

AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CURSOS DE ÁGUA EM BACIAS URBANAS

*Adriana Sales Cardoso*¹ & *Márcio Benedito Baptista*²

RESUMO – Em áreas urbanas, a escolha de alternativas para intervenção em rios e córregos é assunto de grandes desdobramentos e ampla discussão. A atual tendência de adoção de técnicas ambientalmente mais integradas, em contraposição às tradicionais técnicas de engenharia, vem ganhando lugar de destaque. No entanto, observa-se uma carência de metodologias de auxílio à decisão que possam nortear a escolha adequada de soluções, levando-se em consideração não somente as condições em que se encontram os cursos de água, mas também a bacia onde os mesmos se inserem. Neste contexto desenvolve-se uma pesquisa de doutorado que visa, dentre outros objetivos, propor uma sistemática para avaliação e classificação de canais, foco do presente documento. Assim, a proposta aqui apresentada pauta-se em um diagnóstico das condições de degradação física, funcional e de qualidade da água de canais, buscando a avaliação do seu potencial de restauração. O resultado final da referida avaliação, compilado em um mapa de estágio de degradação, representa potencial para nortear propostas de intervenção e manejo adequadas para a realidade da área de investigação.

ABSTRACT – In urban areas, the choice of alternatives of intervention in rivers and creeks is a matter of huge discussion and it is noticed that nowadays the concern about environmental issues has increased the adoption of soft techniques. Nevertheless, there is a lack of decision aid methodologies to help the choice of the most adequate solutions, considering the present condition of water courses and theirs respect catchment. In this context, the present document aims to present part of a PhD research, focusing on the proposal of a methodology to diagnose and to classify rivers in urban areas, considering their physical and functional conditions and their restoration potential.

Palavras-chave: cursos de água, classificação, potencial de restauração.

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida do Contorno, 842, 8º andar, 30.110-060. Belo Horizonte – MG – Brasil. E-mail: adriana.projetos@gmail.com

²Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida do Contorno, 842, 8º andar, 30.110-060. Belo Horizonte – MG – Brasil. Telefone: (31) 3409-1871. E-mail: marcio.baptista@ehr.ufmg.br

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a concepção de planos de manejo e as propostas de tratamento de cursos de água têm considerado não somente a adoção de técnicas ambientalmente mais integradas, mas também a adoção de uma perspectiva holística da área da bacia e o emprego de abordagens geomorfológicas (CHIN e GREGORY, 2005).

A restauração de cursos de água, hoje foco de crescente atenção e interesse, é tema multidisciplinar abordado por literaturas de diversas áreas. Nesse sentido, extrapola o campo de atuação da engenharia e passa a receber grandes contribuições das áreas de geomorfologia fluvial, desenho urbano e de paisagens, biologia e ecologia, etc.

Visto a amplitude e a complexidade do assunto, é notável o grande envolvimento de pesquisadores e profissionais com a questão, sendo consideráveis os estudos voltados para a avaliação dos processos de evolução de cursos de água e do seu respectivo potencial de restauração. Nessa direção, observa-se que grande parte das abordagens visa aprimorar o conhecimento sobre o comportamento de rios e córregos, no intuito de orientar o delineamento de propostas de intervenção e manejo compatíveis com especificidades locais.

No tocante às propostas de restauração, cabe ressaltar que além dos aspectos relacionados às características, ao comportamento e ao estágio de evolução dos canais, é de suma importância a consideração da bacia como unidade espacial de análise, visto que as inúmeras condições e restrições relacionadas ao uso e à ocupação do solo e à infra-estrutura existente, dentre outras, podem inviabilizar a execução de determinados projetos (Brierley *et al*, 2002 e Bernhardt e Palmer, 2007). Portanto, quando da elaboração de propostas de intervenção, faz-se mister a realização de um diagnóstico bastante criterioso da área a ser investigada, pois será a partir da avaliação do seu estágio de evolução/degradação, em relação a uma condição de referência, que alternativas pertinentes poderão ser delineadas.

Neste quadro, inúmeras considerações a respeito do referido tema são levantadas por diversos autores, abrangendo desde reflexões conceituais até a proposição de metodologias para avaliação e classificação de rios e córregos, assuntos de especial interesse no caso deste trabalho. Dessa forma, com vistas a contextualizar o foco do presente documento, algumas questões relacionadas aos aspectos previamente mencionados merecem ser levantadas e discutidas para, em seguida, propor-se a sistemática para avaliação e classificação de canais, objeto deste documento.

2 CONCEITUAÇÃO E TERMINOLOGIA

Primeiramente, propõe-se uma reflexão conceitual/semântica sobre as diversas terminologias comumente empregadas para designar propostas de intervenção em cursos de água. Nesse sentido, observa-se que termos como *restauração*, *recuperação*, *renaturalização*, *revitalização* e *reabilitação*, dentre outros, são empregados indiscriminadamente, sem haver uma definição clara ou consolidada sobre seu efetivo significado. De fato, observam-se tentativas isoladas de inúmeros autores em conceituar os diversos termos, sem haver, no entanto, uma convergência sobre os mesmos.

Ainda, é possível perceber que conceitos similares são muitas vezes empregados com terminologias distintas, gerando conflitos de interpretação e indefinições quanto ao real objeto da intervenção. Diante desse fato, faz-se aqui uma tentativa de proposição de termos e conceitos com vistas a diminuir as arestas previamente comentadas, com uma terminologia objetiva e consistente para definição de propostas de intervenção, facilitando o seu emprego e evitando redundâncias. Sendo assim, sugere-se que os termos *restauração* e *reparação* sejam empregados para designar as seguintes condições:

- **restauração**: “Estabelecimento de melhores condições para ocorrência dos processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos em um curso de água degradado, com a substituição e/ou implantação de componentes do sistema natural danificado” (Wohl *et al*, 2005).
- **reparação**: reparo pontual de problemas identificados com vistas a melhorar as condições de funcionamento do canal. Desde que os objetivos da intervenção sejam atendidos e não haja restrições ou impedimentos legais ou de outra natureza, considera-se viável o emprego de qualquer técnica de engenharia disponível.

