

IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA PASSÍVEIS DE SEREM APLICADAS AO RIBEIRÃO DOS MENINOS, VISANDO A SUA RENATURALIZAÇÃO

Simoni Antoniassi Esposi⁽¹⁾

Aluna do 6º ano do Curso de Engenharia – Habilitação: Civil
Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

Marcelo Akutsu Takada⁽²⁾

Aluno do 6º ano do Curso de Engenharia – Habilitação: Civil
Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

Pedro José da Silva⁽³⁾

Professor Associado da Escola de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia /**IMT**
Engenheiro Civil – Universidade Santa Cecília dos Bandeirantes/**UNISANTA**
Mestre em Saneamento Ambiental – Universidade Presbiteriana Mackenzie/**UPM**
Doutor em Engenharia Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/**EPUSP**
Pós-doutorado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/**IPEN**

Endereço⁽¹⁾: Av Augusto de Toledo, 675, ap. 126 – Bairro: Santa Paula – Cidade: São Caetano do Sul
Estado São Paulo - CEP: 09540-080 – País Brasil - Tel: +55 (11) 4231-4407
e-mail: simoniesposi@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Rua Padre Eugênio Lopes, 147 – Bairro: Vila Progredior – Cidade: São Paulo
Estado São Paulo - CEP: 05615-010 – País Brasil - Tel: +55 (11) 3721-3544
e-mail: marceloakutsu@gmail.com

Endereço⁽³⁾: Rua Conde de Assumar, 191 – Bairro: Vila Nivi/Tucuruvi – Cidade: São Paulo
Estado São Paulo - CEP: 02255-020 – País Brasil - Tel: +55 (11) 2931-9276 - Fax: +55 (11) 2931-9276
e-mail: p-jose-silva@uol.com.br

RESUMO

O meio ambiente de uma bacia hidrográfica é formado por duas porções, uma biogeofísica e a outra sócio-econômico-cultural. A ocupação e o uso da porção física do meio ambiente identificada como solo, localizada em trechos marginais de rios, em áreas urbanas, é responsável por inúmeros impactos ambientais adversos ao meio ambiente, exigindo a execução de obras hidráulicas fluviais. O presente trabalho tem por objetivo identificar as obras hidráulicas fluviais e as técnicas de bioengenharia passíveis de serem aplicadas nos leitos do Ribeirão dos Meninos, em específico, no trecho em frente ao Campus da Mauá, em São Caetano do Sul, até o ponto de encontro com Rio Tamanduateí, visando a sua renaturalização. A metodologia fundamenta-se em um estudo descritivo ou de levantamento, pois consiste em observar e registrar eventos que ocorrem em um determinado espaço do mundo real, identificado como Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos, o que caracteriza então um Estudo de Caso, e ainda buscar o estabelecimento de relações de temporalidade ou correlação entre os fenômenos observados. Destaca-se como principal resultado o entendimento da questão onde a substituição de obras hidráulicas tradicionais por métodos de engenharia ambiental não se constitui simplesmente em substituição de obra, mas sim de material.

PALAVRAS-CHAVE: Ribeirão dos Meninos, Técnicas de Bioengenharia, Renaturalização.

INTRODUÇÃO

O uso de plantas para a restauração de margens de rios com trechos urbanos, não deve ser visto, simplesmente, como uma questão de paisagismo, pois ao se tratar a questão com este enfoque, comete-se um erro de grandes extensões.

O conceito de renaturalização dos cursos de água, em específico do Ribeirão dos Meninos, empregado neste artigo é emprestado daquele utilizado nas linhas básicas da renaturalização de rios da Europa. A renaturalização tem como objetivos: *recuperar rios e córregos de modo a regenerar o mais próximo possível a biota natural, através do manejo regular ou de programas de renaturalização; preservar as áreas naturais de inundação e impedir quaisquer usos que inviabilizem tal função.*

Os objetivos da renaturalização são alcançados à medida que o plano de renaturalização considera, simultaneamente, os conhecimentos de engenharia hidráulica e técnicas de bioengenharia, em seu desenvolvimento.

A renaturalização de um rio, não significa a volta a uma paisagem original não influenciada pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável dos rios e da paisagem em conformidade com as necessidades e conhecimentos contemporâneos.

A abordagem do tema renaturalização aplicado ao Brasil, exige alguns cuidados, pois, alguns países da Europa, apresentam dimensões físicas que correspondem a um estado brasileiro, sendo assim a porção física do meio ambiente que corresponde às águas, mais especificamente o local das águas, “rios”, encontra-se extremamente alterado, pois qualquer obra hidráulica, como exemplo a retificação de meandros, produz grande impactação nesse curso de água, além das suas águas poderem apresentar em diferentes trechos do rio, diferentes tipos de poluição, a saber: poluição biológica, poluição química, poluição radioativa, etc. não existindo portanto uma biota.

JUSTIFICATIVA

O crescimento urbano, na maior parte das metrópoles, se processou de forma acelerada e, somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante na elaboração de projetos que consideraram esta expansão. Tem-se como efeito direto deste crescimento o aumento das áreas impermeabilizadas e, conseqüentemente as vazões afluentes aos receptores originais, aumentam devido à redução dos tempos de concentração. Este aumento faz-se verificar nas zonas de menor cota, próximas às várzeas dos rios, e nas cidades litorâneas, mais especificamente na região beira mar.

Nas últimas décadas as várzeas dos rios, considerado como o leito maior ou de cheia, passaram a ser incorporadas ao sistema viário, por meio das denominadas *vias de fundo de vale*. Tal ação fez com que inúmeros cursos de água viessem a receber uma intervenção de engenharia em menor ou maior grau e intensidade, direta ou indiretamente, o que resultou em obras hidráulicas fluviais, tais como a retificação e canalização a céu, em alguns casos os cursos de água foram encerrados em galerias, de modo a permitir a construção de vias marginais sobre as antigas alças dos meandros.

As obras hidráulicas fluviais, entendidas como solução para muitos problemas, de um modo geral, atualmente, apresentam caráter localizado. Os trechos dos cursos de água que receberam as obras de hidráulica fluvial, aqui e acolá, reduzem o prejuízo das áreas afetadas, mas, por causa da transferência de vazões verifica-se que as inundações agravam-se para jusante, uma vez que a drenagem urbana é na sua essência uma questão de “alocação de espaços”. Em síntese a utilização de uma parcela dos leitos dos rios agora é possível devido a execução das obras hidráulicas fluviais, porém consideradas contraproducentes pois em muitos casos transferem a inundação de uma zona para outra, em geral a jusante.

As vias de fundo de vale, bem as áreas circundantes, com o passar do tempo, atraem intensa ocupação. A ampliação dos sistemas de drenagem existentes nesses locais torna-se impraticável, pois algumas das viabilidades/sustentabilidades técnica, econômica, financeira, política, jurídica, social e ambiental; ou mesmo domínios de estudo econômico, sociocultural, saúde, ecologia/ambiental, direito, relações internacionais, ou ainda dimensões social, ambiental e econômica não podem ser atendidas.

Os motivos desse não atendimento passam pelos altos custos sociais envolvidos e pelos elevados investimentos necessários à implantação de obras hidráulicas fluviais de grande porte. Em alguns cenários,

devido ao alto custo ou mesmo devido à impossibilidade de desapropriação de áreas ribeirinhas, bem como pela necessidade de interrupção de tráfego, a solução requer a utilização de métodos executivos sofisticados e, portanto, de alto custo.

Frente ao cenário apresentado a Hidrologia Urbana viabiliza a aplicação de conceitos inovadores mais adequados aos sistemas de drenagem promovendo o retardamento dos escoamentos, de forma a propiciar o aumento dos tempos de concentração e a conseqüente redução nas vazões máximas, também como amortecer os picos e reduzir os volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios, e ainda, conter tanto quanto possível o run-off no local da precipitação, pela melhoria das condições de infiltração, ou ainda em tanques de contenção.

De acordo com Canholi (2005), a RMSP por meio de ações da PMSP, e do DAEE, bem com das prefeituras da região do ABCD, transformou-se nos últimos anos em referência nacional no que se refere à implantação de soluções inovadoras de drenagem urbana, e conseqüentemente uma mudança radical na filosofia das soluções estruturais em drenagem urbana, pois anteriormente implantavam-se obras de canalização que promovessem a aceleração do escoamento e o afastamento rápido dos picos de cheia para os corpos de água de jusante.

LOCAL DE ESTUDO

Local onde se desenvolve a vida dos homens, animais, plantas ou microrganismos, em estreita relação com um conjunto de circunstâncias externas, que se caracterizam não só pelas propriedades físicas, químicas, biológicas desse local, mas também por outros fatores que regem a vida, como os relacionados às associações dos seres vivos, em geral e particularmente dos seres humanos, tais como aspectos de ordem cultural, legal e outros. Entendido nesta pesquisa como o meio ambiente formado pela bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos.

