

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO NO CÓRREGO BOM RETIRO EM BETIM, M.G.

Adriana Sales Cardoso^{1} & Márcio Benedito Baptista²*

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação de uma metodologia de auxílio à decisão desenvolvida com a finalidade de subsidiar processos de intervenção em cursos de água urbanos, a partir da incorporação e integração de variáveis urbanísticas, ambientais, sociais, econômicas e tecnológicas na condução do processo de concepção, análise e comparação de diferentes alternativas. A ferramenta de análise multicritério, pautada em indicadores, possibilita o suporte à decisão em fase de estudos preliminares, levando em conta a multiplicidade de fatores que caracterizam a complexidade do cenário urbano. De forma a ilustrar a aplicação da metodologia, foi realizado um estudo de caso no Córrego Bom Retiro, situado na cidade de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. As alternativas estudadas foram analisadas segundo a sua viabilidade urbanística e tecnológica de implantação e critérios relacionados ao seu grau de atendimento aos objetivos propostos, seus impactos ambientais, sociais e urbanísticos e os custos de implantação e manutenção das estruturas, notadamente no que se refere à calha.

Palavras-Chave – Cursos de água urbanos; auxílio à decisão; indicadores

APPLICATION OF A METHODOLOGY TO HELP THE SELECTION OF ALTERNATIVES OF INTERVENTION IN THE BOM RETIRO WATERCOURSE, BETIM, M.G.

ABSTRACT

This article presents the application of a decision support system developed with the aim to assist intervention processes in urban water courses, considering the incorporation and integration of urban, environmental, social, economical and technological variables in the conduction of the process of conception, analysis and comparison of different alternatives. The multicriteria tool mentioned, based on indicators, supports preliminary decisions, taking into account the great number of factors that delineate the urban scenery. In order to illustrate the methodology's application, this article presents a case study done in a watercourse located in the city of Betim, Minas Gerais, Brazil. The three alternatives studied were analyzed according to their urban and technological implementation feasibility and aspects related to their level of attendance to the proposed objectives of intervention, their environmental, social and urban impacts and implementation and maintenance costs of the channel structure.

Keywords – Urban watercourses; decision support system; indicators

¹ Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Arquiteta e urbanista da Cobrape. Rua Alvarenga Peixoto, 295 – 3º andar. CEP 30.180-120. Belo Horizonte – MG – Brasil. Telefone: (31) 3546-1950. Email: adriana.projetos@gmail.com

² Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627 – CEP 31.270-901. Belo Horizonte – MG – Brasil. Telefone: (31) 3409-4081. Email: marcio.baptista@chr.ufmg.br

INTRODUÇÃO

O processo de constituição das cidades se relaciona intimamente com a transformação do meio natural, implicando, em inúmeros casos, em diversos impactos negativos sobre as águas urbanas, como alterações de qualidade, quantidade e regime.

Além desses aspectos, associados às interferências da urbanização sobre o ciclo hidrológico e o aporte de poluentes, são notáveis as intervenções diretas na estrutura física dos cursos de água, configurando um quadro de sérios danos ao meio ambiente e à paisagem das cidades. O aumento na frequência dos eventos de inundação, a perda da diversidade de *habitats* e a desconsideração dos rios e córregos como elementos embelezadores e integrantes da paisagem são apenas alguns exemplos que podem ser citados, contribuindo para a perda de qualidade de vida nas urbes.

No entanto, esse cenário de degradação, aliado aos preceitos da “sustentabilidade”, induzem, no momento atual, à adoção de novas abordagens para o tratamento da questão. Notadamente no panorama internacional, são notáveis algumas propostas de reintegração de rios à paisagem das cidades, pautadas em conceitos que procuram compatibilizar uma diversidade de demandas, inclusive sob a premissa de restauração. No Brasil, todavia, as iniciativas observadas são mais escassas e tímidas, centradas em cursos de água ainda não canalizados e em intervenções de pequena escala, tanto em termos espaciais quanto de escopo.