No contexto acima, os termos *revitalização* e *reabilitação* estariam plenamente abrangidos no escopo da *restauração*; o termo *renaturalização*, por outro lado, tendo em vista as dificuldades de identificação das condições naturais ou pristinas do curso de água, teria seu uso desaconselhado, evitando ambigüidades concernentes ao real alcance das intervenções.

3 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE CURSOS DE ÁGUA

Conforme expresso anteriormente, a adequada caracterização e classificação de cursos de água consiste em importante fonte de dados para subsidiar projetos e planos de intervenção e manejo, notadamente na fase de estudos iniciais.

A classificação de cursos de água em tipologias distintas é uma forma de agrupar canais com características similares dentro de uma mesma classe ou categoria, de acordo com objetivos preestabelecidos. Segundo Kondolf *et al* (2003), sistemas de classificação têm sido fortemente utilizados como base para elaboração de propostas de restauração e manejo, apesar das limitações de diversas metodologias e de insucessos de inúmeros projetos. No entanto, conforme os mesmos autores, quando devidamente empregada, a classificação pode ser útil para acessar o estado de degradação de canais e respectivas soluções de intervenção, devendo ser uma ferramenta flexível e permitir uma adequada compreensão das condições de funcionamento do canal.

Nesse contexto, observam-se diversas abordagens constantes da literatura para classificação de cursos de água, como as propostas por Rosgen (1994), Gregory (2002), Chin e Gregory (2005), dentre inúmeras outras que se distinguem em função de objetivos a serem alcançados e da abrangência da área a ser investigada (Kondolf *et al*, 2003). A seguir, no entanto, apresentam-se apenas duas propostas metodológicas que visam à caracterização de cursos de água por meio de uma análise global e integrada de diversos aspectos relacionados a esses meios e às suas bacias hidrográficas, permitindo a construção de um panorama realista da condição em que os mesmos se encontram e o conseqüente delineamento de propostas de intervenção.

3.1 A proposta australiana: River Styles framework

A proposta metodológica desenvolvida por Brierley *et al* (2002) tem como objetivo a avaliação das condições geomorfológicas e do potencial de restauração de diversas tipologias de canais, sendo baseada na análise de sua evolução ao longo do tempo e do espaço. Nesse sentido, vai além da avaliação visual das características de cursos de água, mas proporciona um entendimento de como esses meios se comportam no contexto da sua área de inserção.

Resumidamente, a proposta procura: (i) identificar tipologias de cursos de água de acordo com as condições do vale e da bacia onde se inserem; (ii) avaliar as condições geomorfológicas e o estado de degradação dos canais; (iii) avaliar a sua capacidade de ajuste em relação ao vale e o seu provável caminho de evolução; (iv) avaliar o seu potencial de restauração; (v) propor alternativas de intervenção.

Seguramente, a abordagem em questão é extremamente interessante, constituindo-se em uma ferramenta consistente para avaliação das características e do comportamento de cursos de água dentro do contexto da área da bacia, permitindo o delineamento de propostas de intervenção de acordo com seu estado de degradação e potencial de restauração. No entanto, deve-se salientar a sua

maior aplicabilidade para áreas rurais, sendo necessárias algumas adaptações e ajustes para o seu emprego em bacias urbanas, onde a consideração de outros fatores é de fundamental importância.

3.2 A proposta francesa: Systèmes D'Évaluation de La Qualité (SEQ)

O Sistema de Avaliação da Qualidade da água de rios (Oudin, 2001), desenvolvido na França para atendimento à Diretiva Européia da Água, é uma sistemática de análise que engloba três esferas de avaliação da qualidade de rios e córregos, englobando aspectos relacionados ao estado de degradação da água (*SEQeau*) e dos meios físico (*SEQphy*) e biológico (*SEQbio*). De forma geral, a metodologia baseia-se em um conjunto de indicadores que, devidamente ponderados por especialistas, permitem a classificação do canal (para cada um dos aspectos mencionados) de acordo com uma escala de cinco índices de qualidade.

A proposta em questão é extremamente interessante, mas apresenta algumas dificuldades para uma aplicação mais expedita. Em primeiro lugar, porque o número de variáveis e parâmetros a serem levantados é relativamente grande; em segundo, porque o cálculo dos indicadores é feito por meio de um programa computacional, o que implica na necessidade de acesso a essa ferramenta. Ainda, cabe questionar a viabilidade de cálculo matemático de alguns indicadores para que se possa chegar à pontuação final, a qual irá indicar o estado de degradação do canal.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

A partir do estudo das propostas previamente apresentadas e de outras não contempladas neste documento, foi constatada a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia específica para diagnóstico e classificação de cursos de água inseridos em bacias urbanas, com o objetivo de nortear a proposição e a avaliação de alternativas de intervenção nesses meios. Para tal, os diversos aspectos considerados de interesse nas metodologias existentes foram integrados e adaptados, de forma a permitir a composição de uma nova abordagem, aqui apresentada na Figura 1.

