

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

EFICIÊNCIA DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA NA FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO (APP DE MARGEM DE RIO)

Morais, A.¹; Gonçalves, L. P.²; Rosa, E. U.³ & Costa, S.R.A.⁴

Resumo - O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre as funções consideradas mais relevantes do ponto de vista hidrológico e da proteção do corpo hídrico desempenhadas pelas zonas ripárias que, de um modo geral, estão contidas dentro das Áreas de Proteção Permanentes de margens de corpos hídricos (APPs), e investigar os valores a serem praticados para sua largura considerando a efetividade daquelas consideradas mais significantes: redução do pico de cheia, controle de erosão, retenção de sedimentos e retenção de poluentes. A definição dos sistemas ripários tende a possuir um caráter regional, que leva em consideração critérios fisiográficos baseados, principalmente, nos tipos de vegetação e de solo. Algumas classificações acrescentam, ainda, fatores geomorfológicos, hidrológicos e variáveis espaço-temporais; por isso, existe na literatura um grande número de métodos e aspectos envolvidos na classificação e definição das zonas ripárias. Conclui-se que a definição da largura da vegetação ripária deve ser feita primordialmente para se alcançar um objetivo ambiental e não apenas para atender a uma legislação. Como proposta para trabalhos futuros sugere-se uma maior investigação do tema com desenvolvimento de experimentos focados nas distintas regiões brasileiras.

Abstract – This paper aims to present a literature review on the most relevant functions in terms of hydrological and water body protection performed by the riparian zones that, in general, are included in the Area of Permanent Protection - APP (in the margins of water bodies), and evaluate values to be applied to its width, considering the effectiveness of those most significant functions: reduction of the flood peak, erosion control, sediment and pollutants retentions. The definition of riparian systems tends to have a regional character, which takes into account physiographic criteria based mainly on the types of vegetation and soil. Some classifications also add geomorphological and hydrological factors and space-time variables; so, in the literature exists a large number of methods and issues involved in classification and definition of riparian zones. This article concludes that the definition of the width of the riparian zone should be made primarily to achieve an environmental goal, and not just to meet the legislation. For future researches, more experiments focused on different regions of Brazil are suggested.

Palavras-Chave – área de preservação permanente de margem de rio, eficiência de retenção e/ou remoção, vegetação ripária.

¹ Hicon Engenharia Ltda. Av. Rio Branco nº 20, 13º andar – Centro. Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20090-000. Tel./Fax: (21) 2576-6090. amanda@hicon.com.br.

² Hicon Engenharia Ltda. Av. Rio Branco nº 20, 13º andar – Centro. Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20090-000. Tel./Fax: (21) 2576-6090. lucas@hicon.com.br.

³ PCRJ. Av. Francisco Bicalho nº 146, Térreo, Sala 10 – São Cristóvão. Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20220-310. Tel./Fax: (21) 2580-7272. erosa@pcrj.rj.gov.br.

⁴ Hicon Engenharia Ltda. Av. Rio Branco nº 20, 13º andar – Centro. Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20090-000. Tel./Fax: (21) 2576-6090. racsandra@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Os rios e cursos d'água historicamente sempre desempenharam um papel importante na manutenção da vida no planeta. De fato, estes se constituem em um dos mais importantes recursos para a sobrevivência das diversas espécies animais e vegetais, incluindo a própria espécie humana.

Na antiguidade, as cidades localizavam-se próximas aos cursos d'água. Os rios eram importantes pelo fato de serem utilizados em diversas funções, como por exemplo, na área de transportes, quando funcionavam como vias naturais de circulação, permitindo o deslocamento de pessoas e mercadorias. Os rios também serviam como elementos integradores, permitindo alcançar locais longínquos e a conquista de novos territórios. Uma das mais importantes funções dos rios e cursos d'água era sua utilização como fonte de alimentos, pescados e no fornecimento de água. Neste último contexto, os rios eram utilizados não apenas na dessedentação de animais, mas também para a irrigação de lavouras. Demais funções, não menos importantes podem ser identificadas tais como: segurança, higiene, lazer e, mais recentemente, a geração de energia elétrica.