O meio ambiente que constitui a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos é composto por duas porções, uma biogeofísica e outra sócio-econômico-cultural, embora o homem seja parte destas porções, normalmente, coloca-se como se não o fosse e continuamente tenta mantê-las sobre seu domínio, ver figura 01.

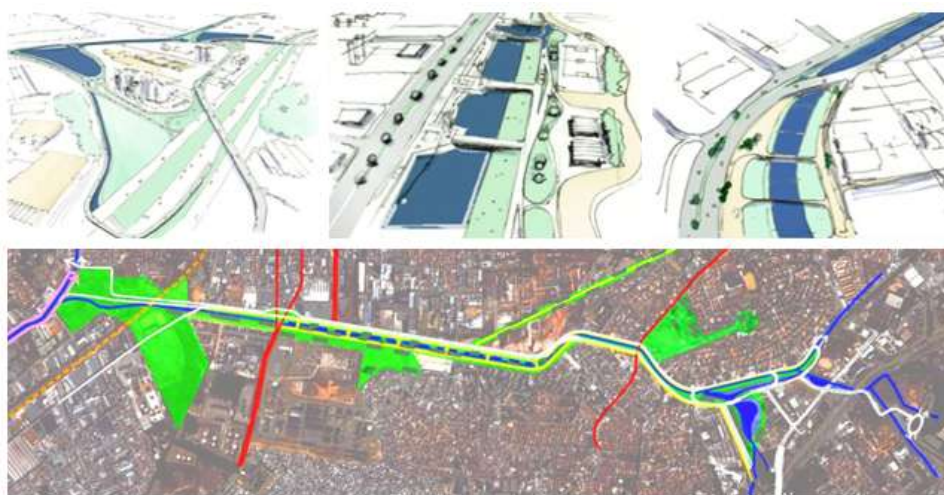


Figura 01 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos.

Fonte: <<https://www.google.com.br/search?q=bacia+do+ribeir%C3%A3o+dos+meninos>>

Acesso em 02/02/2016

O Ribeirão dos Meninos, antigamente se chamava ribeirão dos Couros, nasce no Parque Terra Nova II, atrás da montadora Volkswagen, em São Bernardo, corre entubado sob o corredor do trólebus, todo o centro da cidade e a céu aberto a partir do Paço Municipal, fazendo divisa entre São Bernardo e Santo André; São Bernardo e São Caetano; São Caetano e São Paulo, desaguardo no Tamanduateí, no bairro da Fundação, em São Caetano.

O trecho, do referido ribeirão, a ser abordado neste estudo é aquele que cobre a fachada do Instituto Mauá de Tecnologia voltada para a Av. Guido Aliberti até o seu desagüe no Rio Tamanduateí, ver figura 02. Verifica-

se, não só neste trecho, em toda extensão que o curso de água deixou de ser natural, pois se encontra encaixado entre as avenidas Guido Aliberti e Lauro Gomes. Este cenário resulta em alterações no traçado geométrico e principalmente nas curvas.



Figura 02 – Estirão do ribeirão dos meninos, encaixado entre as avenidas Guido Aliberti e Lauro Gomes.
Fonte – Arquivo dos autores, (2015).

Os recursos naturais apresentados na bacia hidrográfica são finitos e o entendimento das suas limitações dentro do domínio econômico (juros altos, prazos curtos, financiamentos viciosos, arrendamentos por períodos breves, maus salários), dentro do domínio físico (solos, topografia, precipitações, estiagens e ventos) e dentro do domínio social (estado de educação da população, relações entre o homem e a terra, densidade demográfica, uso e posse da terra) são parâmetros que nos permitem identificar o bom ou mau uso dos recursos naturais, segundo VINK (1975).

DELINEAMENTO DO LOCAL DE ESTUDO

O Ribeirão dos Meninos situa-se a leste – sudoeste do município de São Paulo e está inserido na região do ABC paulista, nos municípios de São Bernardo do Campo, Santo André e São Caetano. É afluente da margem esquerda do rio Tamanduateí, possuindo uma área de drenagem total de 112 km², em sua maior parte urbanizada. Antes de desembocar no Tamanduateí, recebe as águas do Ribeirão dos Couros, cuja área de drenagem é de cerca de 48 km². A área de drenagem da bacia superior do Ribeirão dos Meninos, abrangendo desde suas nascentes até o ponto de confluência com o Ribeirão dos Couros é de cerca de 51km² (SÃO PAULO, 1999). Esta última área corresponde àquela inserida no Município de São Bernardo do Campo.

DELINEAMENTO DO ESTUDO DAS AÇÕES PROPOSTAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

As obras de engenharia necessárias à macrodrenagem do Ribeirão dos Meninos, com intervenção direta e indireta nos seus leitos, serão identificadas como ações propostas. As alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia, resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, ou as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a qualidade dos recursos ambientais serão identificadas como impactos ambientais, ver figura 03.

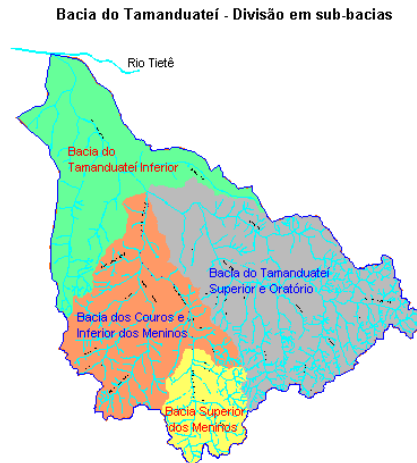


Figura 03 – Limites das Bacias Hidrográficas do Ribeirão dos Meninos e do Rio Tamanduateí;
 Fonte: <<https://www.google.com.br>> Acesso em 02/02/2016

RELEVÂNCIA SOCIAL

Os recursos naturais apresentados na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos são finitos, e somente o entendimento das suas limitações dentro dos domínios econômico, social e físico permitirá ao homem buscar a sua conservação. A relevância social deste trabalho indica a necessidade em desmistificar o dilema dos tempos modernos, isto é, ECOLOGISMO X ECONOMISMO, tão arraigados, em específico na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos, pois a natureza propagandista das questões ambientais faz com que um falso conceito de preservação seja adotado, tendo-se então como resultado uma má distribuição de rendas, ocupação desordenada, clandestinidade de favelas, legislação inadequada, entre outros diversos impactos ambientais negativos às diversas porções do meio ambiente da referida bacia. O estudo dos parâmetros ambientais bem como dos econômicos, dentro das reais dimensões, possibilitará identificar e classificar as diferentes obras hidráulicas fluviais, e assim desenvolver um critério de desempenho que permita classificar as obras realizadas em Producente e Contraproducente.

RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

A relevância científica deste trabalho reside na produção de uma bibliografia que venha a permitir a integração de conhecimentos, técnicas, métodos, materiais, ferramentas e processos utilizados na geração de inovações e solução de problemas onde a bioengenharia encontra cenário adequado para a sua aplicação, como aquele apresentado pelo Ribeirão dos Meninos, a partir do conjunto de obras hidráulicas fluviais executadas entre as décadas de 1970 e 1990.

PLANEJAMENTO, DIAGNÓSTICO E OBJETIVOS DA RENATURALIZAÇÃO DOS RIOS

Para avaliar-se a situação de um rio, é necessária a avaliação do seu entorno, isto é, sua bacia hidrográfica, bem como definir os objetivos específicos da recuperação. É preciso comparar a realidade atual com a situação ideal, considerando as condições ecológicas da zona ribeirinha. A partir daí é possível propor-se uma situação ideal, lembrando-se que ela deverá estar apoiada no conhecimento da situação natural.

ADOÇÃO DE CONCEITOS DE RENATURALIZAÇÃO NA ÁREA URBANA

Em princípio, em zonas não urbanas, há novos métodos para manejo das águas e para a manutenção dos cursos de água. A interrupção do uso agrícola na parte superior da margem do rio também chamada de “berma”, que só é atingida pelas enchentes excepcionais, permitiria a recuperação da vegetação ciliar. Essa vegetação também ocuparia parte da ribanceira ou “talude”, que se constitui na parte da margem compreendida entre o nível de estiagem mínima e o das enchentes normais. A semelhança do que acontece na zona rural, quando se percebe a ocupação e uso dos diferentes leitos dos rios, verifica-se a interrupção desta ocupação e uso traz consigo a viabilidade de se adotar os conceitos de renaturalização, agora, em áreas urbanas.