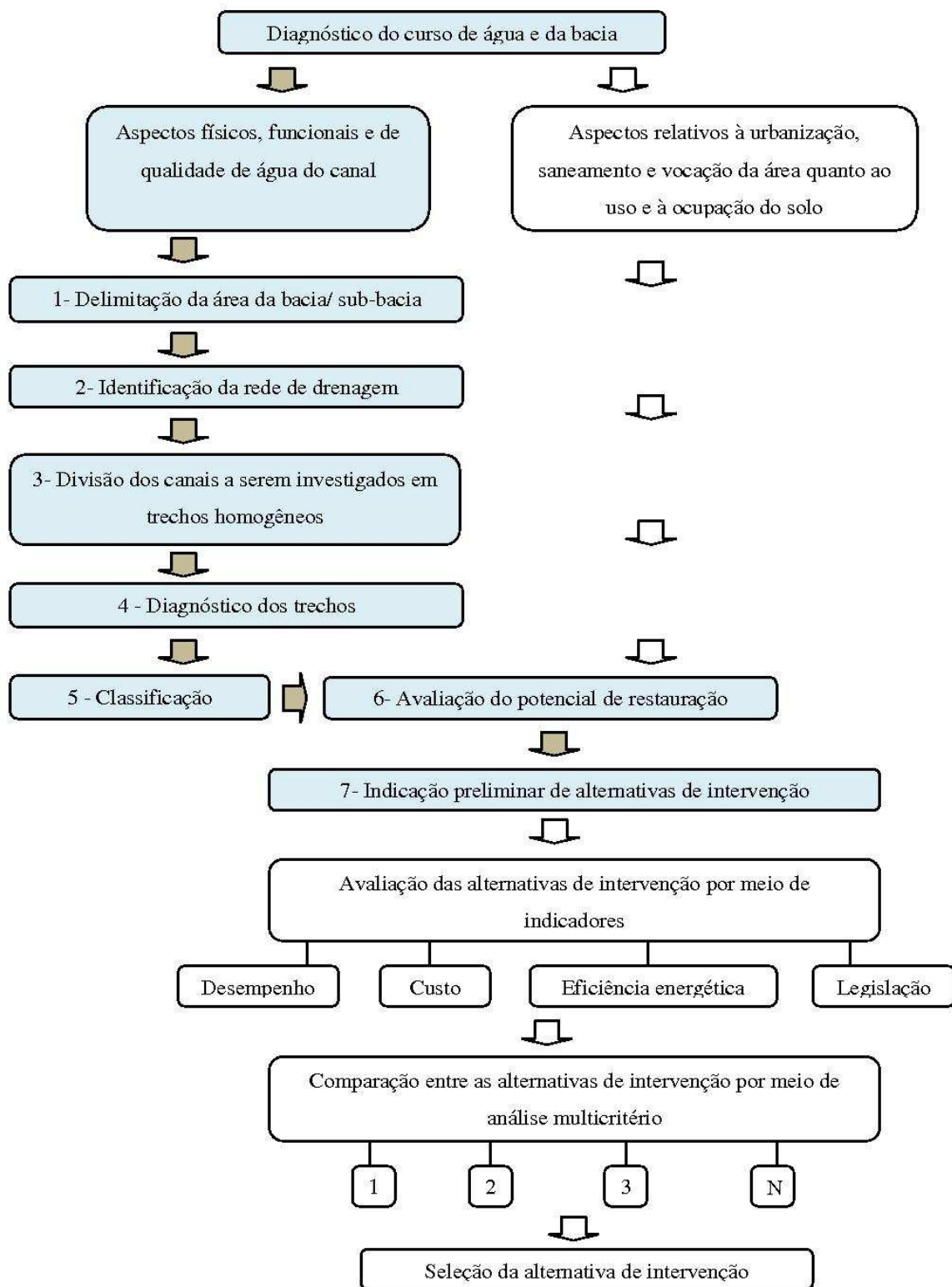


Figura 1 – Etapas para avaliação de cursos de água em bacias urbanas e seleção de alternativas.

Cabe ressaltar que a proposta em questão insere-se dentro do contexto de uma pesquisa de doutorado ampla e complexa, vislumbrando o desenvolvimento de todas as etapas apresentadas na figura anterior. No entanto, é objeto deste trabalho apenas a discussão das etapas coloridas em azul,

que estão relacionadas, principalmente, à avaliação e à classificação de cursos de água. No entanto, as etapas concernentes à avaliação do seu potencial de restauração e à indicação preliminar de alternativas de intervenção são também aqui discutidas, apesar do fato de que, para a sua análise completa, são necessários diversos dados e informações sobre a área da bacia, ou seja, condições ainda não contempladas no presente momento.

A seguir, portanto, são descritas as etapas metodológicas 1 a 7 indicadas na Figura 1.

Etapa 1 – Delimitação da área da bacia/ sub-bacia

A delimitação da área da bacia ou sub-bacia a ser investigada deve seguir o procedimento padrão, com a determinação dos divisores de água por meio de fotografias aéreas, imagens de satélite ou mapas topográficos.

Etapa 2 – Identificação da rede de drenagem

Nesta etapa, sugere-se que o mapa topográfico contendo a rede de drenagem da área a ser investigada seja verificado e consistido por meio de reconhecimento de campo e, quando possível, com informações mais detalhadas, como as provenientes de imagens de sensoriamento remoto, por exemplo.

Etapa 3 – Divisão dos canais a serem investigados em trechos homogêneos

Uma vez definida a rede de drenagem a ser investigada, Gregory (2002) sugere a divisão dos trechos a serem estudados em segmentos com características similares, o que pode ser feito levando-se em consideração aspectos distintos, como o nível de detalhe a ser investigado (o que determinará a escala espacial de análise, que poderá variar de poucos metros a quilômetros) ou os objetivos da intervenção.

