., Thoms, M. e Norris, R. (2002). Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol. *Monitoring river health initiative technical Report number 22. Commonwealth of Australia and University Canberra, Canberra*. 116pp. Disponível em: <<http://ausrivas.canberra.edu.au/geoassessment/physchem/man/propotocol/chapter1b.html>>
- Petts, G. e Calow, P. (1996). The nature of rivers. In: \_\_\_\_ *River restoration. Blackwell Science*. chapter 1. pp.1-6.
- Resh, V. e Jackson, J.K. (1993). Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. e Resh, V. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, *Chapman & Hall*, chapter 6, pp.195-233.
- Valentin, J.L. (2000). *Ecologia numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro, *Editora Interciência*. 117pp.
- Zalewski, M. e Robarts, R. (2003). Ecohydrology – a new paradigm for integrated water resource management. *SIL News*, Vol. 40, pp. 1-5.