Quando se fala em substituição de obras hidráulicas tradicionais por métodos de engenharia ambiental, comete-se um “grande erro”, pois a substituição do material empregado para a execução de uma determinada

obra hidráulica fluvial, não se constitui em substituição de obra, mas sim de material, compreendendo diferenças na sua execução.

A substituição de materiais para a execução de obras fluviais permite a recuperação de múltiplas estruturas morfológicas naturais, proporcionando o aumento de biótopos.

A implementação do processo de renaturalização de rios, além de exigir um grande cabedal de conhecimentos a respeito de sua dinâmica morfológica bem como habilidade na aplicação desses conhecimentos também requer a compreensão e a aceitação de população ribeirinha. A demanda por áreas adicionais é avaliada em relação às características do rio, isto é, dinâmica do leito, vazões de enchentes, perfil longitudinal, material transportado, vegetação, etc. É importante lembrar que o rio deixa de ser retilíneo e volta a ser meandrante.

Dependendo do tipo de rio, a transformação anual do seu curso pode limitar-se a poucos centímetros, mas também pode chegar a vários metros. A avaliação de demanda de áreas adicionais orienta-se pelo prazo de 20 a 25 anos. Mapas históricos, levantamentos aerofotogramétricos e observações das condições naturais, trazem informações importantes.

A recuperação da condição natural de rios anteriormente retificados tem como pré-requisito a existência de áreas disponíveis de modo a garantir a exclusão de riscos e prejuízos para terceiros, permitindo assim melhorar as condições do ecossistema.

Para assegurar a recuperação das áreas lindeiras em longo prazo, é necessário indicá-las em todos os planos estaduais e municipais de uso e ocupação do solo, atendendo a lei.

ANÁLISE DE OBRAS FLUVIAS PARA RENATURALIZAÇÃO DOS RIOS

As primeiras obras hidráulicas provavelmente foram executadas antes que o homem fosse homem, Homo Sapiens. Tal como os castores e outros seres construtores, o homem primitivo já se envolvia com obras hidráulicas, mas eram oriundas de uma inteligência instintiva, e não fruto de uma reflexão. Muitos conceitos errôneos e a falta de transmissão de conhecimentos, dentre outros, foram fatores que limitaram a evolução científica da hidráulica durante todo período, desde a antiguidade até o renascimento. É claro que vários outros fatores histórico-tecnológicos reforçaram esta limitação (Pereira, 1994).

A materialização da inteligência reflexiva, entretanto, só começou a tomar forma com as civilizações advindas do encontro d'água com o deserto. Ou seja, os Sumérios, e as demais culturas Mesopotâmicas, e em especial o Egito, a dádiva do Nilo. Até etimologicamente Mesopotâmia tem relação com a água (Pereira, 1994).

Diversas outras civilizações antigas deixaram vestígios, e mesmo obras intactas, no campo da hidráulica, desde a China até a América (Astecas, Incas, Maias e outros), mas foram os grandes pensadores gregos que contribuíram muito para o desenvolvimento da ciência hidráulica, porém pouco se realizou em termos de grandes obras, devido entre outros fatores, ao desprezo pelo trabalho braçal. Coube aos romanos, povo de comportamento mais prático, a realização das grandes e inúmeras obras hidráulicas que até hoje marcam a paisagem do antigo império (Pereira, 1994).

À medida que o Homo Sapiens evolui a condição de Homem, as suas necessidades também evoluíram, tendo-se como consequência direta destas evoluções: o crescimento desordenado das cidades e os diferentes leitos dos rios foram ocupados por ruas, avenidas, e até rodovias. Esta ocupação é responsável por intervenções de engenharia, identificadas como obras hidráulicas fluviais e de macrodrenagem urbana.

A decisão que consiste em obras hidráulicas fluviais objetivando somente questões relevantes à sustentabilidade técnica associadas ao saneamento do meio, deve ser reconsiderada, pois é sabido que um projeto é tão mais completo quanto maior o número de questões relevantes associadas às sustentabilidades econômica, financeira, social, política, jurídica e ambiental forem atendidas.

Antes de se dar início a análise de casos voltados a renaturalização, é necessário que se tenha conhecimento dos seguintes parâmetros, sem os quais o empreendimento estará fadado ao fracasso:

1. Em casos de limitações de áreas disponíveis, devem-se buscar soluções não passíveis de serem “adaptadas”, mas soluções “adequadas” às necessidades de evolução natural, como por exemplo, a fixação de margem de modo a não permitir evolução em área limitada, enquanto a outra margem evolui em área não limitada.

2. A substituição de obras longitudinais por obras transversais para conter uma erosão é procedimento errado, pois as condições que definem um outro tipo de obra são diferentes.

A identificação de situações onde é possível a aplicação de técnicas de bioengenharia exige um prévio conhecimento dos principais tipos de obras hidráulicas fluviais, entretanto a bibliografia referente às obras fluviais é estritamente restrita, tanto em nível nacional quanto internacional, visando a facilitar o entendimento deste artigo apresentam-se as classificações de Van Raalten (1981) apud Camargo Junior (2000) e Silva (2004).

CLASSIFICAÇÃO DE VAN RAALTEN - TIPOS DE OBRAS FLUVIAIS

Poucos são os cursos de água que em condições naturais apresentam características que permitem o uso múltiplo de suas águas, atendendo as diferentes condições de sustentabilidade, necessitando, portanto da implantação, execução e operação de obras fluviais.

Entende-se neste artigo, por obras fluviais a intervenção de engenharia, direta ou indiretamente no curso de água, de modo a resultar em obras de engenharia civil que viabilizam o uso destes cursos de água atendendo as sustentabilidades técnica, econômica, financeira, jurídica, política, social e ambiental.

Escolher entre os diferentes tipos de obras fluviais, não é das missões mais fáceis para o engenheiro, pois além da necessidade do conhecimento teórico a respeito deste tipo de obra, deve também apresentar habilidade, o que lhe permite identificar situações onde é possível aplicar seus conhecimentos teóricos.

Genericamente, existem quatro tipos de obras fluviais, de acordo com Van Raalten (1981) apud Camargo Junior (2000), sendo elas:

1. Obras Simples – demolição e retirada de obstáculos (desenrocamento) e sedimentos (desassoreamento) para viabilizar a navegação.
2. Obras de fixação do leito e proteção de estruturas – aplicação de métodos construtivos tradicionais, como concretagem, enrocamento, atirantamento, aplicação de gabiões, espigões, muros-guia, etc., que fixam as margens e a calha do rio, que protegem pilares, vãos de pontes, entrada de eclusas, etc., promovendo a segurança da navegação.
3. Obras de regularização de vazão – construção de obras como barragens. No caso da construção de barragens, são necessárias obras de transposição para as embarcações.
4. Obras de canalização – trata-se de obras de regularização do leito total de um rio, de interligação de rios ou de criação de ramais paralelos ao leito natural. O primeiro caso é muito comum em hidrovias européias. O canal de Bariri e o canal de Pereira Barreto são exemplos de ramal paralelo e interligação (Oliveira & Brito, 1998).

CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA - TIPOS DE OBRAS FLUVIAIS

Segundo Silva (2004), existe a necessidade de se adequar à classificação de Van Raalten, a realidade brasileira, portanto, adotaremos neste artigo a seguinte proposta de classificação:

1. **Gerais ou de Normalização** - São obras locais visando problemas específicos, do tipo: trecho raso ou curva muito brusca ou margem instável; de modo geral visam o melhoramento dos cursos de água e não influem no regime hidráulico ou morfológico do rio. Dificilmente são usadas sozinhas, sendo comum a sua utilização em conjunto com os outros tipos de obras. As principais obras de normalização são:

1.1. Desobstrução e Limpeza - Consiste na retirada de obstáculos estranhos ao leito, que dificultam o escoamento ou desviam os filetes líquidos. Geralmente são vegetais ou embarcações sossobradas. Utilizam-se embarcações destocadeiras e guindastes. Este tipo de obra não intervém no equilíbrio do rio, portanto, não produz impactos ambientais.

1.2. Limitação dos Leitões de Inundação - Tem a finalidade de facilitar a navegação, concentrando o escoamento num leito bem definido. Outra finalidade pode ser a de proteger os terrenos ribeirinhos. As obras utilizadas neste caso são diques longitudinais. Podem ser construídos a seco, aproveitando o período de

estiagem, localizados no leito menor e de maneira geral em argila (impermeável). Verificar-se que este tipo de obra, intervém no equilíbrio do rio, dando origem a impactos ambientais, que serão minimizados com a execução de obras complementares para a proteção do leito.