De acordo com Kellerhals *et al* (1976 *apud* Gregory e Chin, 2002), trechos homogêneos (de comprimentos variáveis) são aqueles onde as condições hidrológicas, geológicas e da superfície da bacia apresentam-se suficientemente uniformes, resultando em um canal com características morfológicas homogêneas.

Em sua dissertação de mestrado, Cardoso (2008) também propõe, na etapa de delimitação e diagnóstico do trecho do curso de água a sofrer intervenção, a sua subdivisão em segmentos homogêneos. Nesse caso, além dos objetivos da intervenção e dos aspectos morfológicos, devem ser consideradas outras características, como os tipos de material que revestem o canal e as condições de uso e ocupação do solo nas áreas adjacentes ao mesmo.

Em áreas urbanizadas, Chin e Gregory (2005) ressaltam que a rede de drenagem é naturalmente fragmentada pela malha urbana, de forma que a identificação de cruzamentos viários

sobre cursos de água e de demais elementos do sistema de drenagem, por exemplo, pode ser uma maneira prática e conveniente de divisão e análise dos trechos assim segmentados.

Diante do exposto, observa-se uma ampla gama de possibilidades para divisão de cursos de água em segmentos homogêneos, cabendo a decisão ao responsável pelo processo ou pela execução da etapa em questão, em consonância com os objetivos da intervenção ou de outra natureza.

Etapa 4 – Diagnóstico dos trechos

O diagnóstico das características físicas e das condições de funcionamento de trechos de cursos de água pode ser realizado de diversas maneiras, sendo o reconhecimento de campo, sempre que possível, de fundamental importância. Nesse sentido, o levantamento de dados no local e junto à população que reside, trabalha ou frequenta a área em estudo é a base para o desenvolvimento de projetos de intervenção e propostas de manejo adequadas para as especificidades locais.

No entanto, cabe ressaltar que o produto final resultante do diagnóstico proposto nesta etapa visa ultrapassar a construção de mapas temáticos contemplando as diversas informações levantadas em campo ou em outras fontes de consulta. Dessa forma, ao contrário da elaboração de um conjunto de mapas específicos sobre cada tema de interesse levantado no local (solo, vegetação, hidrografia, erosão, etc.), propõe-se a construção de um único mapa capaz de informar, de forma clara e objetiva, os estados de degradação física, funcional e de qualidade da água dos trechos em relação a uma condição natural ou de mínima interferência antrópica.

O referido mapa, portanto, tem por objetivo permitir uma visualização global e integrada das reais condições de cada trecho dos cursos de água a serem investigados, de forma a facilitar futuras proposições de alternativas de intervenção. Todavia, é importante deixar claro que a presente proposta não exclui a elaboração de mapas temáticos, considerados de fundamental importância para uma análise mais detalhada e aprofundada dos dados de interesse.

Cabe ainda ressaltar que, tendo-se em vista que os objetivos de intervenção podem ser diversos, estando relacionados, em conjunto ou separadamente, aos aspectos físicos e/ou funcionais e/ou de qualidade da água, propõe-se o diagnóstico de cada trecho a partir da avaliação, em separado, dos aspectos previamente mencionados, conforme apresentado nas Tabelas 1 a 4.

Tabela 1 – Avaliação de aspectos físicos do trecho em estudo

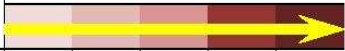
Aspectos físicos			Alteração em relação à condição natural				
<i>Extensão do trecho:</i>							
<i>Sinuosidade:</i>							
<i>Forma:</i>							
<i>Seção</i>	<i>Leito menor</i>	Largura média:					
		Profundidade média:					
Inclinação das margens:							
Declividade do leito:							
Revestimento do leito:							
Revestimento das margens:							
<i>Leito maior</i>	Largura média:						
	Profundidade média:						
	Inclinação das margens:						
	Ocupação do leito* (Tabela 2)						
<i>Tipo de vale (grau de confinamento):</i>							
<i>Regime de escoamento quando do levantamento de campo: () torrencial () fluvial</i>							
<i>Período em que o levantamento foi realizado: () seco () chuvoso</i>							
<i>Croqui:</i>							
<i>Avaliação final: A () pouco alterado B () medianamente alterado C () muito alterado</i>							

Tabela 2 – Avaliação das condições do leito maior do trecho em estudo

* Leito maior/ planície de inundação								
Ocupação e uso do solo					Enquadramento legal			
Margem	Urbano		Industrial	Não ocupado	Natural	Regular	Irregular	
	Sistema viário	Edificações						
Esquerda								
Direita								
Observações:								
Áreas verdes								
<input type="checkbox"/> Mata ciliar			<input type="checkbox"/> Gramíneas					
<input type="checkbox"/> Vegetação nativa			<input type="checkbox"/> Ausência de vegetação (solo exposto)					
<input type="checkbox"/> Vegetação alterada			<input type="checkbox"/> Área impermeável					

Tabela 3 – Avaliação dos aspectos funcionais do trecho em estudo

Aspectos funcionais/ estruturais		Grau de perturbação				
Área marginal esquerda	Erosão					
	Assoreamento					
	Resíduos sólidos					
	Estabilidade					
Área marginal direita	Erosão					
	Assoreamento					
	Resíduos sólidos					
	Estabilidade					
Avaliação final (grau de perturbação): 1 () pequeno 2 () médio 3 () grande						

Tabela 4 – Avaliação da qualidade da água do trecho em estudo

Aspectos de qualidade da água	Grau de perturbação				
Aspecto visual (turbidez, cor, etc)					
Cheiro					
Presença de esgotos					
Resíduos sólidos					
Biota					
Avaliação final (qualidade): ++ () boa + () razoável - () ruim					

Conforme será visto a seguir, a avaliação final dos aspectos físico, funcional e de qualidade de água obtida nas tabelas previamente apresentadas deverá ser plotado no mapa de drenagem da bacia em estudo, de forma que cada trecho possa ser identificado de acordo com seu estado de degradação.

