

ESTUDOS DE SEDIMENTOLOGIA A PARTIR DO EMPREGO DE PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE HABITATS FÍSICOS: CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM PEQUENOS CURSOS D'ÁGUA

Stephanie F. Cunha¹; Laura M. V. Soares²; Aline P. Silva.³; Hersília A. Santos.⁴

RESUMO --- Os impactos advindos dos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos se intensificaram nas últimas décadas, ocasionando prejuízos ambientais e econômicos pela perda de habitats físicos em rios e comprometimento de estruturas hidráulicas. Diante desse quadro, protocolos de avaliação rápida que estudam a saúde do rio têm sido adotados. Estes envolvem levantamentos de reconhecimento superficial com identificação, mapeamento e medição das principais características de habitats físicos em um trecho do rio. O presente projeto verificou a aplicabilidade destes protocolos para estudos sedimentológicos em 40 rios de pequeno porte e afluentes ao reservatório da usina de Nova Ponte (MG). Focou-se nos fatores antrópicos e morfológicos que influenciam a estabilidade do leito e o aporte de sedimentos. A partir dos protocolos de avaliação rápida verificou-se a aplicabilidade da equação de Yang para previsão do transporte de sedimentos. Constatou-se que a equação é passível de ser empregada em 55% dos trechos afluentes do reservatório de Nova Ponte amostrados. Os resultados apontam que a mata ripária interfere em parâmetros geométricos e na estabilidade do leito, devido à redução no aporte de sedimentos para os riachos. Assim, a preservação da cobertura ripária contribui para o equilíbrio do processo de transporte de sedimentos.

ABSTRACT --- The impacts coming from erosion processes, sediments transportation and deposition increases in the last decades. The consequences are environmental, economic and physical habitat losses as well reductions in life cycle maintenance of hydraulic structures. The Rapid Habitat Assessment Protocols is a tool for evaluating the stream's health and it has been used around the world. They consist in a visual identification of aquatic physical habitat and anthropogenic impacts along the streams. This paper presents a study of possible protocols application in sediment studies. Then, we applied these protocols in 40 small streams, which are tributaries of Nova Ponte Reservoir. Our study focuses morphologic and anthropogenic factors who contribute to bed stability and sediment inputs. We verified the applicability of Yang's equation to estimate rate of solid discharge. We believe its use can be able to predict the sediment transport when there is not local measurement of sediment discharges. This equation can be applied in 55% percent of the studied streams, if considered the mean particle bed diameter. Our results indicate the riparian zone interferences in channel geometric parameters and bed stability. We conclude the preservation of riparian zone is necessary for equilibrium of sediment processes.

Palavras-chave: sedimentos, estabilidade do leito, protocolos de avaliação rápida

1) Aluna de Engenharia Civil da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha - Belo Horizonte – MG. E-mail: stephaniefernandesc@hotmail.com

2) Aluna de Engenharia Ambiental da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha - Belo Horizonte – MG. E-mail: lmvsoares@hotmail.com

3) Aluna de Meio Ambiente do CEFET-MG. Av. Amazonas, 7675. E-mail: alinepimentaesilva@gmail.com

4) Professora do CEFET-MG. Av. Amazonas, 7675. E-mail: hsantos@eng.cefet.br

1 - INTRODUÇÃO

Os impactos advindos dos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos têm sido mais intensos ao longo das últimas décadas. Os principais fatores que contribuem para estes processos são as alterações antrópicas da superfície terrestre e as mudanças climáticas (Marengo, 2007; Kaufmann *et al.*, 1999; Rodrigues, 2002; Carvalho, 2008; FISRWG, 1998).

As conseqüências envolvem prejuízos ambientais e econômicos, na medida em que ocorrem perdas de habitats físicos em rios (Kaufmann *et al.*, 1999; Mazeika *et al.*, 2006), e comprometimento de estruturas hidráulicas como reservatórios e tomadas d'água. (Carvalho, 2008).

Estudos detalhados da erosão da bacia e do transporte de sedimentos no canal podem ser adotados para identificar as fontes geradoras e diagnosticar os impactos ambientais em rios, (Kaufman *et al.*, 2008). No Brasil, estudos sedimentológicos são particularmente importantes em razão da predominância da geração hidráulica de energia elétrica no país. (Carvalho, 2008).

Diante das conseqüências dos processos relacionados aos sedimentos em rios, instituições governamentais têm adotado medidas que avaliam a saúde do rio, em função da preservação das taxas “normais” de transporte e deposição, através de protocolos de avaliação rápida (Maddock, 1999; Harding, 2009; Oliveira e Cortes, 2005). Esta idéia surgiu em meados da década de 1980 nos Estados Unidos, quando na ocasião os órgãos ambientais perceberam a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação qualitativos, devido ao alto custo e demora das pesquisas quantitativas. Para tal são utilizados Protocolos de Avaliação Rápida, que envolvem levantamentos de reconhecimento superficial (tais como mapeamento de habitat tipo) com identificação, mapeamento e medição das principais características de habitat ao longo de um trecho do rio, em um espaço de tempo relativamente curto (Maddock, 1999).

A análise completa dos processos de transporte e deposição de sedimentos envolve o monitoramento contínuo através de equipamentos e métodos custosos, incluindo operação de postos de medida e o levantamento topo-batimétrico (Carvalho, 2008). Sabe-se que hoje no Brasil poucas são as estações de sedimentologia instaladas ao longo dos principais cursos d'água. Desta forma, frente à necessidade de cálculo de índices de integridade biótica (Maddock, 1999; Harding, 2009; Oliveira e Cortes, 2005; WFD, 2000), e avaliações das condições sedimentológicas mais simplificadas das calhas dos rios podem ser pesquisadas utilizando dados dos protocolos de avaliação rápida.