Na atualidade, o aspecto dinâmico e os impactos das ações antrópicas sobre o meio ambiente, como a busca por novas fronteiras agrícolas e o fenômeno mundial de urbanização ocorrido nas últimas décadas, tem apresentado demandas, em especial, aos cursos d'água e às suas margens, que em muito tem ultrapassado aquelas funções citadas anteriormente.

Assim, o aumento do tempo de concentração das águas superficiais, amortecendo os picos de vazão durante as cheias; a preservação da morfologia fluvial, funcionando como camada protetora da estabilidade dos taludes fluviais e de redução da velocidade de escoamento no curso d'água; a redução parcial do aporte de sedimentos, diminuindo o risco de assoreamento dos leitos fluviais; o fornecimento de alimento e proteção do *habitat* para fauna aquática; a manutenção de corredores ecológicos, preservando espécies terrestres características de matas ripárias; a retenção de nutrientes oriundos de atividade agrícola e outros poluentes, funcionando como um filtro para qualidade da água; a interceptação de escombros rochosos, através da presença de árvores que funcionem como uma barreira; a criação de paisagens agradáveis e áreas de lazer e o sombreamento do curso d'água, regulando a temperatura da água, dentre outras funções, se somam àquelas historicamente citadas (HICON, 2011b).

A contemporaneidade da discussão do novo Código Florestal, considerando aqui apenas o aspecto da determinação da largura das Áreas de Proteção Permanente (APPs) na beira de rios, surge como uma oportunidade frente aos desafios impostos pelos altos impactos causados ao meio ambiente em nome do desenvolvimento, no sentido da preservação da biomorfologia fluvial e aspectos correlacionados.

Tem sido sustentado pela comunidade acadêmica que não há base científica para os valores propostos pelo novo Código Florestal. Desta forma, o presente trabalho objetiva apresentar uma revisão bibliográfica sobre as funções consideradas mais relevantes do ponto de vista hidrológico e da proteção do corpo hídrico desempenhadas pelas zonas ripárias que, de um modo geral, estão contidas dentro das APPs, tendo em vista os atuais impactos aos corpos hídricos, em especial no que tange aos processos erosivos da calha fluvial, a redução do escoamento, ao aporte de sedimentos e nutrientes no corpo hídrico.

Como objetivo secundário tem-se a prospecção de valores praticados para a largura da vegetação ripária considerando a efetividade das funções supracitadas.

Assim, este trabalho encontra-se dividido em sete seções além da introdução. A seção 2 mostra algumas definições encontradas na bibliografia para a zona ripária, a seção 3 apresenta uma revisão bibliográfica sobre as diversas funções desempenhadas pela vegetação presente na zona ripária. Na seqüência, da seção 4 à seção 7, são apresentadas quatro funções da vegetação ripária consideradas mais relevantes do ponto de vista hidrológico e da proteção do corpo hídrico: redução do pico de cheia, controle de erosão, retenção de sedimentos e retenção de poluentes. Finalizando o presente trabalho, na seção 8, são apresentadas as considerações finais com análise e conclusão sobre o material revisado, com propostas de trabalhos futuros.

Foi observada uma relativa abundância de literatura nos tópicos relativos ao aporte de sedimentos e nutrientes na calha fluvial, sendo grande volume proveniente da área de engenharia florestal. Contudo, pouca literatura foi encontrada na área de redução de escoamento e nenhuma referência na área de escombros rochosos.

2. DEFINIÇÕES DE ZONA RIPÁRIA

Existem na literatura diversas definições para zona ripária. Dentre muitas, podemos citar Gregory *et al.* (1991) que define zona ripária como sendo a “interface entre os ecossistemas terrestre e aquático, que se estende horizontalmente até o limite que a inundação alcança, e verticalmente até o topo da copa da vegetação” ou, ainda, THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING (2000) que define a zona ripária como sendo a “zona próxima a rios, lagos, pântanos, etc. que influencia fortemente a transferência de energia, nutrientes, sedimentos, etc. entre os ecossistemas terrestre e aquático”. A Figura 1, a seguir, mostra um esquema conceitual da zona ripária e os processos envolvidos nesta região.