Em relação à Tabela 1, os itens que compõem o diagnóstico do meio físico devem ser avaliados quantitativamente, por meio de consulta a dados secundários complementados por medições e, em seguida, qualitativamente, buscando-se proceder a uma comparação entre as condições atual e natural do trecho em estudo. Esta análise deve ser realizada por meio de uma escala de intensidade de perturbação dividida em cinco níveis, onde o nível de alteração de cada um dos aspectos físicos listados em relação à sua condição natural é avaliado individualmente, de acordo com a sua magnitude. Em seguida, deve-se proceder à avaliação integrada de todos os aspectos em análise, o que irá apontar o estado de degradação física global do trecho, a ser indicado pelas letras A (pouco alterado), B (medianamente alterado) ou C (muito alterado) no mapa de drenagem da bacia, conforme será apresentado oportunamente.

Cabe ressaltar que a avaliação global do meio físico permitirá o conhecimento da condição de degradação do trecho em estudo em relação a uma condição de referência não impactada ou de mínima de intervenção, sendo de fundamental importância para o desenvolvimento da Etapa 6, referente à avaliação do potencial de restauração do curso de água.

Ainda em relação à Tabela 1, deve-se ressaltar que além das dimensões a serem aferidas devem ser preenchidas informações complementares, como o tipo de conformação do vale e de revestimento do leito e das margens. Adicionalmente, devem ser elaborados croquis da forma e da seção do canal, com a representação de detalhes considerados pertinentes. Todas essas informações servirão como um banco de dados para consulta em etapas posteriores.

Complementarmente, no que tange especificamente as condições do leito maior, observou-se a necessidade de elaboração de uma tabela própria para avaliação das suas condições (Tabela 2), contemplando as diversas possibilidades de uso e ocupação do solo, assim como questões relativas à sua cobertura vegetal.

Já no caso de análise das condições de funcionamento do canal, devem ser avaliados os aspectos relativos à erosão e ao assoreamento, à presença de resíduos sólidos e à estabilidade das áreas marginais, sendo que a avaliação conjunta desses aspectos permitirá uma avaliação global do estado de perturbação do trecho em relação a uma condição de equilíbrio/ estabilidade.

A avaliação dos aspectos funcionais/ estruturais dos trechos em estudo, assim como proposto para os aspectos físicos, também se dará conforme cinco níveis de intensidade, de acordo

com o grau de perturbação identificado em cada uma de suas áreas marginais. No entanto, nesse caso, a identificação da condição global de degradação do canal se dará por meio de números, que indicam a magnitude do seu estado de perturbação: 1 (pequeno); 2 (médio) e 3 (grande). Dessa forma, a combinação de letras e números representará a real condição de degradação do curso de água em relação aos aspectos físico e funcional, respectivamente.

No caso de análise da qualidade da água devem ser seguidos os mesmos procedimentos de avaliação descritos para os aspectos físicos e funcionais, por meio do preenchimento da Tabela 4. Nota-se que os critérios de qualidade a serem avaliados estão relacionados a uma apreciação fundamentalmente visual do corpo de água, não se fazendo necessária, nesta etapa de avaliação, a análise de parâmetros físico-químicos e biológicos. Cabe ressaltar que a avaliação final da qualidade da água será representada, no mapa de degradação, por meio dos sinais ++, + e -, que indicam, respectivamente, uma qualidade boa, razoável e ruim.

Ainda em relação às tabelas propostas deve-se salientar que as avaliações individuais e globais a serem realizadas devem se suceder de forma qualitativa, o que pressupõe um julgamento muito criterioso por parte do responsável pela análise. Visto as inúmeras dificuldades inerentes à quantificação de determinados critérios e à subjetividade de enquadramento do estado de degradação do canal em função de valores assim obtidos, considera-se que a avaliação qualitativa seja mais prudente, além de mais expedita.

Etapa 5 – Classificação dos trechos

Conforme já mencionado, a classificação de cada trecho em estudo, no tocante ao seu estado de degradação, se dará por meio da combinação do resultado das avaliações finais obtidas nas Tabelas 1, 3 e 4. Isto significa que a cada trecho componente da rede de drenagem estará associado uma letra, um número e um sinal, representando, respectivamente, o seu estado de degradação física, funcional e de qualidade da água em relação a uma condição de referência.

Cabe ressaltar que a proposição de apenas três classes de avaliação final para os aspectos ora mencionados (ao invés de cinco) visa à construção de um mapa de fácil leitura e interpretação, de onde possam ser extraídas, com clareza, todas as informações nele representadas. Nesse sentido, acredita-se que, caso contrário, a proposição de um maior número de classes poderia gerar um mapa pouco claro e conclusivo, em função da apresentação de um excesso de informações resultante da maior possibilidade de combinações que poderiam ser realizadas entre as avaliações finais de cada aspecto em análise. No caso da presente proposta, no entanto, as informações complementares

necessárias a uma análise mais aprofundada podem ser obtidas diretamente das tabelas, que sempre deverão ser consultadas para esse fim.

Dessa forma, de posse da classificação individual de cada trecho deve-se proceder à construção do mapa de degradação da rede de drenagem, onde cada tipologia de canal identificada deve ser representada por uma cor correspondente, conforme será visto no item relativo ao estudo de caso realizado. Como mencionado anteriormente, a elaboração do referido mapa visa representar, em escala de bacia, as reais condições em que os cursos de água se encontram, servindo como ferramenta para nortear propostas de intervenção e manejo calcadas em objetivos diversos.