O objetivo deste trabalho foi verificar a aplicabilidade da metodologia dos protocolos de avaliação rápida em estudos sedimentológicos. Estes normalmente utilizam dados monitorados por estações sedimentométricas, cuja a rede se encontra concentrada em grandes rios brasileiros. Para isto, os protocolos foram aplicados por uma equipe multidisciplinar em 40 trechos de riachos

afluentes ao reservatório da usina de Nova Ponte (Minas Gerais). No presente estudo foram avaliados os principais fatores antrópicos e morfológicos que influenciam a estabilidade do leito e o aporte de sedimentos, tais como presença de vegetação ripária e uso e ocupação do solo.

1.1 - O índice de estabilidade do leito

O início do movimento das partículas sólidas, em sistemas fluviais, ocorre quando a tensão de arraste atuante em uma dada partícula é maior que a sua resistência ao movimento (VTDEC, 2001). Define-se como tensão de arraste a relação entre o peso específico da água, o raio hidráulico e a declividade do canal (1):

$$\tau = \gamma R S \quad (1)$$

Onde:

τ = Tensão de arraste (N/m^2);

γ = Peso específico da água (N/m^3);

R = Raio hidráulico (m);

S = Declividade (m/m).

Quando a tensão de arraste se iguala à resistência da partícula, tem-se a tensão de arraste crítica (τ_{cr}) (2). A resistência da partícula varia de acordo com o seu diâmetro, com a dimensão das partículas que estão no entorno, com a orientação e com a porcentagem de seu volume que está inserida no leito (VTDEC, 2001). O diâmetro das partículas relativo à dimensão das do entorno afeta a exposição da partícula ao escoamento, o que é medido pelo fator de “proteção” (θ). Com base nestes princípios, Shields propôs a seguinte expressão para a tensão de arraste crítica, necessária para mover uma partícula de um dado diâmetro:

$$\tau_{cr} = \theta \times g(\rho_s - \rho_w)d \quad (2)$$

Onde:

τ_{cr} é a tensão de arraste crítica,

θ é o parâmetro de Shields,

g é a aceleração da gravidade,

ρ_s é a densidade do sedimento,

ρ_w é a densidade da água,

d é o diâmetro da partícula de interesse.

A quantidade erodida é função da magnitude dessas forças e do tempo em que as mesmas são aplicadas (Fischenich, 2001). As equações de cálculo da tensão de arraste e de taxas de erosão são empíricas, uma vez que o fenômeno envolve várias variáveis de difícil determinação ou monitoramento (VTDEC, 2001).

Para calcular a maior partícula possível de ser transportada pelo escoamento de um rio em determinado trecho deve-se igualar a tensão crítica de arraste com a tensão de arraste no escoamento do bankfull (Kauffman *et al.*, 1999):

$$\gamma R_{bf} S = \theta \times g(\rho_s - \rho_w) d \quad (3)$$

Os escoamentos hidráulicos que ocorrem durante cheias são capazes de mover as maiores partículas encontradas em um rio (Lisle, 1982). Desta forma, algumas vazões de cheia alteram significativamente a morfologia do canal de rio. Normalmente, considera-se a vazão do bankfull como a vazão mínima capaz de alterar a forma da calha e esta está relacionada à frequência de ocorrência de 1 a 2 anos (Stack, 1989). A vazão do bankfull pode ser evidenciada no limite em que a vazão extrapola o canal e atinge as cotas da planície de inundação (Harding, 2009).

Quando a tensão de arraste do bankfull é igual à crítica, o canal estará em equilíbrio. Tensões de arraste superiores à crítica indicam degradação do canal, enquanto as inferiores à crítica indicam agradação. Medir ambos os tipos de tensão de arraste é crucial para entender os ajustamentos do canal (VTDEC, 2001).

Portanto, a avaliação dos diâmetros das partículas encontradas nos rios permite a análise do processo de degradação do mesmo quanto ao transporte de sedimentos. Uma das formas de calcular a estabilidade do leito é avaliar o diâmetro médio das partículas do leito. Quando estas são mais finas do que o tamanho médio que o rio é capaz de mover, tem-se um leito instável com um grau de assoreamento que cresce conforme a redução da razão entre a partícula existente no leito e a que o trecho do riacho normalmente é capaz de mover. Tal comparação entre o tamanho da partícula do leito observada e o diâmetro crítico – maior diâmetro que é móvel durante a cheia do bankfull - tem sido utilizada para avaliar os efeitos do aporte de sedimentos, (Kaufmann, 2008). Desta forma define-se o índice de estabilidade do leito (LRBS) como o logaritmo da razão entre o diâmetro médio encontrado no leito e o diâmetro crítico:

$$LRBS = \log \left(\frac{D_{50}}{\left[\frac{\rho_{H_2O} g R_b f^5}{\theta (\rho_s - \rho_{H_2O}) g} \right]} \right) \quad (4)$$

2 - ÁREA DE ESTUDO

Reservatório de Nova Ponte

O estudo foi desenvolvido na área de drenagem da represa de Nova Ponte, onde foi aplicado o protocolo da US-EMAP (Environmental Monitoring & Assessment Program - USA) em 40 trechos de riachos distintos (Figura 1) durante o mês de setembro de 2009. A represa está situada na bacia do Rio Araguari, que é localizada na região central do Brasil e é um dos principais tributários do Rio Paraná, o segundo maior rio da América do Sul (Rodrigues, 2002). O reservatório, formado pelos rios Araguari e Quebra Anzol (Junior *et al.*, 2009), foi construído entre 1987 e 1993 com o objetivo principal de geração de energia. O lago, com 443 Km², está localizado sobre rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia Sedimentar do Paraná (Rodrigues, 2002). Trata-se de um reservatório de cabeceira com características predominantemente oligotróficas e um pequeno tempo de retenção.



Figura 1 – Área de drenagem da represa de Nova Ponte

O governo brasileiro encorajou a ocupação da área para promover diversos projetos de agricultura, que causaram alterações na superfície geomorfológica e em seus processos, aumentando a velocidade e a magnitude da erosão normal. As mudanças na vegetação transformaram os

principais processos hidrológicos como o de infiltração, resultando em incrementos no runoff (Rodrigues, 2002).