1.3. Fechamento de Braços Secundários - Este tipo de obra é utilizado para aumentar a profundidade num dos trechos dos braços do curso de água, mediante o fechamento dos outros. O fechamento é efetuado através de obras permeáveis ou não, geralmente com altura até a cota mínima de navegação, ficando submersos para as vazões maiores. Estas obras são pequenas barragens, que podem ser galgadas, devendo, portanto ter a superfície protegida para evitar a sua destruição, ou soleiras de fundo. Podem ser construídas em enrocamento de pedras ou terra, com proteção na superfície ou ainda em estaqueamento simples ou duplo.

1.4. Proteção das Margens - De um modo geral denominaremos por margem a superfície inclinada do terreno em contato direto com a água ou imediatamente acima, distinguindo-se: a parte superior ou “berma”, que só é atingida pelas enchentes excepcionais e que muitas vezes é constituída pelos diques de proteção contra inundações, a “ribanceira” ou “talude”, entre o nível de estiagem mínima e o das enchentes normais e o “pé da margem” ou “base”, a parte inferior. Abaixo do nível de estiagem, permanentemente submersa (Brighetti & Almeida, 2002).

A ribanceira e o pé da margem são muitas vezes sujeitos às elevadas velocidades, sendo então submetidos a fortes erosões, sobretudo nas zonas inferiores que sustentam o talude, merecendo, pois, maiores atenções e proteção (Brighetti & Almeida, 2002). A proteção das margens tem por finalidade:

1.4.1. Proteger os terrenos marginais (ribeirinhos), isto é, terrenos que ladeiam um curso de água ou que circundam um lago, beira, orla, da ação do escoamento e das ondas naturais ou artificiais;

1.4.2. Reduzir a descarga sólida nos (as) cursos de águas naturais, hidrovias, canais [de irrigação, de drenagem, de adução (usinas)], etc. (Brighetti, 2000).

A proteção das margens tem como conseqüentes vantagens: redução dos bancos de areia; melhoria geral do escoamento; redução da erosão; aprofundamento do leito; fixação do leito navegável, etc.

Em cada situação é necessário procurar o revestimento (obra) que possui as exigências características de: permeabilidade ou impermeabilidade, robustez, flexibilidade, rugosidade, durabilidade e economia, e entre eles adotar o que melhor se adapte às necessidades da obra.

A proteção das margens poderá ser obtida através da *proteção direta ou proteção indireta* utilizando-se técnicas de bioengenharia.

TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA

As técnicas baseadas no uso de plantas para restauração de taludes e vertentes são chamadas técnicas de bioengenharia. São técnicas antigas, originadas nas civilizações sumária e romana. Registros mostram o uso deste tipo de medida na China desde o século XIX, onde gravetos eram usados para estabilizar margens. No início do século XX, a China passou a usar técnicas similares para controle de erosão e inundações ao longo do Rio Amarelo. Os países europeus, especialmente Alemanha, utilizam soluções de bioengenharia no solo a mais de cento e cinquenta anos. Nos Estados Unidos, tais medidas tiveram maior difusão a partir dos anos trinta.

Entretanto, no pós-segunda guerra, com o crescimento de maquinário pesado para uso na terra e o desenvolvimento de novas técnicas estruturais de estabilização de margens e controle de erosão, as práticas de bioengenharia praticamente desapareceram importância na área de recursos hídricos, têm promovido o uso das medidas de bioengenharia como intervenções eficientes e menos impactantes nos cursos de água.

MEDIDAS PARA RESTAURAÇÃO DAS MARGENS DOS RIOS

Escolher entre os diversos tipos de obras para a estabilização das margens é uma missão difícil para o engenheiro, pois estamos protegendo a margem “contra o que?”

Muitos projetos de recuperação de canais tinham como objetivo implícito seu desenvolvimento para navegação. Removiam-se obstáculos e entulhos naturais, como galhos e sedimentos, para que possibilitassem a passagem de embarcações. Posteriormente, segundo estratégias conservacionistas, a restauração do habitat aquático passou a ocupar papel central nas medidas de recuperação dos rios e difundiu-se o conceito de *instream* estruturas, estruturas colocadas dentro do leito do rio, como pedaços de madeira e bancos dissipadores de energia. Embora tais medidas tenham sido fundamentais para o desenvolvimento de práticas de renaturalização fluvial, elas foram adotadas sem o entendimento integrado da dinâmica do curso d'água (Rirley, 1998:354).

Mais tarde, novos conceitos foram incorporados nas abordagens de recuperação dos rios, considerando que estes deveriam estar o mais próximo possível de seu estado natural, ou seja, deveriam ser “renaturalizados”.

Com isto, os processos hidrológicos naturais, como infiltração, escoamento, evapotranspiração e armazenamento, seriam afetados em menor grau, com minimização de impacto no balanço hídrico natural global da bacia. Em consequência, ocorreria a diminuição de distúrbios ambientais, como os relacionados a inundações, escassez hídrica e desequilíbrios no transporte de sedimentos.

RENATURALIZAÇÃO DOS RIOS - OBRAS FLUVIAIS & BIONGENHARIA

As intervenções humanas na bacia hidrográfica, nas áreas urbanas, apresentam como consequência imediata, por exemplo, alterações nos parâmetros que caracterizam o regime de escoamento de um curso de água, resultando, então num aumento da velocidade da água, e havendo a necessidade de obras hidráulicas de proteção de margens, no trecho urbano do rio. Estas obras de proteção podem ser classificadas em obras de proteção contínua e proteção descontínua.

No caso de obras de proteção contínua, de margens que já se encontram erodidas, isto é, já impactada, a proteção contínua visa restabelecer o equilíbrio. No caso de proteção indireta, com a utilização de espigões, reduz-se a seção hídrica, afetando o equilíbrio do rio. Em ambos os casos, os impactos ambientais decorrentes da execução das obras encontram-se localizados naquele trecho de margem e será função do tipo de revestimento. Em cada situação é necessário procurar o revestimento (obra) que possui as exigências características de: permeabilidade ou impermeabilidade, robustez, flexibilidade, rugosidade, durabilidade e economia, e entre eles adotar o que melhor se adapte às necessidades da obra. Apresenta-se a seguir alguns exemplos de obras fluviais de proteção de margem, onde se faz o emprego de técnicas de bioengenharia, visando à minimização de impactos ambientais.

UTILIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL

O sistema radicular dos taludes que tem origem na cobertura vegetal faz com que os vazios entre os blocos de rocha que compõem os solos superficiais, sejam literalmente preenchidos por raízes que os envolve e mergulham para níveis inferiores. Evidencia-se, assim, uma verdadeira malha de tecido lenhoso que amarra os blocos e estrutura os solos coluviais, porém é necessária uma manutenção periódica de modo a evitar o desaparecimento da cobertura vegetal. Na cobertura vegetal, a altura da vegetação deve ser limitada, pois o conjunto de copas e demais partes aéreas da vegetação apresenta os seguintes efeitos desfavoráveis à estabilidade das margens: efeito alavanca, efeito cunha e sobrecarga vegetal.

O Princípio do Nível Mínimo de Energia permite definir o melhor tipo de cobertura vegetal a ser aplicado, na margem de um rio. Neste artigo apresentamos como exemplo de aplicação do referido princípio os métodos possíveis de serem aplicados na parte superior da margem (berma), que só é atingida pela água, quando ocorrem as enchentes excepcionais, apresentando declividade praticamente nula e na parte inclinada da margem (talude ou ribanceira). Em função da declividade os métodos de restauração baseiam-se no uso de material formado por plantas mortas ou vivas. Estes métodos estão divididos em quatro categorias principais, a saber:

UTILIZAÇÃO DE GALHOS, GRAVETOS, TRONCOS, ÁRVORES, RAÍZES

A substituição de galhos e gravetos, varas finas e flexíveis, ramos e paus curtos por **árvores** inteiras dispostas horizontalmente ao longo da margem dos rios, constitui-se na substituição de um material vegetal por outro, também de baixo custo e relativa eficiência na contenção de erosão. A linha de árvores diminui a velocidade do escoamento e captura sedimentos e gravetos, tornando o local adequado para o crescimento vegetal. Entre as árvores podem ser colocadas mudas de plantas que, protegidas, tem desenvolvimento mais rápido. Tanto a

técnica de revestimento com árvores como o uso de gravetos e galhos tem como princípio a diminuição da velocidade do escoamento que leva à erosão de margens. Ver figura 04.



Figura 04: Uso de árvores para controle de erosão
Fonte: SANTANA, (2006).

A restauração de canais com o uso combinado de revestimento com **troncos transversais e pedras** é uma prática bastante difundida e refinada. Os troncos estabilizam as margens e criam correntes circulares que mantêm o sedimento em suspensão facilitando seu transporte ao longo do curso d'água. Ver figura 05.