Etapa 6 – Avaliação do potencial de restauração

De posse da avaliação do estado de degradação dos cursos de água e das condições da área da bacia deve-se proceder a uma análise do potencial de restauração dos trechos em estudo, a qual servirá de base para nortear uma indicação preliminar das alternativas de intervenção mais apropriadas.

Dessa forma, num primeiro momento, deve-se proceder a uma integração entre os estados de degradação física e funcional de cada trecho. Ao contrário da etapa anterior, onde a classificação permite a identificação individual de cada um dos aspectos mencionados, aqui se procura chegar a uma avaliação global da condição de degradação do canal.

Deve ser ressaltado que a associação entre os dois aspectos previamente mencionados deve ocorrer em consonância com a escala de cinco níveis proposta nas Tabelas 1 e 3, ou seja, em um nível de análise mais aprofundado que o proposto pelas três classes de avaliação final, empregadas na construção do mapa. Desse modo, conhecendo-se as características e o estado de degradação geral do trecho em análise, assim como as condições da bacia e do vale onde o curso de água se insere, podem ser vislumbradas possíveis condições de evolução física e funcional do canal e previsto o seu potencial de restauração, conforme procura ilustrar a Figura 2.

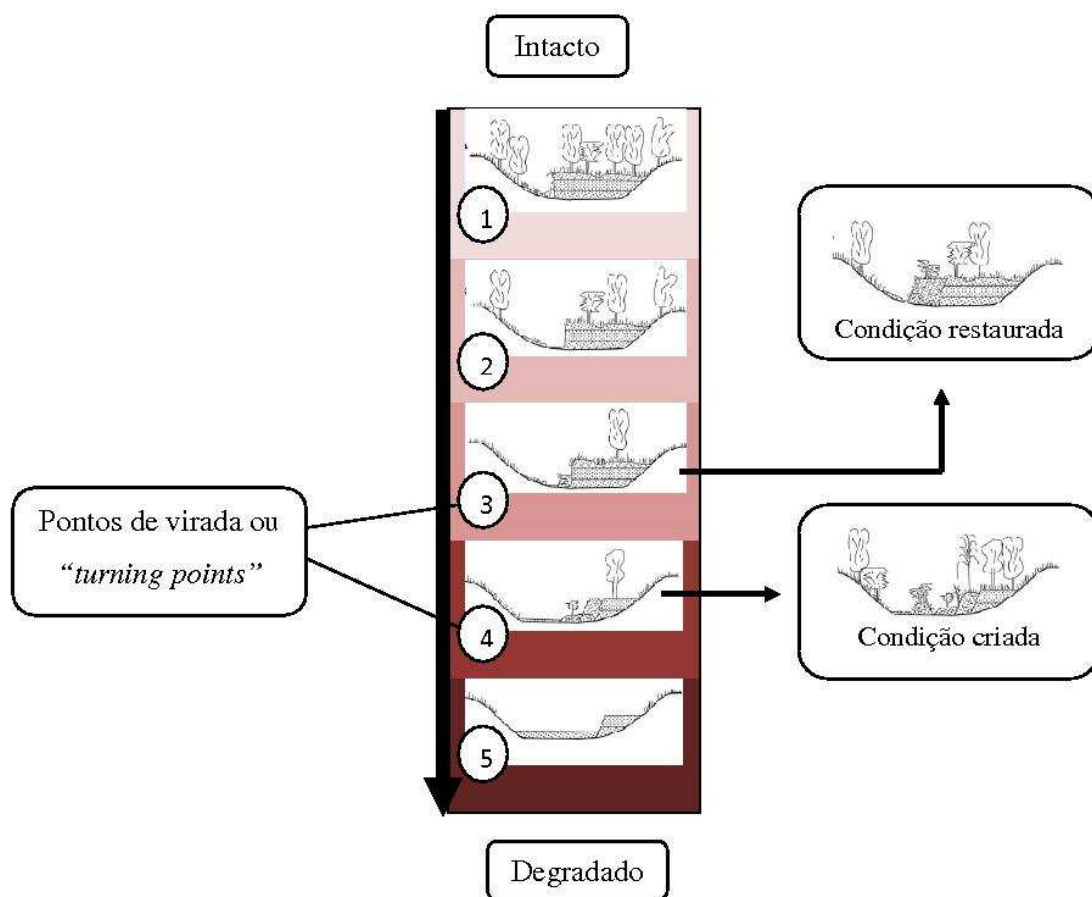


Figura 2 – Associação entre estado de degradação e potencial de restauração de cursos de água, de acordo com sua provável evolução (adaptado de Brierley *et al*, 2002).

De acordo com a Figura 2, notam-se cinco estágios de evolução de um determinado curso de água, que caminha de uma condição intacta para uma condição degradada, passando pela escala de níveis de degradação considerados na Etapa 4. De acordo com Brierley *et al* (2002), os estágios indicados pelos números 3 e 4 podem ser considerados “*pontos de virada*”, ou seja, representam uma condição a partir da qual o processo de degradação pode ser revertido. No primeiro caso, considera-se que a restauração do trecho do curso de água ainda seja possível; já no segundo, observa-se a criação de uma nova condição de estabilidade do canal bem diferente da condição intacta. No entanto, cabe ressaltar que caso nenhuma medida de intervenção ou manejo seja tomada, o prognóstico é de contínua deterioração das qualidades físicas e funcionais do canal.

Novamente, deve-se ressaltar como de suma importância para a realização da análise precedente, o levantamento das condições da bacia e do vale onde o curso de água se insere, uma vez que essas condições de contorno exercem influência direta no potencial de restauração de rios e córregos, principalmente em se tratando de áreas urbanas. No primeiro caso, as condições de uso e

ocupação do solo podem ser fatores limitantes, assim como grau de confinamento do vale pode o ser no segundo.