Nesse quadro, ao contrário do modelo usual de seleção de alternativas – geralmente pautado em análises de custo-benefício –, o cenário que desponta com as questões socioambientais exige a incorporação de novos critérios aos procedimentos de análise, como aqueles propostos por Espanha (2007), Woolsey (2007), URBEM (2005a), Brierley *et al* (2002), Gregory e Chin (2002) e CWP (2005), que procuram integrar um conjunto de variáveis – naturais, urbanísticas, sociais, de gestão, etc – aos processos de restauração fluvial.

No entanto, grande parte das metodologias mencionadas é mais aplicável ao meio rural, além de apresentarem procedimentos de análise significativamente complexos e a necessidade de levantamento de uma gama muito ampla de dados para a sua consecução, o que dificulta – e, em certos casos, inviabiliza – a sua aplicação.

Em vista das lacunas encontradas, principalmente no que tange ao emprego das metodologias ao meio urbano e a sua utilização na fase de estudos preliminares – à qual deve estar associado um procedimento de aplicação expedita –, Cardoso (2012) propõe uma metodologia de auxílio à decisão que busca estruturar as etapas de *concepção, análise, comparação e seleção de alternativas* inerentes aos processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água urbanos, orientando o seu procedimento de análise e subsidiando a tomada de decisão.

Em termos gerais, a metodologia proposta apresenta-se bastante flexível, permitindo a incorporação de novos critérios de análise e a eliminação daqueles considerados pouco pertinentes, de acordo com as particularidades de cada caso. A sua construção foi pautada em levantamento bibliográfico, na avaliação de casos concretos e na discussão com profissionais envolvidos com a questão, de forma a torna-la mais consistente e realista. O procedimento da análise, essencialmente qualitativo – ainda que utilize métodos quantitativos para a determinação de índices – exige critério e discernimento do analista, sendo de significativa importância a participação de equipes multidisciplinares na sua condução. No item a seguir, a metodologia proposta é descrita sucintamente, sendo, em seguida, aplicada a um estudo de caso.

METODOLOGIA ADOTADA

A partir das lacunas encontradas nos procedimentos de auxílio à concepção, análise e seleção de alternativas de intervenção em rios e córregos urbanos, a metodologia referida

anteriormente visa estruturar as etapas envolvidas em processos decisórios multicriteriais, notadamente daqueles relacionados às operações urbanísticas que apresentem interferências ou impliquem em intervenções diretas nos cursos de água, orientando a sua análise na fase de estudos preliminares.

Conforme detalhadamente apresentado em Cardoso (2012) e Cardoso e Baptista (2013), a metodologia fundamenta-se em um conjunto de indicadores e índices, estruturando-se em seis etapas, conforme o fluxograma da Figura 1 e descrição sucinta realizada na sequência, juntamente com o estudo de caso, no próximo item deste artigo.