Além do termo zona ripária, existem muitos outros utilizados na literatura, com o mesmo significado, tais como “faixa de armazenamento” (Bren, 1998) e “floresta de galeria” (Schiavini, 1997 e Barbosa, 1997).

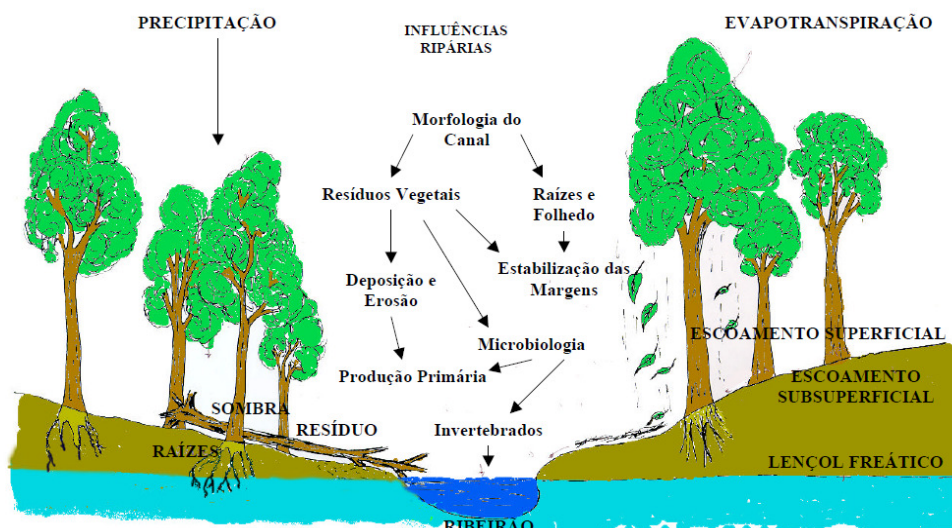


Figura 1 – Zona Ripária e suas inter-relações.⁵

De uma forma geral, para o clima brasileiro, podemos definir a vegetação ripária como sendo uma faixa de mata ciliar, formada por árvores, geralmente acompanhada de arbustos e outras formas de vegetação, ao longo de um córrego ou rio ou ao longo do litoral, cuja principal função é manter a integridade destes corpos, reduzindo a poluição. Além disto, a vegetação ripária fornece alimentos, habitat e proteção térmica para peixes e animais selvagens.

Segundo Hicon (2011b), reunindo critérios técnicos e legais, a zona ripária poderia ser considerada como sendo a soma da largura do rio com as larguras das APPs de ambas as margens (denominadas faixas marginais de proteção – FMP no estado do Rio de Janeiro).

3. FUNÇÕES DA ZONA RIPÁRIA

A principal função da zona ripária é a manutenção da qualidade da água dos cursos d'água, através da retenção e/ou remoção de poluentes. Além disto, diversas funções secundárias podem ser citadas: redução da erosão, habitat para animais selvagens, a questão estética, controle ou amenização da temperatura da água através da sombra proporcionada pela mata ciliar, etc.

Fischer & Fischenich (2000) descrevem que a manutenção de zonas ripárias e de corredores ecológicos é uma importante medida para promoção da melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos e para a preservação de animais silvestres.

Devido às diversas funções ecológicas e hidrológicas extremamente importantes exercidas pela zona ripária, a vegetação contida nesta área encontra proteção legal no Brasil⁶ e em outros países.

⁵ Fonte: Zakia (1998), modificado de Likens (1992).

⁶ Através do Código Florestal Brasileiro, determinam-se as larguras mínimas das Áreas de Proteção Permanente (APPs), de acordo com a largura do corpo d'água. A vegetação ripária, de um modo geral, está contida na APP.