3 - METODOLOGIA

3.1 - Metodologia de aplicação dos protocolos IBI

A aplicação dos protocolos IBI (Index of Biotic Integrity), descrita por Kauffman, (1999) é atualmente utilizada como o método padrão para coleta de dados dos habitat de riachos de cabeceira pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) em seu Programa de Avaliação e Monitoramento Ambiental (EMAP). Este protocolo prioriza a coleta de hábitat físico, ou seja, os elementos físicos considerados mais importantes na ecologia de riachos. Os principais são: dimensões do canal, gradiente, tipo e tamanho do substrato, cobertura ripária, e alterações antrópicas. Segundo Kauffman (1999), a aplicação deste método é mais eficiente na estação seca.

A localização do ponto médio dos trechos dos riachos é feita aleatoriamente, o que resulta em uma quantidade representativa regional. O comprimento de cada trecho é determinado de acordo com a largura molhada do ponto médio no momento da amostragem, sendo que é especificado pela EPA 40 vezes a largura molhada. O comprimento mínimo de cada trecho deve ser 150 metros. A partir deste ponto as medidas são alocadas sistematicamente de forma a representar todo o trecho estatisticamente (Figura 2). No trecho são estabelecidos 11 transectos igualmente espaçados. Entre cada transecto são realizadas 10 medições de talvegue, também igualmente espaçadas, ou 15, para rios com largura menor que 2,5m.

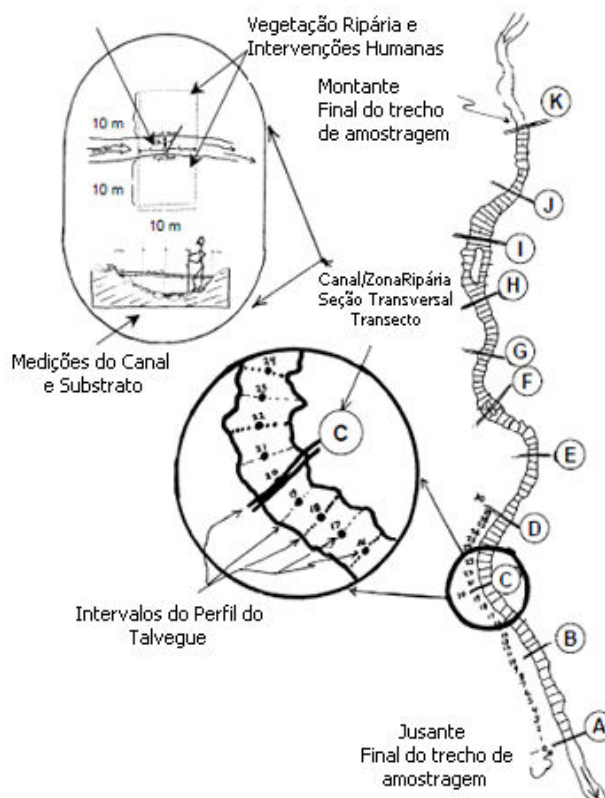


Figura 2 - Esquema de alocação de medidas nos trechos - Kauffman, 1999

Em cada transecto é medido a largura molhada, as profundidades da seção transversal, o substrato, as características da margem e a cobertura ripária (Figura 3).

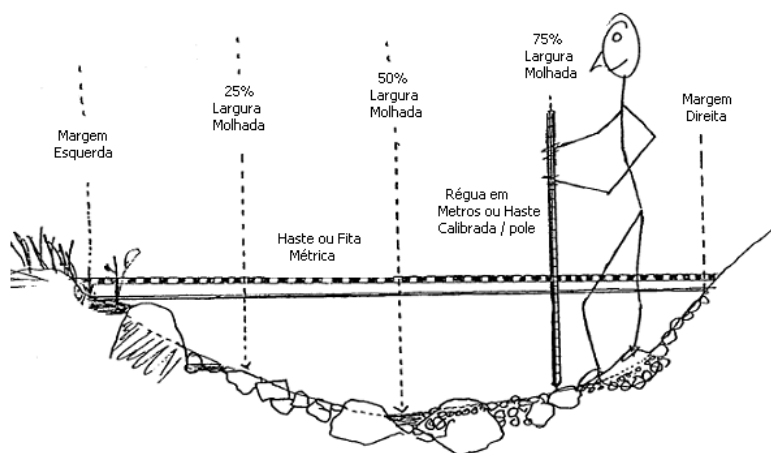


Figura 3 - Esquema das medições realizadas em cada transecto - Kauffman, 1999

A Tabela 1 resume os principais componentes do protocolo aplicadas para os estudos de sedimentologia, enquanto a tabela 2 apresenta a classificação dos substratos.

Tabela 1 – Componentes do protocolo da EMAP

Perfil longitudinal	Mede-se a profundidade do talvegue; classifica-se o habitat aquático; determina-se a presença de sedimentos finos nos pontos onde é medido o talvegue e a largura molhada em cada seção e no ponto intermediário entre duas seções; a sinuosidade e a declividade.
Seções transversais	Mede-se a largura da seção; a profundidade em cinco pontos ao longo da linha perpendicular ao escoamento, sendo dois marginais e três no meio do canal; a altura da margem; o ângulo da margem; e a cobertura ripária.
	Estima-se visualmente a classe granulométrica do substrato (Tabela 2) nos mesmos pontos onde é medida a profundidade.
	Observam-se os distúrbios antrópicos e a sua proximidade com o canal entre eles: muros/diques/revestimentos; construções; pavimentação; estradas/ferrovias; canalizações; lixo/entulho; parques/gramados; agricultura; pastagens; atividades de mineração.
Vazão	Em riachos médios ou grandes, é medida a velocidade e a profundidade em uma seção uniforme subdividida em uma quantidade de 15 a 20 intervalos. Em pequenos riachos, a vazão é medida pelo tempo médio de enchimento de um balde.