A partir da análise integrada de todas as condições previamente mencionadas será possível, então, uma indicação preliminar de alternativas de intervenção adequadas para cada trecho em estudo, de acordo com seu o estado de degradação e respectivo potencial de restauração, conforme será discutido a seguir.

Etapa 7 – Indicação preliminar de alternativas de intervenção

Nesta etapa poderão ser apontadas medidas e soluções de intervenção que estejam em consonância com as condições da bacia, com o estado de degradação do canal e com o seu potencial de restauração, de forma que a solução de problemas e o atendimento aos objetivos propostos causem um mínimo de impacto negativo na área objeto de estudo (Figura 4).

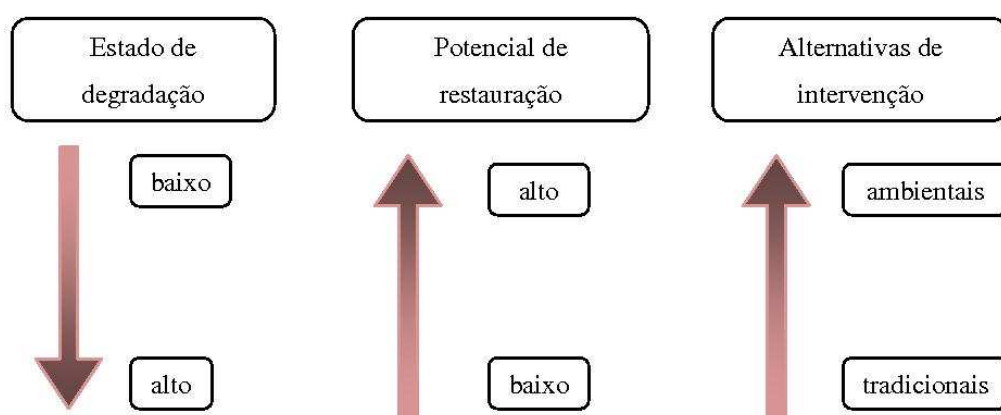


Figura 4 – Associação entre estado de degradação, potencial de restauração e alternativas de intervenção a serem adotadas.

De acordo com a Figura 4, procura-se associar ao estado de degradação do canal e ao seu respectivo potencial de restauração, as alternativas mais adequadas para intervenção em determinado trecho de um curso de água. Cabe destacar, no entanto, que conforme discutido no item anterior, o potencial de restauração encontra-se intimamente relacionado com as condições da bacia, não estando exclusivamente associado ao estado de degradação do canal, o que requer um maior cuidado na análise de situações distintas. Isto quer dizer que a relação entre as duas setas à esquerda da Figura 4 não é necessariamente linear, uma vez que as condições de contorno devem ser consideradas.

No entanto, de forma geral, pode-se dizer que em muitos casos, quanto menor o estado de degradação do canal, maior o seu potencial de restauração e, conseqüentemente, maior a possibilidade de adoção de técnicas ambientalmente mais integradas para a sua restauração. Da mesma forma, em casos de canais que apresentem um estado de degradação elevado, pode-se considerar que a adoção de técnicas tradicionais talvez seja a solução mais viável de intervenção, visto o seu baixo potencial de restauração.

Desse modo, a partir da análise conjunta das condições do canal, da bacia e dos objetivos a serem alcançados poderão ser delineadas, em uma condição preliminar, propostas iniciais de intervenção. Cabe ressaltar que uma avaliação detalhada dos diversos impactos decorrentes da adoção de diferentes alternativas deverá ser objeto de estudos futuros. No entanto, desde já, nota-se a potencialidade da presente metodologia para se proceder a essa análise.

5 ESTUDO DE CASO

Com vistas a avaliar as etapas da proposta metodológica desenvolvidas até o presente momento (Etapas 1 a 5), foi realizado um estudo de caso em uma bacia de relevante interesse no contexto do município de Belo Horizonte – a Bacia do Bonsucesso.

A área em estudo, integrante de um programa da Prefeitura Municipal que visa recuperar os fundos de vale e córregos em leito natural ainda existentes na cidade, apresenta, dentre outros, sérios problemas relacionados a inundações, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos, assim como ocupação informal da várzea dos córregos (Bonsucesso e Olhos d'Água) por população de baixa renda. A extensão dos fundos de vale em questão equivale a 15 km, aproximadamente, dentro de uma área de contribuição de 1.171 hectares.

A Figura 5 apresenta uma foto da área de estudo com a delimitação da bacia e da rede de drenagem a serem investigadas.



Figura 5 – Bacia do Bonsucesso.

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados dados secundários provenientes de levantamentos anteriores realizados pela Prefeitura (BELO HORIZONTE, 2002), como aqueles relacionados à hidrografia, estabilidade das margens, focos de erosão e ocupação das áreas marginais aos cursos de água. Dessa forma, as inspeções de campo ainda serão realizadas, de forma a verificar e consolidar as informações disponibilizadas e desenvolver o estudo de forma integrada, como preconizado pela metodologia aqui proposta.

Nesse sentido, de posse da delimitação da área da bacia e do levantamento da rede de drenagem, procedeu-se à divisão dos cursos de água alvo de intervenção em trechos homogêneos. Tendo em vista que toda a rede apresenta-se em leito natural, adotou-se como critério de divisão a ocupação do solo ao longo dos canais, as condições de estabilidade das margens e a presença de focos de erosão. Todas essas informações foram integradas em um mapa específico, o que tornou possível uma avaliação global das condições existentes no local.