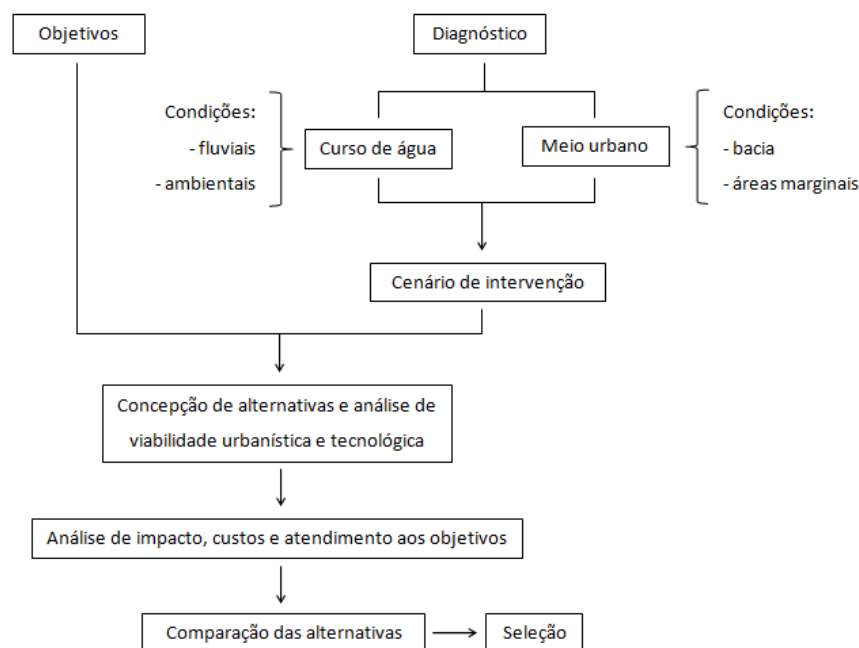


Figura 1 – Fluxograma da metodologia proposta

ESTUDO DE CASO

A metodologia brevemente comentada neste trabalho foi aplicada a um curso de água localizado na cidade de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte/Brasil (Figura 2), em trecho de 1,3 km de extensão.

As condições da área de estudo e os objetivos da intervenção, assim como as alternativas concebidas para a área e a sua análise e comparação são sucintamente discutidos nos itens a seguir.

Etapa Determinação dos Objetivos da Intervenção

Nesta etapa devem ser claramente definidos os objetivos da intervenção, assim como estabelecida a relação de importância entre os mesmos, por meio da atribuição de pesos. No caso em estudo, a intervenção no Córrego Bom Retiro teve por objetivo o controle de cheias (peso 2), a ampliação de sistema viário (peso 1) e a implantação de redes coletoras de esgoto (peso 1).

Etapa Diagnóstico

Esta etapa consiste no levantamento de aspectos fluviais e ambientais do curso de água e de características urbanas da sua área de inserção, notadamente quanto ao uso e ocupação do solo.

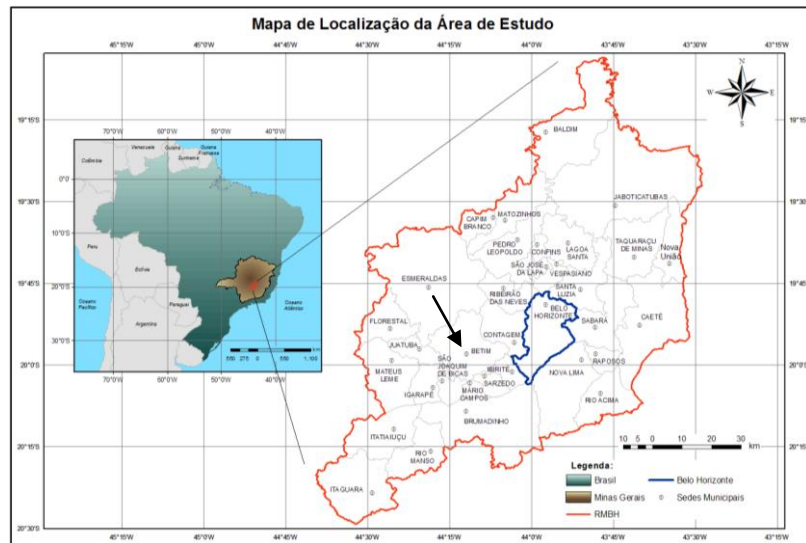


Figura 2 – Localização da cidade de Betim na região metropolitana de Belo Horizonte, Brasil

No caso específico, antes das obras de intervenção, o curso de água em estudo apresentava-se em leito natural, com as margens irregularmente ocupadas por assentamentos precários de população de baixa renda. Em função dos constantes extravasamentos da calha, as áreas marginais sofriam recorrentes problemas socioambientais, submetendo a população a danos materiais e riscos sanitários, em função da baixa qualidade da água do córrego e à presença de esgoto, lixo e roedores. A Figura 3 ilustra a extensão do trecho estudado e as condições locais anteriores à intervenção.



Figura 3 – Imagem de satélite do trecho alvo de estudo (posterior às obras) e fotos do local antes da intervenção

Etapa Concepção de Alternativas

A concepção de alternativas para intervenção na área de estudo deverá ser realizada com base na compatibilização entre os objetivos da operação urbana e o cenário diagnosticado, analisando-se, em seguida, sua viabilidade urbanística e tecnológica de implantação à luz dos aspectos econômicos, legais, sociais, políticos e técnico-construtivos.