Tabela 2 – Classificação do substrato

RS – Leito de pedra (Bedrock)	> 4000 mm
BL – Pedras (Boulders)	> 250 a 4000 mm
CB – Seixos (Cobbles)	> 64 a 250 mm
GC – Cascalho Grosso (Coarse Gravel)	> 16 a 64 mm
GF – Cascalho Fino (Fine Gravel)	> 2 a 16 mm
SA - Areia (Sand)	> 0.06 a 2 mm
FN – Silte e argila	< 0.06 mm

3.2 - Cálculo de métricas

As métricas representam índices que podem está relacionados à processos bióticos e abióticos dos rios e são calculadas através da média ou a porcentagem de observações no trecho. Desta forma foram calculados, conforme Kaufmann *et al.* (1999), as métricas de morfologia do canal, que inclui a porcentagem de habitats rápidos (PCT_FAST) e a porcentagem de piscinas (PCT_POOLS), a profundidade residual média (Dres), a profundidade média do talvegue (xdepth), a largura média (xwidth), a razão largura por profundidade (w/d), o raio hidráulico médio do bankfull, a

porcentagem de substrato fino (PCT_FN), o diâmetro médio geométrico observado em cada trecho e a densidade de cobertura ripária junto à margem (XCDENBK).

Geologia, declividade, clima, densidade de drenagem e distúrbios humanos afetam o aporte de sedimentos para cursos d'água e reservatórios. Não existe um único parâmetro ou uma simples combinação de parâmetros que expliquem a larga variabilidade nesse sistema. (Morris e Fan, 1998).

Dunne (1979) demonstrou que o uso do solo é o fator dominante na explicação da variabilidade do aporte de sedimentos. O protocolo da EMAP abrange também dados visuais de influência humana, sendo estes divididos em categorias, como disposto na tabela 1. Um índice de distúrbio ponderado na proximidade (W1_HALL) foi calculado de acordo com Kaufman *et al.* (2008), atribuindo-se um número para cada tipo de distúrbio e pesando cada observação de acordo com a sua proximidade.

Além das métricas propostas por Kaufmann, foram calculados alguns parâmetros hidráulicos, como velocidade média, número de Reynolds e número de Froude, para que seja possível ter uma estimativa de como os fatores de uso do solo, cobertura ripária e morfologia do canal interagem entre si, e se eles são coerentes com o exposto pela literatura.

3.2.1 - Diâmetro do substrato

O substrato do leito é um aspecto chave dos habitat físicos em ecossistemas lóticos e é avaliado na maioria dos protocolos de avaliação rápida. Este aspecto pode ser alterado em resposta a mudanças no aporte de sedimentos para os cursos d'água (Faustini *et al.*, 2007).

O segundo percentil do diâmetro (D50) é a estatística mais comum para análises de partículas do leito (FISRWG, 1998), e também é o mais aplicado em estudos sedimentométricos. Contudo, o diâmetro geométrico médio (Dgm) foi proposto como a melhor estatística para o uso na avaliação de habitat e é a reportada nas análises de dados da EMAP (Faustini *et al.*, 2007). Como verificado por Kauffman *et al.* 2009, o Dgm possui melhor precisão na descrição de trechos classificados visualmente e o D50 sofre maior influencia de partículas grandes.

O Dgm foi calculado através da distribuição de frequência cumulativa dos diâmetros das partículas logaritmicamente transformadas, representando cada classe de diâmetro pelo seu ponto médio em unidades logarítmicas, e aplicando a exponencial do valor encontrado.

3.2.2 - Estabilidade do leito

Como descrito na Equação 4, calculou-se o índice de estabilidade do leito (LRBS) para cada trecho sendo considerado as modificações no parâmetro de Shields, na rugosidade e no raio hidráulico do bankfull propostas por Kaufman *et al.* (2008).

3.3 - Aplicabilidade de equações de transporte de sedimentos

Em estudos de assoreamento de reservatórios é muito importante a determinação da descarga sólida total com definição das características do sedimento. De acordo com Carvalho (2008), numa determinada bacia os postos deverão ser instalados nos cursos d'água que apresentam maior porte e transporte de sedimento. Porém, o monitoramento de pequenos cursos d'água fornece informações podem indicar áreas de ação para redução do aporte de sedimentos.

Numerosas fórmulas para estimar vazão de sedimentos têm sido propostas e extensivos sumários são expostos na literatura. A vazão de sedimentos depende da velocidade do escoamento, gradiente de energia, temperatura da água, dimensões e peso específico das partículas, geometria do canal, extensão da superfície do leito coberta por materiais grosseiros, aporte de materiais finos para os cursos d'água, e configuração do leito. Variáveis de larga escala, como condições hidrológicas, geológicas e climáticas também afetam a intensidade do transporte de sedimentos. Devido ao grande número de variáveis, não é possível se obter ou selecionar uma fórmula que satisfatoriamente atenda a todas as condições que devem ser consideradas. Uma fórmula específica deve ser mais precisa que outras quando aplicadas a um rio particular, mas pode não ser para outros (FISRWG, 1998).

Yang (1973), através do estudo do movimento incipiente da partícula de sedimento e utilizando o conceito de potência unitária do escoamento (stream power), desenvolveu uma relação adimensional para o cálculo da concentração total de sedimento no escoamento para rios com diâmetro entre 0,062mm e 2mm e para diâmetros entre 2mm e 10mm. Para isto foi realizado vários experimentos em uma variada faixa de condições de escoamento: zonas de escoamento turbulento hidraulicamente liso, hidraulicamente rugoso e zona de transição, O método proposto fornece uma previsão da concentração total de sedimentos tanto em calhas de laboratórios como em rios naturais, a partir do conhecimento dos seguintes parâmetros: diâmetro médio do sedimento, largura do canal, profundidade do canal, temperatura da água, velocidade média do escoamento da água e velocidade terminal de queda da partícula (Scapin e Paiva, 2005).