Contudo, ao se analisar as legislações federal, estadual e municipal brasileiras percebem-se graves conflitos quanto à proteção destas áreas, o que dificulta ou até mesmo inviabiliza a sua proteção efetiva.

A proteção das zonas ripárias em áreas urbanas torna-se ainda mais complexa devido a diversos fatores que dificultam e até mesmo subjagam suas funções, como a ocupação desordenada e a retirada da vegetação nativa. Além disto, nestas regiões, é difícil até mesmo a identificação das mesmas, devido à expressiva descaracterização do ambiente natural e às mudanças no uso do solo.

A falta de proteção das zonas ripárias nas áreas urbanas agrava problemas ambientais tais como assoreamento dos corpos d'água, enchentes e deslizamentos de encostas, trazendo grandes prejuízos materiais e perdas de vidas humanas.

De acordo com NCRS (1997a), zonas ripárias com larguras adequadas interceptam sedimentos, nutrientes, pesticidas e outros materiais provenientes do escoamento superficial e ajudam na redução dos nutrientes e outros poluentes do fluxo subsuperficial, diminuindo, conseqüentemente, a concentração de poluentes nos corpos d'água superficiais, como rios e córregos.

Além disto, zonas ripárias formadas por florestas também estabilizam os taludes e as planícies aluviais, reduzindo a erosão. As temperaturas amenas mantidas pela vegetação ripária são essenciais para a sobrevivência de muitos peixes e outras espécies aquáticas. Folhas, troncos e ramos caídos fornecem alimentos e habitat para muitos organismos que são essenciais para a cadeia alimentar aquática.

A largura da vegetação ripária depende tanto das características do local quanto da função desejada. Desta forma, deve-se considerar quais funções devem ser atendidas por uma determinada vegetação ripária e, desta forma, determinar a largura mínima para o alcance da eficiência desejada.

Para Norris (1993), a eficiência das zonas ripárias depende de suas propriedades, tais como: estrutura e espécie de vegetação, comprimento, inclinação e forma da zona ripária, quantidade de escoamento superficial, condutividade hidráulica e capacidade de retenção do solo, etc.

A função hidrológica da zona ripária divide-se em diversos fatores que influenciam diretamente na estabilidade da bacia hidrográfica e indiretamente na qualidade da água de seus corpos hídricos, dentre os quais podemos citar:

- atenuação do pico das cheias;
- dissipação de energia do escoamento superficial pela rugosidade da vegetação;
- equilíbrio térmico da água;
- estabilidade das margens;
- ciclagem de nutrientes e
- controle da sedimentação.

Silva (2003), através da revisão bibliográfica de diversos artigos, definiu nove funções da vegetação ripária: estabilização de taludes e encostas; manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações; retenção de sedimentos e nutrientes; mitigação da temperatura da água e do solo; fornecimento de alimento e *habitat* para criaturas aquáticas; manutenção de corredores ecológicos; paisagem e recreação; fixação de gás carbônico e interceptação de escombros rochosos.

Wenger (1999), após uma extensa revisão bibliográfica, também cita diversas funções para a zona ripária: retenção/remoção de sedimentos provenientes do escoamento superficial; estabilização dos bancos e redução da erosão do canal; retenção/remoção de fósforo, nitrogênio e outros nutrientes que possam causar eutrofização de ecossistemas aquáticos; retenção/remoção de outros contaminantes, como pesticidas; armazenamento das águas provenientes de inundações, diminuindo assim os danos à propriedade; manutenção de *habitat* para peixes e outros organismos aquáticos, moderando a temperatura da água e provendo alimentos; fornecimento de *habitat* para organismos terrestres; melhoramento da estética das regiões próximas aos cursos d'água, valorizando as propriedades adjacentes e oferecimento de oportunidades recreacionais e educacionais⁷.

Neste trabalho pretende-se abordar a eficiência da vegetação ripária na mitigação de diversos problemas relacionados à bacia hidrográfica, através da descrição de experimentos já realizados.