O nome de rootwads ocorre porque a parte mais visível do tronco, direcionada para o leito, são as raízes. As pedras direcionam o fluxo, possibilitam a formação dos meandros e a dissipação de energia. Este arranjo também permite a criação de zonas que servem de habitat para peixes e invertebrados.

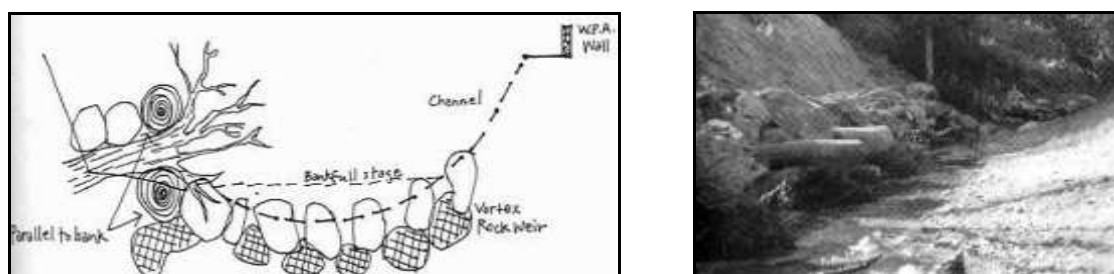


Figura 05: Restauração de canal com troncos e pedras
Fonte: RIRLEY, (1998).

UTILIZAÇÃO DE MUDAS MENORES OU MAIORES CORTADAS DA VEGETAÇÃO RIBEIRINHA

Cortes de espécies ribeirinhas plantadas nas margens servem como base para a prática de restauração de rios, pois estruturam e estabilizam o terreno. Ver figura. Por meio delas, pode ser restabelecidas a comunidade de plantas do local. Além de mudas menores (cuttings) podem ser usadas mudas de maior dimensão. O uso de cortes de ramos ou troncos, utilizados como estacas vivas, dispostos em padrões pré-estabelecidos, representam grande potencial na restauração de rios. Estacas vivas de maior dimensão (pole plantings) transformam-se mais rapidamente em árvores com ganhos significativos na estruturação da margem, porém os efeitos desfavoráveis à estabilidade das margens com o uso de árvores devem ficar limitados às dimensões das árvores. Ver figura 06.

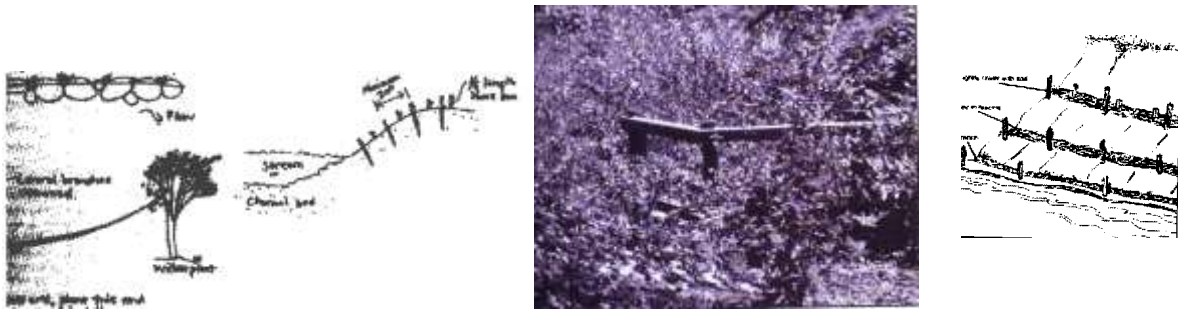


Figura 06: Uso de árvores para controle de erosão
 Fonte: SANTANA, (2006).

UTILIZAÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO DE TALUDE FORMADA COM VEGETAÇÃO MORTA E VIVA

A utilização de varas finas e flexíveis, ramos e paus curtos com que se fazem feixes (assemelhando-se a diques), entretecendo-as com outras varas horizontais mais grossas, formando o que se denomina faxina. É uma técnica, de utilização relativamente simples, de pequeno custo e sendo adequada para pequenos córregos. Ver figura 07. Embora às proteções com ramos, varas e ervas, sejam as menos permanentes de todos os tipos de proteção, apresentam certas dificuldades na sua construção, porém com uma periódica conservação podem ser mantidas em bom estado de funcionamento. Atualmente poderiam ser utilizadas como obras provisórias em regiões de extrema pobreza.

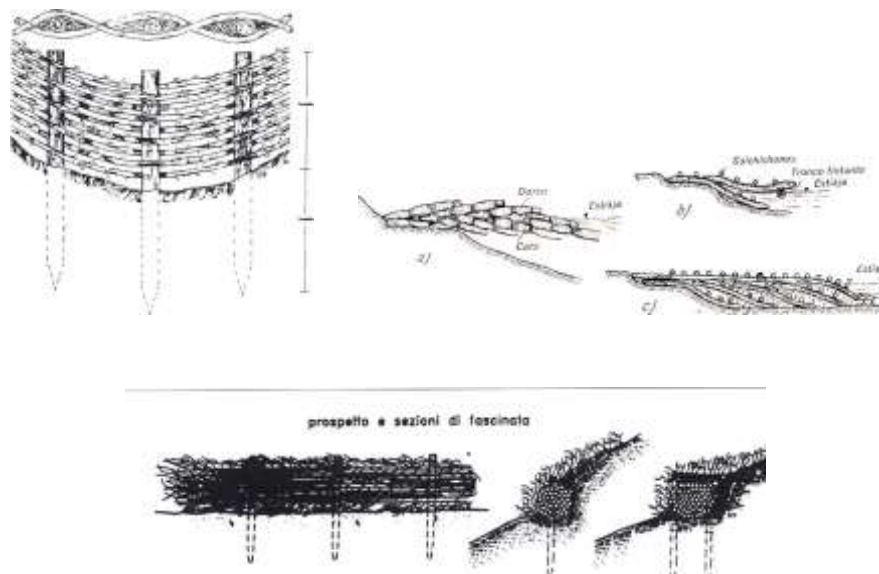


Figura 07: Proteção Direta de Margens – Faxinas
 Fonte: SILVA, (2004).

UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS REFORÇADAS PARA A RECUPERAÇÃO DE MARGENS EM TRECHOS URBANOS

A restauração de margens de cursos d'água localizados em bacias hidrográficas, consolidadas pela ocupada desordenada, torna-se viável com a utilização de estruturas, tais como espigões, diques, enrocamentos, gabiões, cribwall e outras. Estas estruturas quando implantadas e, incorporadas com um mínimo impacto estético e ambiental podem trazer à cidade um embelezamento e criar áreas de convivência. Segundo Rirley (1998), a combinação de medidas estruturais com soluções vegetativas são as melhores soluções para as situações mais críticas. A seguir são fornecidos exemplos destas estruturas.

UTILIZAÇÃO DE ESPIGÕES

São estruturas transversais que avançam desde a margem em direção ao leito do rio, até a nova linha de margem que se pretende formar. Funcionam como defletores do escoamento, afastando-o da margem e combatendo a erosão. Os espigões permeáveis apresentam a vantagem de reduzir velocidades da corrente em vez de desviá-las, o que acelera a sedimentação, em ambiente aquoso, de substâncias minerais ou rochosas e substâncias de origem orgânica. Ver figura 08.



Figura 08 – Proteção Indireta – Espigão permeável, confeccionado troncos, tábuas e bambu.
Fonte: GÓIS & ARAÚJO, (2000).

UTILIZAÇÃO DE DIQUES

São estruturas longitudinais, construídas em geral quando as margens estão sendo erodidas para facilitar a manutenção de uma continuidade até a nova margem. Usa-se, por exemplo, estacas de bambu, entrelaçados de bambu ou outros vegetais, que formam painéis facilitando a sedimentação e formando verdadeiros diques de pestana nos rios de muito transporte sólido em suspensão. Ver figura 09.

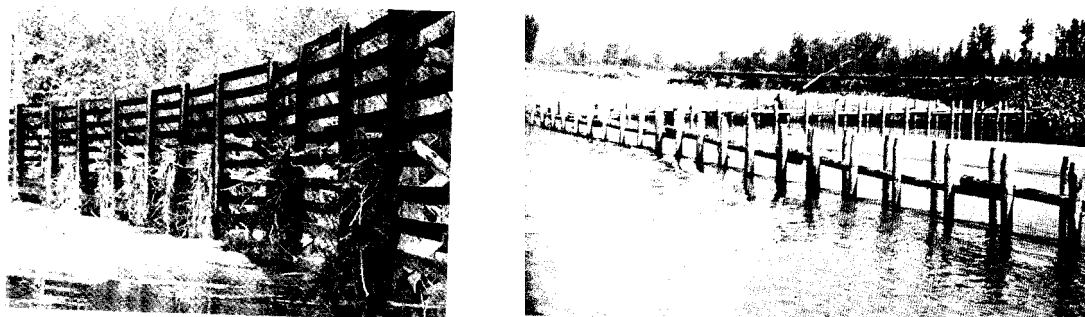


Figura 09 – Proteção Indireta – Construção de diques com troncos e tábuas e troncos de madeira
Fonte: SILVA, (2004).