Neste trabalho foi verificado se os estudos de Yang (1973) poderiam ser aplicados na área de estudo. Para tal, foram observados quais diâmetros se enquadram nas faixas em que as equações se aplicam. O modelo foi aplicado nos 40 trechos amostrados, sendo que os valores de concentração

de sedimentos obtidos foram comparados com o LRBS com o intuito de verificar a relação entre a concentração e o parâmetro de estabilidade do leito adotado pela EMAP.

4 - RESULTADOS

Ao realizar a análise de componente principal (Fig. 4) incluindo as variáveis estabilidade do leito (LRBS), densidade da cobertura ripária (XCDENBK) e ocupação, verifica-se que 86% dos dados são explicados pela cobertura ripária que é relacionada com o uso e ocupação das margens. É possível concluir que a preservação da zona ripária é o fator mais importante na estabilidade do leito, e conseqüentemente proporciona uma redução no aporte de sedimentos para os riachos. Este resultado confirma o fato de que as ações para restauração destas regiões são de suma importância para a redução do aporte de sedimentos para riachos e conseqüentemente para reservatórios.

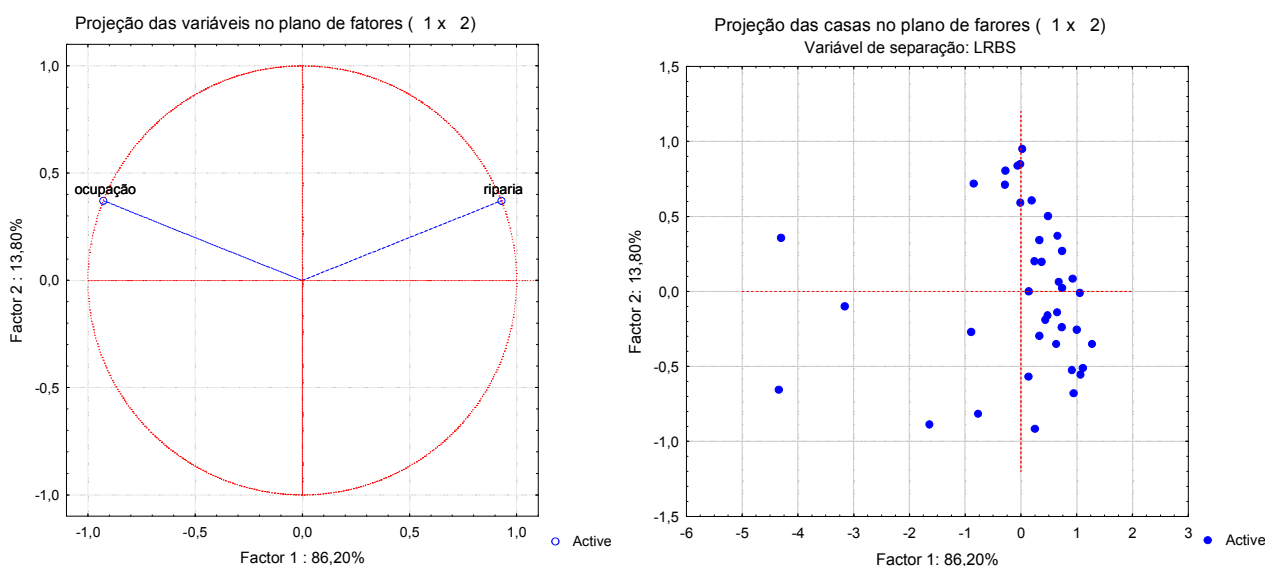


Figura 4 – PCA utilizando estabilidade do leito, densidade de cobertura ripária e ocupação das margens

Testando a relação de todas as variáveis que determinam a estabilidade (rugosidade, diâmetro do substrato, declividade e forma do canal e tipo de escoamento) com a cobertura ripária (Figura 5 e 6), observa-se uma tendência de menores profundidades residuais e trechos menos encaixados onde existe uma maior cobertura ripária. Sendo assim, a preservação das zonas ripárias interfere em parâmetros geométricos e conseqüentemente na hidráulica de sedimentos.

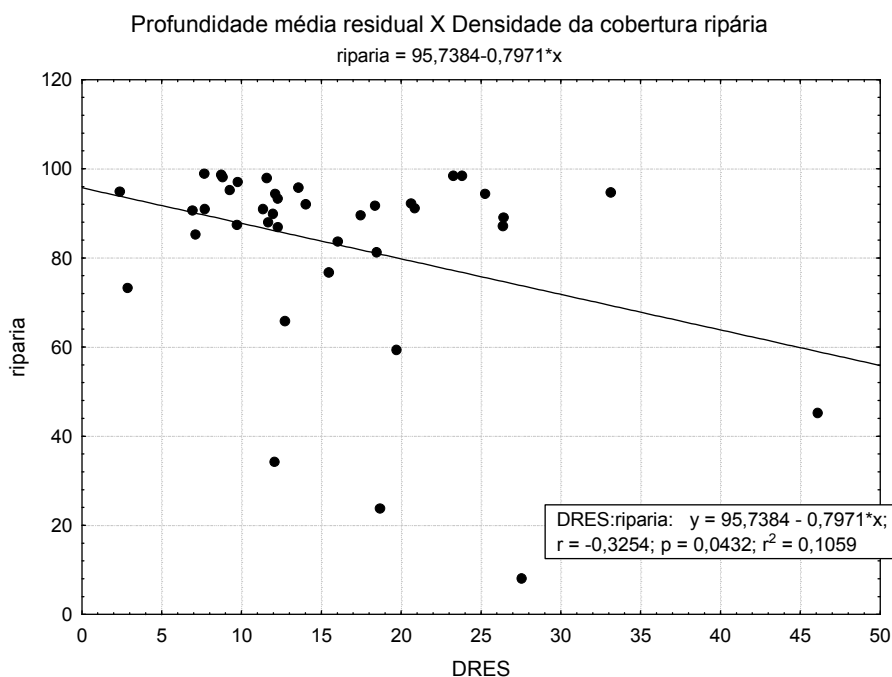


Figura 5 – Relação entre a rugosidade de larga escala e a densidade ripária.