Diante do quadro de degradação do curso de água, a Prefeitura Municipal estudou três alternativas para intervenção na área de estudo (Figura 4), optando pela execução de uma avenida sanitária em trecho corresponde a dimensões aproximadas de 1,3km de extensão e 35m de largura.

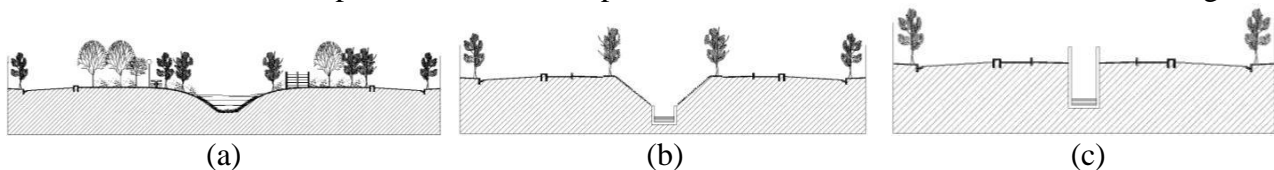


Figura 4 – Alternativas estudadas pela Prefeitura de Betim para intervenção no Córrego Bom Retiro

Legenda:

- (a) Alternativa 1: curso de água em leito natural, em área inserida dentro dos limites da mancha de inundação definida pelos estudos hidrológicos/hidráulicos;
- (b) Alternativa 2: canal aberto revestido em concreto e grama (solução adotada);
- (c) Alternativa 3: canal aberto revestido em concreto.

À luz da impossibilidade *a priori* de implantação da Alternativa 1, o presente estudo de caso contempla, além das alternativas 2 e 3, uma quarta solução de intervenção, compatibilizando a seção natural da alternativa 1 com as condições de uso e ocupação do solo da área de entorno, ocupada irregularmente por habitações de baixa renda (Figura 5).

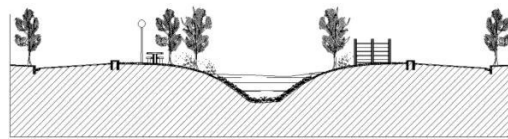


Figura 5 – Intervenção mista entre a solução 1 e as condições de uso/ocupação do solo da área de estudo

Deve-se ressaltar que todas as alternativas contemplam faixas de tráfego em ambas as margens do córrego (com a mesma largura em todos os casos) e, conseqüentemente, números de remoção de população relativamente distintos, em função da largura da seção do canal.

Ainda, há que se mencionar as alternativas 2, 3 e 4 contempladas neste estudo foram aprovadas segundo análises de viabilidade urbanística e tecnológica, não sendo observados entraves de cunho legal, social, político ou tecnológico que pudessem tornar inviável a sua implementação.

Etapa Análise de impactos, custos e atendimento aos objetivos

Neste momento, as alternativas de intervenção aprovadas na etapa anterior são avaliadas segundo o seu grau de atendimento aos objetivos da intervenção, os impactos decorrentes da sua adoção e os custos associados à sua implantação e manutenção.

Análise do grau de atendimento aos objetivos da intervenção: neste caso, foram considerados três objetivos – controle de cheias, implantação de sistema viário e de redes coletoras de esgoto. Os dois últimos objetivos foram plenamente alcançados por todas as alternativas, que apresentaram exatamente a mesma solução de intervenção. No que tange o controle de cheias, apesar das alternativas considerarem diferentes configurações de seção, todas elas satisfizeram em 100% o objetivo de proteção para o mesmo Tempo de Retorno. Sendo assim, mesmo que a importância relativa dos objetivos não seja a mesma (e.g. o controle de cheias foi considerado, pelo analista, duas vezes mais importante que os demais), todas as alternativas recebem a mesma pontuação para o índice em análise.

Análise de impactos: a consecução desta análise pautou-se no ordenamento dos indicadores de impacto segundo o seu grau de importância relativo (Tabela 1) e, em seguida, na pontuação da magnitude dos impactos decorrentes da adoção de cada alternativa proposta (Tabela 2). A integração dessas duas avaliações, resultando em uma pontuação final de impacto, é apresentada na Tabela 3.