Portanto, de posse das informações previamente comentadas, foi feita uma análise das condições de degradação física e funcional dos córregos Bonsucesso e Olhos d'Água ao longo de toda a rede de drenagem, tendo sido identificadas quatro situações principais:

- A1: estado físico pouco alterado e grau de perturbação funcional pequeno;
- A2: estado físico pouco alterado e grau de perturbação funcional médio;

- B1: estado físico medianamente alterado e grau de perturbação funcional pequeno;
- B2: estado físico medianamente alterado e grau de perturbação funcional médio.

A partir dessa prévia classificação foi elaborado, então, o mapa de degradação da área de intervenção, conforme ilustrado na Figura 6.

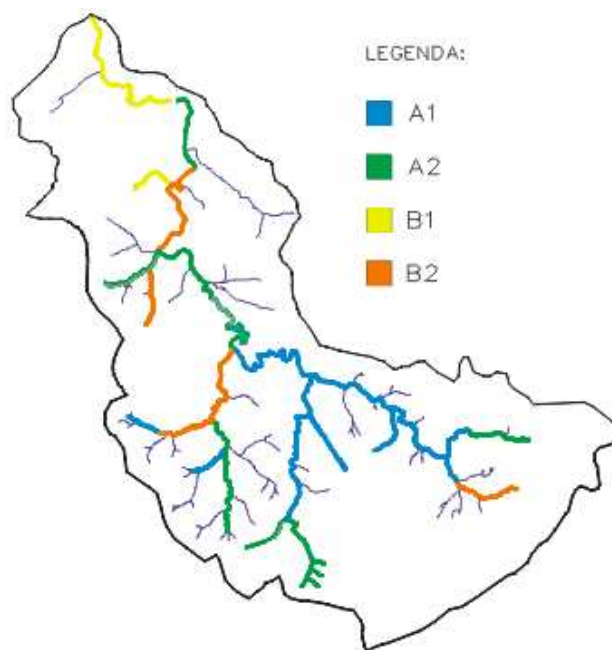


Figura 6 – Mapa de degradação dos córregos integrantes da Bacia do Bonsucesso.

Apesar das limitações inerentes à elaboração do mapa da Figura anterior, desde já nota-se a sua potencialidade de fornecer dados relevantes a respeito do estado de degradação dos cursos de água de forma clara e objetiva, o que facilita a compreensão da real situação existente na área de intervenção.

6 CONCLUSÕES

A proposta metodológica de avaliação e classificação de trechos de cursos de água apresentada neste documento, constituinte de uma sistemática de análise mais ampla e abrangente, representa importância particular para a fase de proposição de alternativas de intervenção em rios e córregos urbanos.

A representação das condições física, funcional e de qualidade da água dos canais no mapa de drenagem da bacia permite uma avaliação realista da condição em que os trechos em estudo se encontram, assim como uma visão global do sistema de drenagem no contexto da área de intervenção. Esta análise, juntamente com a avaliação do potencial de restauração de cada trecho,

constitui-se em uma ferramenta importante no delineamento e na análise de intervenções em cursos de água inseridos em bacias urbanas.

Cabe ressaltar, no entanto, o importante papel do responsável pela condução das análises propostas, uma vez que estas são qualitativas e requerem, portanto, grande coerência e critério para se proceder às avaliações.

Como desdobramento do trabalho ora apresentado, pretende-se consolidar e validar a metodologia com sua aplicação, de forma completa, em diversos outros cursos de água urbanos, subsidiando assim a análise integrada “curso de água – bacia hidrográfica”, objeto final da pesquisa em curso.

7 AGRDECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de doutorado concedida, ao CNPq e à FAPEMIG pela viabilização da presente pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale dos Córregos em Leito Natural. Diagnóstico Sanitário e Ambiental. Bacia do Córrego Bonsucesso – 4110400. Lote 1. Volume 1 – Tomo I. 2002.

BERNHARDT, E.S, PALMER, M.A. 2007. “*Restoring streams in an urbanizing world*”. *Freshwater Biology* 52, p.738-751.

BRIERLEY, G, FRYIRS, K, OUTHET, D, MASSEY, C. 2002. “*Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia*”. *Applied Geography* 22, p.91-122.

CARDOSO, A.S. *Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas*. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CHIN, A; GREGORY, K.J. 2005. “*Managing urban river channel adjustments*”. *Geomorphology* 69, p.28-45.

GREGORY, K.J. 2002. “*Urban channel adjustments in a management context: An Australian Example*”. *Environmental Management* 29 (5), p.620-633.

GREGORY, K.J, CHIN, A. 2002. “*Urban stream channel hazards*”. *Area* 34, p.312-321.

KELLERHALS, R, CHURCH, M, BRAY, D.I. 1976. “*Classification and analysis of river processes*”. Journal of Hydraulics Division ASCE 102, p.813-829.

KONDOLF, G.M, MONTGOMERY, D.R, PIÉGAY, H, SCHMITT, L. (2003). “*Geomorphic Classification of Rivers and Streams*” in *Tools in fluvial geomorphology*. Kondolf, G.M e Piégay, H. (ed). John Wiley and Sons Ltd., p.171 - 204.

LOUDIN, L.C. 2001. “*River quality assessment system in France*” in Proceedings MTM III - River quality assessment system in France. p.169-176.

ROSGEN, D.L. 1994. “*A classification of natural rivers*”. Catena 22 (3), p.169-199.

WOHL, E., ANGERMEIER, P.L, BLEDSOE, B., KONDOLF, G.M., MacDONNEL, L., MERRITT, D. M., PALMER, M.A., POFF, N.L., TARBOTON, D. “*River Restoration*”. Water Resources Research 41, w 10301, p.1-12, 2005.