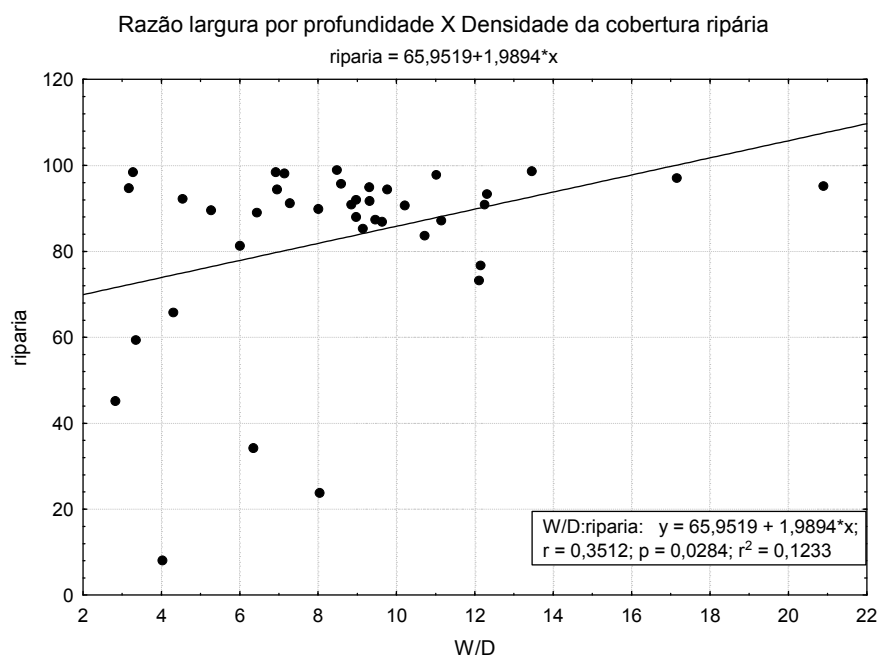


Figura 6 – Relação entre a razão largura por profundidade e a densidade da cobertura ripária.

Quanto à aplicabilidade de equações de transporte de sedimentos na ausência de medições de descarga sólida, o gráfico permite verificar que 55% dos trechos afluentes do Reservatório de Nova Ponte amostrados são passíveis de serem avaliados pelas equações de Yang, considerando-se o critério do diâmetro das partículas. Todos os demais parâmetros necessários para a aplicação destas equações são avaliados pelo protocolo da EMAP. Existe então, uma possibilidade de que a aplicação destas equações forneça dados imprecisos, porém satisfatórios, tendo em vista a ausência

de estações sedimentométricas.

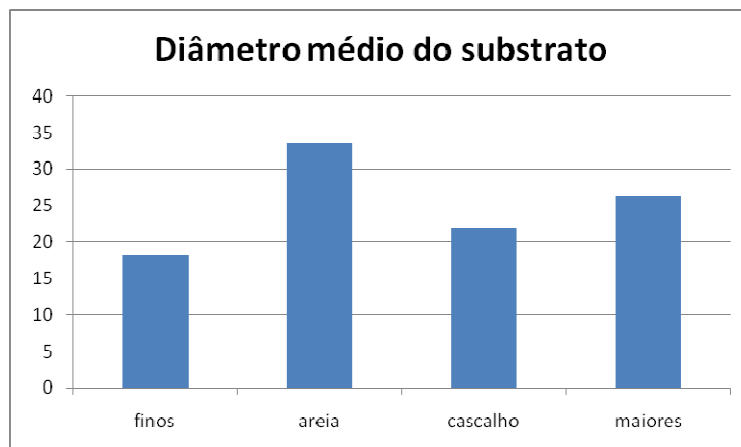


Figura 7 – Frequência relativa de cada classe de substrato.

A aplicação do modelo nos trechos com diâmetro médio dentro da faixa requerida (figura 8) demonstra que riachos mais estáveis, ou seja, com menor grau de assoreamento, apresentam maior concentração de sedimentos. Este fato indica que os trechos mais estáveis tem capacidade suficiente para transportar as partículas que afluem ao riacho não permitindo a sua excessiva deposição no leito.

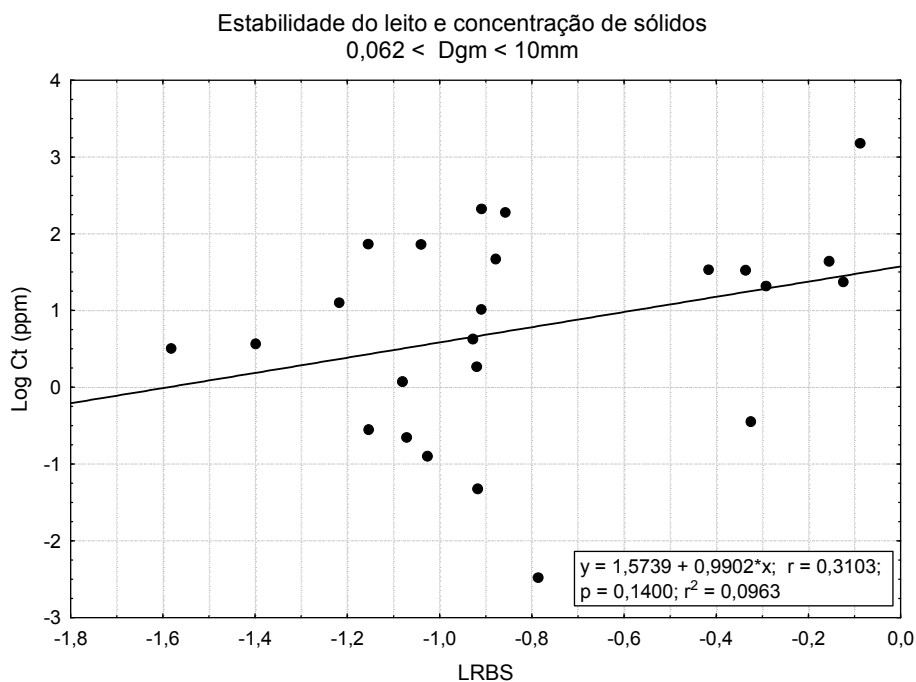


Figura 8 – Índice de estabilidade do leito versus concentração de sólidos em trechos que satisfazem as restrições do modelo de Yang.