Tabela 1 – Importância relativa dos indicadores de impacto

Grau de importância	Indicador
9	Regime hidrológico, remoção/desapropriação/reassentamento
7	Seção transversal, integração urbanística
5	Desenvolvimento longitudinal, integridade morfológica
3	Áreas verdes adjacentes
1	Diversidade de <i>habitats</i> , relação entre o curso de água e a população
0	-

Tabela 2 – Análise de impacto das três alternativas de intervenção estudadas

Dimensão	Indicador	Alternativa		
		#2	#3	#4
Fluvial	Desenvolvimento longitudinal	0	-2	-2
	Seção transversal	+3	-3	-4
	Integridade morfológica	+5	+5	+5
	Regime hidrológico	+5	+5	+5
Ambiental	Diversidade de <i>habitats</i>	+3	-1	-2
	Áreas verdes adjacentes	+4	-2	-4
	Integração urbanística	+5	+2	+1
Sociocultural	Relação entre o curso de água e a população	+5	+2	+1
	Remoção, desapropriação e reassentamento	-5	-2	-1

Tabela 3 – Pontuação final de impacto das três alternativas estudadas

Grau de importância	Indicador	Alternativa		
		#2	#3	#4
9	Regime hidrológico	+5x9=+45	+5x9=+45	+5x9=+45
	Remoção, desapropriação e reassentamento	-2x9=-18	-1x9=-9	-5x9=-45
7	Seção transversal	-3x7=-21	-4x7=-28	+3x7=+21
	Integração urbanística	+2x7=+14	+1x7=+7	+5x7=+35
5	Desenvolvimento longitudinal	-2x5=-10	-2x5=-10	0x5=0
	Integridade morfológica	+5x5=+25	+5x5=+25	+5x5=+25
3	Áreas verdes adjacentes	-2x3=-6	-4x3=-12	+4x3=+12
1	Diversidade de <i>habitats</i>	-1x1=-1	-2x1=-2	+3x1=+3
	Relação entre o curso de água e a população	+2x1=+2	+1x1=+1	+5x1=+5
Total		+30	+17	+101

Análise de custos: a estimativa dos custos de implantação e manutenção das alternativas estudadas, apresentada na Tabela 4, foi realizada considerando-se as características listadas a seguir, salientando-se que todas elas correspondem a 1,3 km de extensão à qual se soma uma extensão de 200m correspondentes a travessias em bueiros celulares com seção de 3,00m x 2,00m:

- Alternativa #2: canal com seção mista, sendo a seção inferior retangular, em concreto, nas dimensões de 3x2m e a seção superior trapezoidal, em grama;
- Alternativa #3: canal em concreto com seção retangular de 3x2m;
- Alternativa #4: seção natural preservada (seção b=3m, B=6m e h=1,5m), com aplicação de biomanta, biorretenedores e retaludamento nos trechos de margens com inclinação próxima a 90° (20% do curso de água).

Tabela 4 – Avaliação de custos das três alternativas estudadas

Alternativas	Custo de implantação (CI) – R\$		VPL (CMO) – R\$		Ic _K – R\$
2	Canal em seção mista (concreto e grama)	Bueiros	Canal seção mista	Bueiros	5.945.220,01
	3.817.804,76	812.664,40	1.134.942,56	179.808,38	
3	Canal em concreto	Bueiros	Canal em concreto	Bueiros	5.776.242,58
	3.649.347,24	812.664,40	1.134.422,56	179.808,38	
4	Escavação + Biomanta + Biorretentor	Bueiros	Biomanta + Biorretentor	Bueiros	1.345.438,09
	242.468,17	812.664,40	55.721,89	179.808,38	

Os custos unitários considerados tiveram por base os estudos de Evangelista (2011) e Evangelista *et al* (2011).

Etapa Comparação de alternativas

A comparação das alternativas em estudo é realizada por meio da representação gráfica dos resultados encontrados na etapa anterior, nas três dimensões de análise consideradas, em valores percentuais. A Figura 6 ilustra o grau de atendimento de cada alternativa em relação aos índices considerados, sendo as mesmas tanto melhores quanto mais próximas dos vértices.