UTILIZAÇÃO DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO

As peças pré-moldadas em concreto identificadas como “Jakes” são utilizadas como estruturas de reconstrução de taludes para rios de portes variados. São estruturas de fácil manuseio e instalação. Podem ser ajustadas para locais condições variadas e causam impactos ambientais relativamente pequenos. A estrutura “A-Jakes” pode prover a estabilidade no talude ou linha de costa em proporções maiores do que, por exemplo, o uso de um conjunto de rochas com peso similar. Ver figura 10.

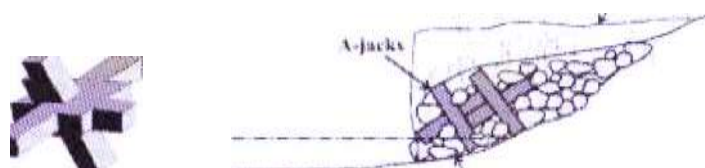


Figura 10 – Proteção Indireta – Uso de “A- Jack”
Fonte: SANTANA, (2006).

UTILIZAÇÃO DE CAIXOTES EM MADEIRA

O uso de caixotes de madeira na base de taludes surgiu, inicialmente, como uma forma de desenvolver locais para os peixes nos cursos de água. Em conjunto com outras técnicas de estabilização, como a cobertura vegetal de encostas, atua na estabilização de margens. Ver figura 11.

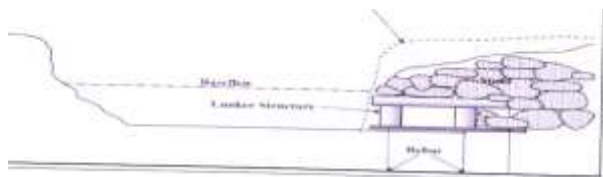


Figura 11 – Proteção Indireta – Seção longitudinal de um curso d'água com caixote para peixes
Fonte: SANTANA, (2006).

UTILIZAÇÃO DE GEOMANTA

Os geossintéticos são uma nova família de materiais sintéticos empregados em geotecnia. O termo deriva de “geo”, referindo-se a terra, e “sintéticos”, relacionando-se com a matéria-prima com que são fabricados. Os principais tipos de geossintéticos são: geotêxteis; geogrelhas, geomalhas; geomembranas; geomantas; geocompostos; geocélulas e outros geossintéticos (Silva, 2004).

Uma vegetação densa e bem fixada é a base para proteção natural de margens contra erosão. Para isso, é necessário que tal vegetação apresente um bom sistema de raízes, podendo este ser reforçado por elementos artificiais ou por outros meios. Além de desempenhar proteção contra erosão, age como elemento de reforço para as raízes, proporciona baixo impacto ambiental, permitindo às margens uma rápida recuperação de sua paisagem natural, após sua aplicação.

A geomanta tipo “flatback”, apresenta em uma das faces (a inferior) um elemento bidirecional, em monofilamentos de poliamida, termosoldados à estrutura tridimensional principal formando uma geomanta com capacidade de confinar materiais granulares. Ver figura 12.

Esta geomanta é toda produzida em nylon e apresenta, devido ao seu processo produtivo, elevado índice de vazios. Tal característica associada à presença da camada bidirecional em sua face inferior permite a formação de um colchão que preenchido com pedrisco (2 a 6 mm de diâmetro) pode ser aplicado como revestimento em locais onde a vegetação não pode se desenvolver (margens de cursos d'água com baixa velocidade e lagos, abaixo do nível d'água).

As biomantas, desenvolvem a mesma função que as geomantas, isto é, a proteção contra erosões superficiais, porém, por serem produzidas com materiais biodegradáveis, apresentam-se como uma solução de baixo impacto ambiental, pois se degradarão após o desenvolvimento da camada vegetal desejada. Ver figura 13.

A utilização da biomanta, para a proteção de encostas, constitui-se numa alternativa extremamente viável, pois atende várias viabilidades, inclusive a ambiental. Ver figura 13.



Figura 12 – Proteção direta – Geomanta tipo “flatback”
Fonte: SILVA, (2004).



Figura 13 – Proteção direta – Biomanta.
Fonte: SILVA (2004).

UTILIZAÇÃO DE GABIÕES

O gabião é indicado para construção de muros de contenção, em qualquer ambiente, clima ou estação, bem como revestimentos de margens ou fundo de canais. Os tipos de gabiões mais utilizados são os do tipo caixa, tipo manta e o tipo saco. É uma alternativa para projetos de recuperação de cursos d'água quando a instabilidade do talude é mais grave, funcionando também como suporte para revegetação. Segundo a maneira em que é feito é feito e instalado, o uso de gabiões pode ser um interferência menos ou mais significativa na forma e propriedades naturais do curso d'água. Em projetos de recuperação de canais, o ideal é que os sacos em tela sejam preenchidos com pedras e terras e cobertos pelo solo e plantas (Rirley, 1998:385).

Por outro lado, paredes em gabião, pela implantação inadequada ou pela própria instabilidade do canal, podem sofrer rupturas, intensificando os problemas do curso d'água. No município de Belo Horizonte, por exemplo, seu uso é cada vez mais restrito, pois existem casos freqüentes de sua ruptura devido à instabilidade do solo. Além disso, a tela do gabião reduz a velocidade da água, devido à sua alta rugosidade, e cria uma resistência ao escoamento o que, dependendo do local, não é desejável. Adicionalmente, ela pode ser um fator de retenção de resíduos e lixo. As pedras também podem reter material orgânico de esgotos e lixos, favorecendo o aparecimento de ratos, baratas e escorpiões. Uma das conseqüências é que os peixes e outros animais aquáticos que antes viviam naquele ambiente, com o gabião, tendem a ser substituídos por uma fauna nociva ao ser humano. Ver figura 14.

A conclusão é que o uso de gabião em projeto de recuperação, quando necessária, deve ser feita de forma criteriosa, segundo as condições do local, e, sempre que possível, com a incorporação de medidas vegetativas. A mostra uma forma de uso do gabião com ênfase na recuperação do curso d'água.

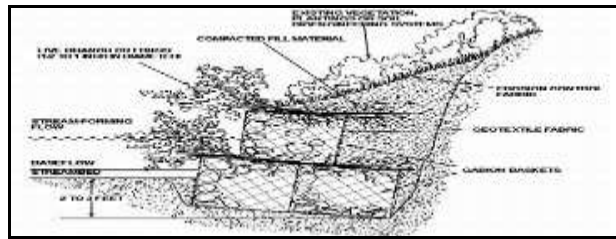


Figura 14: Seção transversal do gabião com revestimento vegetal
Fonte: SILVA, (2004).

UTILIZAÇÃO DE ENROCAMENTO

Os enrocamentos ou rip-raps consistem no simples revestimento de taludes com pedras ou blocos artificiais, objetivando a formação de um maciço de pedras jogadas ou arrumadas, ou blocos arrumados, destinadas a proteger as margens do rio dos efeitos da erosão. As dimensões das pedras são compatíveis com as velocidades de escoamento. A estabilidade dos revestimentos com enrocamento é função de diversos aspectos, tais como a velocidade de escoamento, as condições de turbulência de fluxo, as propriedades físicas das rochas utilizadas.

As altas velocidades em rios, com trechos, intensamente urbanizados ocorre devido ao fato da “passagem do rio ocorrer em espaço restrito”. No enrocamento, o espaço entre as pedras, pode receber muda de plantas, o que ressalta no surgimento de uma bela paisagem no ambiente urbano. Ver figura 15.



Figura 15: Proteção Direta – Enrocamento
Fonte: SILVA, (2004)

UTILIZAÇÃO DE CRIB-WALL (PAREDE DE ENGRADADO / BERÇO DE MADEIRA)

São estruturas formadas por elementos de madeira (toras de madeira), que são montadas no local em forma de “fogueiras” ou “gaiolas” justapostas e interligadas longitudinalmente, cujo espaço interno é cheio, de preferência, com material granular graúdo (brita grossa ou pedra de mão), solo e mudas. As mudas geram um volume de raiz que junto com a madeira estabilizam o talude e controlam o processo erosivo.