Uma aplicação preliminar do modelo em trechos com diâmetro médio superior ao limite requerido pelo método de Yang (figura 9) demonstra um fenômeno diferenciado. Riachos com maior grau de assoreamento possuem valores estimados para concentração de sedimentos maiores. Desconsiderando a possibilidade de que os resultados obtidos sejam errôneos devido às restrições do modelo, verifica-se que nesses trechos o aporte de sedimentos é superior ao que o trecho é capaz de suportar, causando assim uma alta concentração de sólidos assim como uma maior taxa de deposição.

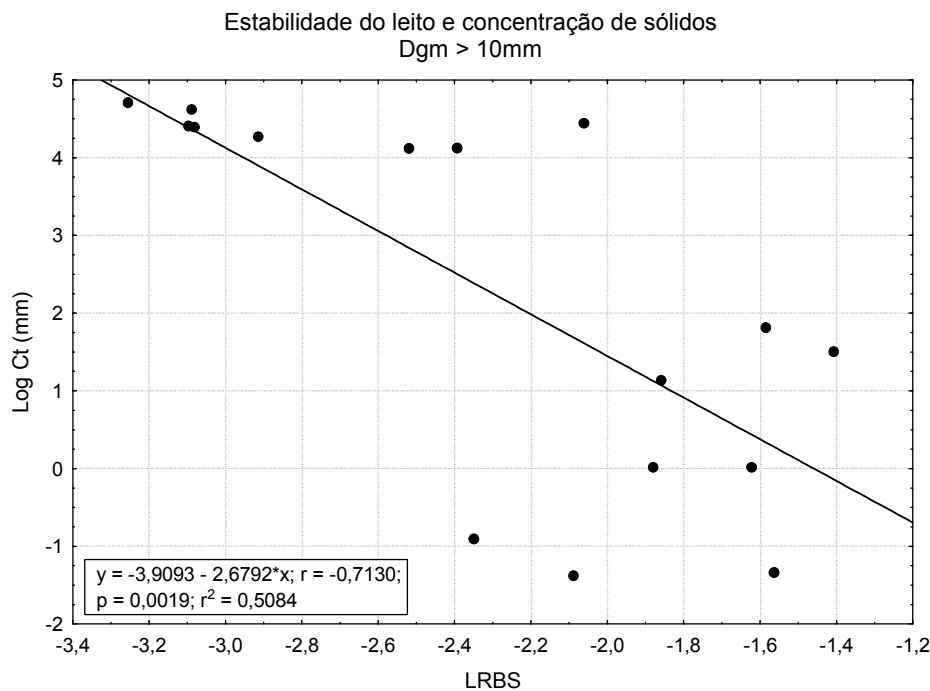


Figura 9 – Índice de estabilidade do leito versus concentração de sólidos em trechos que não satisfazem as restrições do modelo de Yang.

5 - DISCUSSÃO

Estudos relacionados à interação zona ripária-sedimentos têm comprovado direta relação entre esses. Matas ciliares impedem elevada quantidade de sedimentos em corpos hídricos e mantêm a uniformidade desses. Brito *et al.* (2009) constatou que em áreas de degradação da vegetação ripária por ação antrópica, os sedimentos apresentavam diferenças nos parâmetros granulométricos. As regiões de zonas ripárias bem preservadas apresentaram sedimentos típicos ou normais, franca tendência a serem aproximadamente simétricos e moderadamente selecionados. O estudo de Sheridan *et al.* (1999) indicou efetiva redução de sedimentos no leito provenientes de atividades agrícolas.

A relação entre a estabilidade do leito, cobertura ripária e ocupação comprovam a importância desta área para o equilíbrio do processo de transporte de sedimentos. A tendência verificada entre a densidade ripária e a geometria do canal permitem também comprovar que este parâmetro interfere na hidráulica de sedimentos, porém não foi obtido uma relação direta significativa entre estes fatores, o que indica que a relação entre os mesmos não podem ser explicada por análises simples.

Segundo Yuqian, (1989), para trechos de rios importantes ou reservatórios, deverão ser monitorados, pelo menos, 80% da área de drenagem compreendida. Para monitoramento regular, um mínimo de 60% da área de drenagem deve conter postos de medida da descarga total. O monitoramento, porém, é custoso e como pode ser observado nos dados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA), a rede da região não atende às indicações mínimas. Na falta de dados de monitoramento sedimentológico, e considerando ainda os investimentos em projetos de desenvolvimento de Índices de Integridade Biótica, estudos para estimação da vazão sólida tornam-se viáveis.

Os resultados obtidos da aplicação do modelo de Yang nos trechos em torno do Reservatório de Nova Ponte comprovam que trechos com alto grau de assoreamento possuem um volume de entrega de sedimentos superior ao que os cursos d'água podem transportar. Considerando a relação da estabilidade do leito com a cobertura ripária, têm-se mais uma vez a demonstração da importância deste componente para a preservação e redução da descarga sólida em riachos.

Dada a restrição do modelo de Yang à trechos aluviais e com uma determinada gama de diâmetros do substrato, é necessário uma verificação do correto emprego das equações de Yang na região estudada. Para tal é necessário realizar medições de descarga sólida e comparar os resultados obtidos com os estimados pelo modelo, para que assim sejam estudadas as adaptações que podem ser adotadas para um emprego mais eficiente do método.