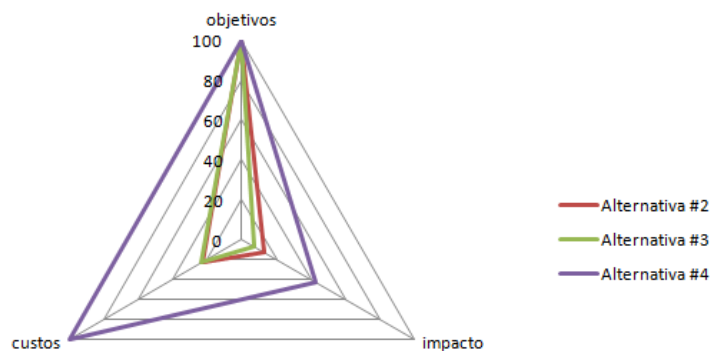


Figura 6 – Comparação das alternativas estudadas para o Córrego Bom Retiro

De acordo com o gráfico anterior, a Alternativa 4 desponta como a melhor dentre as demais, estando consideravelmente à frente em termos de custos e impactos e igualmente avaliada no tocante ao grau de atendimento aos objetivos da intervenção.

Etapa Seleção de alternativas

A seleção da alternativa a ser adotada fica a cargo do decisor, a partir da conjugação dos resultados encontrados pela aplicação da metodologia nas etapas precedentes, com questões de outras naturezas, tais como orçamento disponível, cronograma de implantação, avaliação política, etc.

Cabe ressaltar que no caso do Córrego Bom Retiro, no entanto, o estudo apresentado foi realizado após a obra executada e, portanto, serve apenas como caso ilustrativo do uso da ferramenta como suporte à decisão.

CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia ao estudo de caso apresentado permite verificar onde as alternativas de intervenção em análise mais se aproximam ou se afastam, considerando os impactos

decorrentes da sua adoção, seus custos de implantação e manutenção e o seu grau de atendimento aos objetivos propostos. Desta forma, sua utilização permite cumprir um papel de apoio ao próprio desenvolvimento de alternativas de intervenção, ainda na fase de concepção.

A ferramenta em questão mostrou-se de fácil emprego, apresentando resultados consistentes para subsidiar a tomada de decisão na fase de estudos preliminares. Ainda, se mostra flexível e aberta à incorporação de novos critérios – em consonância com as especificidades de cada cenário de intervenção – exigindo critério e discernimento por parte do analista, que deve considerar as particularidades do seu objeto de análise, selecionar e ponderar indicadores e avaliar e comparar os resultados encontrados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela bolsa de doutorado concedida no Brasil e no exterior, e ao CNPq e Fapemig, pelo apoio geral à pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

CARDOSO, A.S.; BAPTISTA, M. B. Sistemática para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas. REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina. 2013. Artigo aceito para publicação.

CARDOSO, A. S. *Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas*. 2012. 331f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

(CWP) CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. *Urban Subwatershed Restoration Manual Series. An Integrated Framework to Restore Small Urban Watersheds*. Manual 1. 116p. 2005.

ESPAÑA. Ministerio de Medio Ambiente. *Restauración de rios: Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. 318p. 2007.

EVANGELISTA, J.A.; MOURA, P.M.; BAPTISTA, M.B. *Avaliação preliminar de custos de implantação e manutenção de intervenções em cursos de água*. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, Brasil. 2011.

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

(URBEM) URBAN RIVER BASIN ENHANCEMENT METHODS. *Decision Support Framework for Assessing and Managing Urban River Rehabilitation (Work packages 5 & 9)*. HR Wallingford, Inglaterra. 72p. 2005a.

WOOLSEY, S.; CAPELLI, F.; GONSER, T.; HOEHN, E.; HOSTMANN, M.; JUNKER, B.; PAETZOLD, A.; ROULIER, C.; SCHWEIZER, S.; TIEGS, S.D.; TOCKNER, K.; WEBER, C.; PETER, A. A strategy to assess river restoration success. *Freshwater Biology* 52, p. 752-769. 2007.