Estas estruturas possibilitam uma proteção efetiva e imediata para as margens íngremes, com o rápido estabelecimento de vegetação. As pedras e toras de madeira abaixo da linha d'água formam um local para descanso de peixes. Ver figura 16.

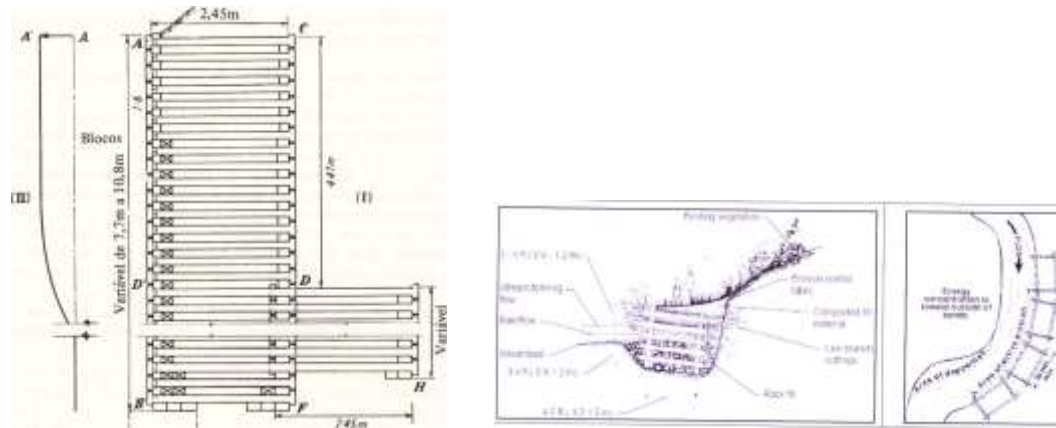


Figura 16: Proteção Direta – Crib-Wall – Madeira disposta em forma de fogueira protegendo a margem
Fonte: SILVA, (2004).

OBRAS DE MACRODRENAGEM EM ÁREAS AFETADAS PELA URBANIZAÇÃO

Na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Meninos verifica-se que à medida que vazões afluentes aos receptores originais, aumentaram devido à redução dos tempos de concentração, resultando, então, na necessidade de intervenções de engenharia, em menor ou maior grau de intensidade, direta ou indiretamente na rede de drenagem urbana natural, localizada nos talvegues e vales.

Estas intervenções dão origem às estruturas de macrodrenagem, quais sejam: construções de canais revestidos, ou não, com maior capacidade de transporte, se comparado ao canal natural, e as bacias de detenção.

Medidas Não Convencionais de Drenagem Urbana

São as medidas cuja utilização ainda não se encontra disseminadas e, diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar associadas a ela, para beneficiamento do sistema de drenagem. Neste projeto serão abordadas somente as medidas não convencionais, sendo as mais frequentes:

1. Infiltração e percolação: cria um espaço para que a água tenha maior infiltração e percolação no solo;
2. Retenção de escoamentos: é possível a estruturas que propiciam o amortecimento dos picos de vazão por meio do conveniente armazenamento do deflúvio. O armazenamento através de reservatórios tem por função reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o seu pico e distribuindo a vazão no tempo;
3. Aumento de eficiência do escoamento tem por objetivo transferir as enchentes de uma área para outra através de condutos e canais, drenando áreas urbanizadas inundadas.
4. Diques e estações de bombeamento (diques tipo polder): são medidas destinadas a proteção de áreas baixas.

Aplicações de Soluções Não Convencionais.

Detenção dos escoamentos: função é promover a redução do pico das enchentes, através de armazenamento de parte do volume escoado;

Contenção na fonte: são localizados próximos aos locais onde os escoamentos são gerados (fontes), permitindo assim melhor aproveitamento do sistema de condução do fluxo jusante. Classificação quanto à contenção na fonte:

Disposição no local: os dispositivos podem ser classificados em dois grupos:

Métodos Dispersivos: superfícies de infiltração, valetas de infiltração abertas, lagoas de infiltração, bacias de percolação, ver figuras 11 e 12, pavimentos porosos.

Métodos em poços: poços de infiltração secos, poços de infiltração úmidos.



Figura 11: Bacia de percolação.
Fonte: CANHOLI (2005)

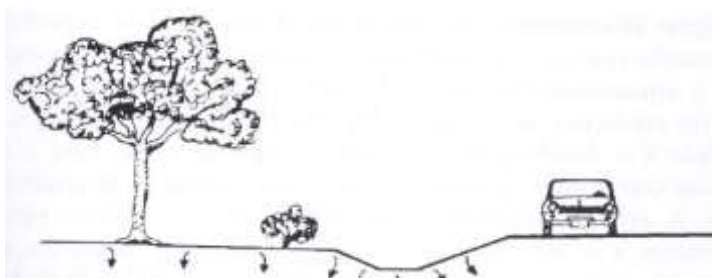


Figura 12: Bacia de percolação – Vista do valo de infiltração.
Fonte: TUCCI; PORTO; BARROS (1995)

Controle de entrada: são constituídos por dispositivos de controle que visam a restringir a entrada de escoamentos no sistema de drenagem, promovendo sua reservação que pode ser temporária (retardamento no fluxo) ou permanente (água reservada para posterior utilização). São exemplos desses dispositivos:

Controle nos telhados: consiste no armazenamento de água obtido a partir da adoção de um sistema de calhas e condutores, controlado mediante válvulas especiais, ver figura 13;



Figura 13: Jardins em edifícios, utilizados como maneira de retardar a entrada de água na rede de drenagem.

Fonte: CANHOLI (2005).

Controle de áreas impermeabilizadas: grandes áreas impermeabilizadas como estacionamentos, centros de compras, pátios de manobra, subestações, cemitérios, praças públicas e centros esportivos. São locais que geram picos de deflúvio. Na cidade de São Paulo, a Lei Municipal nº 13.276, de 04/01/2002, regulamentada pelo Decreto nº 41.814, de 15/03/2002, torna obrigatória a execução de reservatórios para águas coletadas, por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Para áreas de estacionamentos, essa lei prevê, além dessa reservação, a obrigatoriedade de se deixar permeável 30% da área do terreno.

Detenção “In Situ”

As obras de detenção “in situ” compreendem os reservatórios implantados para controlar áreas urbanizadas restritas, como condomínios restritos, loteamentos e distritos industriais. Nos EUA a urbanização proposta não deve permitir a ampliação dos picos naturais ou anteriores. As áreas de reservação são normalmente incorporadas aos projetos de paisagismo e recreação, propiciando a formação de lagos ou a instalação de quadras de esportes nas partes secas, que são alimentadas pelas enchentes maiores.

Segundo Canholi (2005) apud Urbonas (1993) é desaconselhável a multiplicação de bacias de detenção em virtude das dificuldades e custos de inspeção, operação e manutenção, e das próprias incertezas quanto a real eficiência hidráulica desses sistemas, visto que em certos casos podem ocorrer o resultado inverso do pretendido, ou seja, a ampliação dos picos de vazão.

Detenção a Jusante

As estruturas de detenção dos deflúvios situados à jusante visam controlar os escoamentos no âmbito das bacias ou sub-bacias de drenagem. A reservação dos valores escoados permite a obtenção do amortecimento dos picos de enchente.

No Brasil, a detenção a jusante, é uma prática bastante difundida, dado o grande desenvolvimento das obras de geração de energia hidráulica, com a existência de inúmeros reservatórios de uso múltiplo.

As obras de reservação podem ser diferenciadas em:

Bacias de Retenção – são reservatórios de superfície que sempre contêm um volume substancial de água permanente para servir a finalidades recreacionais, paisagísticas, ou até para abastecimento de água ou outras funções, ver figura 14. O nível de água eleva-se temporariamente acima dos níveis normais durante ou imediatamente após as cheias. São usados não somente para atender aos requisitos de controle de quantidade.

Bacias de Detenção – são áreas projetadas para deter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas. Durante os períodos de estiagem são áreas secas, ver figura 15.

Bacias de Sedimentação – são reservatórios que possuem a função de reter sólidos em suspensão ou absorver poluentes que são carreados pelos escoamentos superficiais. A bacia de sedimentação além de controlar as cheias pode ser parte de um reservatório com múltiplos usos.



Figura 14: Estrutura de entrada na bacia de retenção/detenção, associada à área de lazer.
Fonte: CANHOLI (2005).



Figura 15: Bacia de Detenção – N.A. permanente – Município de Uberaba.
Fonte: CANHOLI (2005)

As obras de reservação podem ser do tipo:

Reservatório ON-LINE: são que se encontram na linha principal do sistema e restituem os escoamentos de forma atenuada e retardada ao sistema de drenagem de maneira contínua, normalmente por gravidade.