6 - CONCLUSÃO

A aplicação de Protocolos de Avaliação Rápida em 40 riachos tributários do Reservatório de Nova Ponte confirma o exposto pela literatura acerca da importância de ações pontuais, principalmente de preservação da cobertura ripária, para a estabilidade de processos de erosão e transporte de sedimentos e, conseqüentemente, para a redução de impactos econômicos.

Até então os resultados encontrados e a existência de todos os parâmetros nos protocolos para a aplicação de equações de estimativa de transporte de sedimentos são fatos que permitem inferir que a aplicação dos mesmos é viável. Apesar da possível imprecisão destas equações em relação às estimativas feitas a partir de dados de medição de descarga sólida, acredita-se que seus

resultados possam ser satisfatórios, haja vista o custo e a rapidez do método e ainda o insuficiente monitoramento sedimentológico existente.

7 - BIBLIOGRAFIA

BRITO R.N.R.; ASP, N.E.; BEASLEY, C.R.; SANTOS, H.S.S. (2009). “*Características Sedimentares Fluviais Associadas ao Grau de Preservação da Mata Ciliar - Rio Urumajó, Nordeste Paraense*”. Acta Amazônica. v.39(1), p.173 – 180.

BUNTE, K.; ABT, S. R. (2001). *Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-74, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, 428 pp.

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro, 600 p.

DUNNE, T. (1979). “*Sediment Yield and Land Use in Tropical Catchments*”. *J. Hydrology*, p.281-300.

FAUSTINI, J. M. e KAUFMANN, P. R. (2007). “*Adequacy of Visually Classified Particle Count Statistics from Regional Stream Habitat Surveys*”. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 43(5):1293-1315.

FISCHENICH, C. (2001). *Stability Thresholds for Stream Restoration Materials*. EMRRP, U.S. Army Research and Development Center, Vicksburg, Mississippi.

FISRWG (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. 15 Federal agencies of the US government.

HARDING, J. S. (2009). “*Stream Habitat Assessment Protocols for wadeable rivers and streams of New Zealand*”. School of Biological Sciences, University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch 8140, New Zealand

JUNIOR, R.M.F.; VIEIRA, E.M.; GOMES, I.; MACHADO, M.L.; SIMÃO, M.L.; CARDOSO, E.L. (2009). “*Levantamento do uso e ocupação do entorno da represa de Nova Ponte – MG, utilizando o sistemas de informações geográficas (sigs), para futura delimitação de parques aquícolas*” in XIII SBGFA, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

KAUFMANN, P. R.; FAUSTINI, J. M.; LARSEN, D. P.; SHIRAZI, M. A. (2008). “*A Roughness-Corrected Index of Relative Bed Stability for Regional Stream Surveys*”. *Geomorphology*, 99:150-170, doi: 10.1016/j.geomorph.2007.10.007.

KAUFMANN, P. R.; LEVINE, E. G.; ROBISON, C. S.; PECK, D. V. (1999). *Quantifying Physical Habitat in Wadeable Streams*, EPA/ 620 / R-99 / 003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. Disponível em <<http://www.epa.gov/emap/html/pubs/docs/groupdocs/surfwatr/field/phyhab.html>> Acesso em fev/2009.

LISLE, T. E. (1982). “*Effects of aggradation and degradation on riffle-pool morphology in natural gravel channels, northwestern California*”. *Water Resources Research*, v.18, n.6, p.1643–1651.

MADDOCK, I. (1999) “*The importance of physical habitat assessment for evaluating river health*”. *Freshwater Biology*, v.41, p.373-391.

MARENGO, J. A. (2007). *Caracterização do clima no Século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC*. CPTEC/INPE - São Paulo, Brasil, 181p.

MAZEIKA, S.; SULLIVAN, P.; WATZIN, M. C.; HESSION, W. C. (2006). “*Influence of stream geomorphic condition on fish communities in Vermont, U.S.A.*” *Freshwater Biology* v.51, p.1811–1826.

MEYERS, M. J. (2010). “*Flow Regime Prediction via Froude Number Calculation in a Rock-Bedded Stream*”. Tese submetida ao Department of Earth Sciences, Brock University, St. Catharines, Ontario. 177p.

MORRIS, G. L.; JIAHUA, F. (1998). *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill Book Co., New York, 848p.

OLIVEIRA, S.V.; CORTES, R. M. V. (2005). “*A biologically relevant habitat condition index for streams in northern Portugal*”. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 15: 189–210. Disponível em <www.interscience.wiley.com>

RILEY, P. (2003). “*Big Dams in South America – Triumphs and Near Tragedies*”. *NZSOLD Newsletter*, n.38

RODRIGUES, S. C. (2002). *“Impacts of Human Activity on Landscapes in Central Brazil: A Case Study in the Araguari Watershed”*. Australian Geographical Studies, v. 40(2), p.167–178.

SCAPIN, J.; PAIVA, J.B.D.; (2005). *“Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano em Santa Maria –RS”* in 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul Santa Maria, RS.

SHERIDAN, J.M.; LOWRANCE, R.; BOSCH, D.D. (1999). *“Management effects on runoff and sediment transport in riparian forest buffers”*. American Society of Agricultural Engineers. v. 42(1), p.55-64.

STACK, W. R. (1989). *Factors Influencing Pool Morphology in Oregon Coastal Streams*. Tese submetida a Oregon State University. 109 p.

VTDEC. (2001). *Stream Geomorphic Assessment Handbook: Rapid Stream Assessment – Appendix O*. Vermont Agency of Natural Resources, Water Quality Division, Waterbury, VT, U.S.A.

DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. 77 p.

YANG, C. T. (1973). *“Incipient Motion and Sediment Transport”*. J. Hyd. Div. ASCE, 99 (10), p.1679-1704.

YUQIAN, Long (1989). *Manual on operational methods for the measurement of sediment transport*. World Meteorological Organisation. Geneva, Switzerland, n.29, 169 p.