Para isto, fez-se uma extensa revisão bibliográfica de artigos científicos nacionais e internacionais. Ressalta-se, contudo, que os artigos citados nem sempre tratam de experimentos com vegetação ripária natural. Em alguns deles, foram utilizados outros tipos de vegetação tais como grama, milho, etc. Contudo, Muscutt *et al.* (1993) *apud* Simões (2001) ressalta que tanto as faixas de filtro vegetativo quanto as vegetações ripárias reduzem a conexão entre a fonte de poluição potencial e o corpo d'água receptor e podem fornecer uma barreira física e bioquímica contra a entrada de poluição de fontes distantes do curso d'água.

Apesar da existência de diversos trabalhos internacionais sobre larguras e eficiências relacionadas a diversas funções da vegetação ripária, Simões (2001) destacou a existência de poucos estudos nas regiões de climas tropicais.

4. VEGETAÇÃO RIPÁRIA E REDUÇÃO DO PICO DE CHEIA

Os escoamentos superficiais e subterrâneos decorrem preferencialmente da ação da gravidade, atingindo, desta forma, os cursos d'água.

Diversos aspectos podem ser observados quando do aumento do escoamento superficial. A intensificação deste pode reduzir as taxas de infiltração, o que por sua vez leva à diminuição das taxas de recarga para os aquíferos e à diminuição do escoamento de base. Ainda, o aumento do escoamento superficial, aumenta a velocidade, a frequência e a magnitude dos picos de cheia,

⁷ Baseado em Schueler (1995a) e Malanson (1993)

levando ocasionalmente às enchentes. Adicionalmente, processos erosivos podem ser potencializados pela força de arraste da água nos taludes que formam as margens dos rios.

Em Dillaha *et al.* (1989) tem-se que uma das mais importantes funções da vegetação ripária, é o aumento da infiltração deplecionada do escoamento superficial. A mata ripária aumenta a rugosidade da superfície, diminuindo a velocidade. Com isso, a infiltração é facilitada aumentando a recarga do aquífero. Um fator a ser observado é a regulação da quantidade de água que entra na calha fluvial. Com a infiltração, este volume é diminuído.

Outro aspecto relacionado ao escoamento superficial diz respeito ao aporte de sedimentos e ao carregamento de nutrientes/poluentes para dentro da calha fluvial. Sedimentos possuem duas origens: uma origem é decorrente das paredes da calha fluvial, derivado do atrito e conseqüente arraste por parte da água, e a outra origem, decorrente do transporte por parte do escoamento superficial. Cabe destacar também que a maioria dos poluentes/nutrientes também podem ser veiculados para dentro da calha, aderentes às superfícies dos sedimentos.

Muitas pesquisas têm sido feitas na observação da redução do escoamento a partir de áreas confinadas utilizadas para a engorda de gado. Assim, em Young *et al.* (1980) cujo experimento é melhor detalhado na seção 6, mediu continuamente o escoamento superficial durante a precipitação simulada para a área considerada. As condições do experimento foram controladas, como a umidade do solo, a duração e a intensidade da precipitação. A vegetação utilizada foi a cultura de milho, alguns tipos de grama e aveia. O autor relata que, em média, o escoamento diminuiu em 67%, com redução significativa na área de cultivo do milho (82%) e mínimo de 41% para a aveia. Embora o artigo faça mensurações na redução do escoamento superficial, este também observa a redução de sedimentos e nutrientes. O artigo finaliza com o valor de 36,0 m para a faixa de vegetação considerando uma redução aceitável na concentração de poluentes e microrganismos associado ao escoamento superficial.

Em Ding 2011, um experimento foi levado a termo com o objetivo de avaliar a influência da vegetação presente na zona ripária na redução do escoamento superficial em áreas com declividade acentuada. Foi utilizado um arranjo de 24 áreas (declividade média 28%) com quatro tipos de vegetação em dois comprimentos: 4,5 e 9,0 m e uma largura: 1,2 m. O autor aponta que a redução do escoamento é diretamente proporcional ao comprimento da área para os quatro tipos de vegetação. Média de 86,6% para áreas de 4,5 m de comprimento e 93,8% para áreas com 9,0 m de comprimento. Foi constatado índice maior em área com cobertura de coníferas e menor valor para cultura de milho (esparso). O autor conclui ainda que a largura bem como a presença de vegetação na zona ripária possui influência na infiltração oriunda do escoamento superficial. Esta redução no escoamento superficial contribui na diminuição do aporte de sedimentos carregados ao curso d'água. De forma contígua, minimiza a erodibilidade das margens.