Reservatório OFF-LINE: são aquelas que se encontram fora da linha do sistema, isto é, retendo os volumes de água que são desviados da rede de drenagem principal quando ocorre à cheia e os restituem para o sistema, geralmente por bombeamento ou por válvulas controladas, depois de obtido o alívio nos picos de vazão.

Polders

São sistemas compostos por diques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento, visam a proteger áreas ribeirinhas ou litorâneas, fundo de vale laterais a rios, canais que se encontram em cotas inferiores às dos níveis d'água, que ocorrem durante os períodos de chuva ou marés.

As áreas a serem protegidas ficam, portanto, totalmente isoladas por diques, cuja cota de coroamento é estabelecida em função dos riscos de gálgamento assumidos. Protegidas as áreas do avanço das águas externas, a drenagem interna é direcionada para o sistema de bombeamento que recalca as vazões drenadas por sobre os diques, de volta ao corpo da água, ver figura 16.



Figura 16: Polder na Ponte das Bandeiras.
Fonte: CANHOLI (2005).

No Brasil, a urbanização acelerada é responsável por problemas sociais e econômicos de extrema relevância. A falta de recursos técnicos e financeiros para enfrentar o estado de degradação no qual se encontra os aglomerados humanos, principalmente àqueles com população superior a 500 mil habitantes, é agravada. Tem-

se notado o crescente interesse pelo aperfeiçoamento das técnicas de projeto e da verificação das estruturas de macrodrenagem. A visão moderna acerca da problemática da drenagem urbana envolve o conceito de planejamento urbano integrado, na qual a drenagem é abordada de uma forma qualitativa e quantitativa.

O artigo apresentado deve permitir visualizar que a solução do problema das cheias envolve a consideração de aspectos legais, institucionais, ambientais e políticos dentro de um contexto integrado.

TÉCNICAS DE BIOENGENHARIA APLICADAS A OBRAS HIDRÁULICAS FLUVIAIS – Estudo de caso: RIBERÃO DOS MENINOS

O reconhecimento local dos leitos do Ribeirão dos Meninos permite identificar diferentes tipos de obras hidráulicas fluviais que vão desde a construção de canais revestidos até as bacias de detenção. Entretanto constata-se a continuidade de lançamento de efluentes (esgoto) nos leitos do referido curso. A aplicação das técnicas de bioengenharia visando a renaturalização do Ribeirão dos Meninos exige mudanças no sistema de esgotos, principalmente aquela que se refere à presença de interceptores, de modo a receber o esgoto dos coletores tronco.

Este trabalho não tem por objetivo questionar a realização das referidas obras, entretanto verifica-se a possibilidade de substituir muito dos materiais utilizados e, conseqüentemente mudanças na forma de execução destas obras.

A principal mudança reside na substituição do concreto, quer seja na construção de obras longitudinais identificadas como diques, bem como no revestimento das margens. Neste cenário o concreto seria substituído por blocos de rocha ou gaiolas de pedra.

O efeito imediato de tal substituição seria a percepção do ambientalmente correto, entretanto é necessário se verificar o atendimento da viabilidade técnica.

Verifica-se de imediato a possibilidade da utilização da proteção vegetal associada a blocos de rocha na proteção das margens, principalmente nas bacias de detenção.

Em um primeiro instante constatou-se a possibilidade da substituição do material, e não da obra hidráulica em trechos do Ribeirão dos Meninos onde os leitos foram ocupados visando o uso do solo para a habitação e não para a implantação e construção de vias de fundo de vale.

A utilização dos leitos do Ribeirão dos Meninos para a implantação e construção de vias de fundo de vale tem como consequência uma enorme alteração do curso de água, pois aconteceram profundas alterações na sua morfologia fluvial, o que resulta num curso de água com perda dos seus graus de liberdade, pois o curso de água com características natural passou a ser considerado encaixado entre vias de fundo de vale.

A substituição de materiais para a execução de obras fluviais permite a recuperação de múltiplas estruturas morfológicas naturais, proporcionando também o aumento de biótopos.

A questão que ora se apresenta necessita de um estudo preliminar mais detalhado, entretanto chama-se a atenção que muitas obras hidráulicas fluviais executadas, principalmente, com o uso de concreto foram demolidas e reconstruídas com técnicas de bioengenharia, visando a renaturalização dos cursos de água urbano em muitos países da Europa, destacando-se a Itália, berço das obras hidráulicas fluviais.

As técnicas de bioengenharia aplicadas às obras hidráulicas fluviais nos leitos do Ribeirão dos Meninos apresentariam resultados permeados de vantagens e desvantagens.

As principais vantagens levantadas no desenvolvimento deste artigo, tendo por base a consulta a outros trabalhos, são: baixo custo de implantação e manutenção em relação aos métodos tradicionais; baixa manutenção da vegetação após o seu desenvolvimento; benefícios ambientais para a vida animal e vegetal, além da incorporação de valores estéticos ao meio ambiente e melhoria da qualidade das suas porções físicas; aumento da estabilidade natural do solo; possibilidade de adoção e execução de obras hidráulicas envolvendo técnicas de bioengenharia em locais de difícil acesso e ambientalmente sensíveis tem-se como limitações: a temporada de introdução das técnicas é freqüentemente limitada a estação dormente das vegetações que serão utilizadas; possibilidade de não adaptação das plantas introduzidas; necessidade de mão-de-obra com

habilidade e experiência específica, o que nem sempre é encontrado; necessidade de formação de mão-de-obra com conhecimentos específicos; necessidade de desenvolvimento de um plano de educação ambiental, divulgando as técnicas de bioengenharia aplicadas a execução de obras hidráulicas fluviais.

CONCLUSÃO

As estratégias conservacionistas e a restauração do habitat aquático passaram a ocupar papel de relevância científica e social no momento em que a recuperação de rios passou a ser feita com base na morfologia fluvial, assim estruturas passaram a ser colocadas dentro do leito do rio, mas sempre de forma a respeitar a conformação dos leitos, pois os mesmos evoluem livremente. A incorporação da morfologia fluvial nas abordagens de recuperação de rios permite alcançar a sua renaturalização de forma científica, resultando numa redução de distúrbios ambientais devido, em parte, a adoção de técnicas de bioengenharia.

RECOMENDAÇÕES

A renaturalização dos rios urbanos exige a formação de equipes multidisciplinares, pois a execução de obras hidráulicas com a utilização de técnicas de bioengenharia faz com que engenheiros tenham necessidade de conhecimentos específicos de outras áreas do saber, assim como outros profissionais, também, terão a necessidade de conhecimentos da área da engenharia, e em específico da hidráulica fluvial.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Meninos Fonte: Disponível em <https://www.google.com.br/search?q=bacia+do+ribeir%C3%A3o+dos+meninos> Acesso em 02/02/2016
2. BRIGHETTI, G.; ALMEIDA, C. Apostila: Navegação Interior e Portos Marítimos. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. Fascículo I. 143 p.
3. CAMARGO JUNIOR, A. Sistema de gestão ambiental em terminais hidroviários e comboios fluviais: contribuições para o desenvolvimento sustentável na hidrovia Tietê – Paraná. 2000. 179 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista. São Paulo.
4. CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.
5. GÓIS, J. S.; ARAÚJO, R. N. Apostila: Curso de Pós-graduação na área de concentração – Engenharia Hidráulica. **Espigões: características em função dos materiais utilizados na sua construção**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade São Paulo, 2000. 32p.
6. Limites das Bacias Hidrográficas do Ribeirão dos Meninos e do Rio Tamanduate. Disponível em <<https://www.google.com.br>> Acesso em 02/02/2016
7. PEREIRA, A. Domador de rios: história e perfil de Kokei Uehara. 1 ed. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura; São Paulo: Associação dos Antigos Alunos da Escola Politécnica, 1994. 125 p.
8. RIRLEY, A. L. *Restoring streams in cities: a guide for planners, policy makers and citizens*. Washington DC: Island Press, 1998.
9. SÃO PAULO. DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Governo do Estado de São Paulo. **Plano Diretor de Macro drenagem da Bacia do Alto Tiete**: Bacia Superior do Ribeirão dos Meninos. Diagnostico geral e ações recomendadas. 1999. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/macrodrenagem/meninos/Arquivos_Men/Indexe_Men.html>. Acesso em: 27 jun. 2010.
10. SANTANA, E. V. Revitalização de cursos d'água. 89 p. Monografia (Graduação) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2006.
11. SILVA, P. J. Estrutura para identificação e avaliação de impactos ambientais e obras hidroviárias. 2004. 511 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
12. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. (Org.). *Drenagem urbana*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), Ed. Universidade – UFRGS, 1995. 428p.