Estudos qualitativos sobre o efeito da zona ripária, quando vegetada, sobre o escoamento superficial pode ser observado em Butler (2004) e em Butler *et al.* (2007). Os autores compararam quatro áreas, três das quais com tipos de cobertura vegetal distintas e a quarta área com o solo exposto. Estes verificaram que para as três áreas com cobertura vegetal, a redução no escoamento superficial foi similar. Para a área com solo exposto, o escoamento superficial foi três vezes maior, em relação às áreas com cobertura vegetal.

Uma outra abordagem a ser citada, porém não trivial, é a utilização de modelos hidrológicos na avaliação da redução do escoamento superficial, conforme presente em Simões (2001). Este trabalho envolve a apropriação de diversos parâmetros que influenciam na interação água-solo, que não são de fácil obtenção.

5. VEGETAÇÃO RIPÁRIA E CONTROLE DE EROSÃO

O rio, com seu fluxo dinâmico, tende a ter um processo natural de migração lateral, devido à força que a água exerce sobre as margens, provocando a erosão destas e fazendo com que haja uma mudança de sua localização. Este processo pode ser mais lento ou mais rápido, de acordo com o grau de estabilidade das margens. A estabilidade das margens de cursos d'água está diretamente ligada às condições físicas e biológicas do seu entorno. Como fatores físicos, podemos citar o tipo e o uso do solo e, como fator biológico, a vegetação ripária. Quando esta estabilidade é quebrada, ou pela intervenção humana ou mesmo por questões naturais, o leito do rio tende a mudar de local mais rapidamente, devido à menor resistência apresentada pela margem frente à força da água, causando a erosão da calha. Essa erosão é sempre maior em eventos chuvosos intensos, quando a vazão do rio aumenta, aumentando, também, o efeito erosivo nas suas margens pela força exercida pela água. Segundo Graff (1988) *apud* Fry *et al.* (1994), os rios de regiões áridas tendem a mudar mais sua localização do que os rios em regiões úmidas, mesmo sem sofrer nenhuma intervenção humana.

A estabilidade das margens é diminuída quando ocorre uma mudança repentina nas características naturais do rio. Uma das mudanças pode ser a retirada da vegetação ripária natural. Este processo pode gerar muitas consequências danosas para o corpo hídrico, pois a vegetação ripária exerce funções importantes na interface dos ecossistemas aquático e terrestre.

Beeson e Doyle (1995) estudaram o efeito da retirada da vegetação ripária em quatro rios da província de British Columbia, no Canadá. O foco do estudo foi a comparação da erosão dos leitos dos rios nas margens vegetadas e não-vegetadas. Para essa comparação, os autores aferiram as características hidráulicas e hidrológicas dos rios com idas ao campo e valendo-se de cartas topográficas na escala 1:100.000. A partir destas informações foi possível comparar a erosão em diferentes locais. A erosão foi medida em 748 meandros (curvas) dos quatro rios estudados, sendo

descartados os meandros que apresentavam intervenções humanas, como “rip-raps”, para que o resultado fosse mais representativo da condição natural.

A erosão das margens vegetadas e das não-vegetadas foi comparada através de imagens aéreas, comparando-se duas fotos dos meandros em dois momentos distintos, o primeiro momento anterior à cheia do mês de junho de 1990 e, o segundo momento, posterior a essa cheia. A diferença na localização dos meandros foi um indicador da intensidade da erosão no local. Como resultado, os autores chegaram à Tabela 1, que mostra as ocorrências de erosão visível, separadas por tipo de meandro (vegetado, não-vegetado ou semi-vegetado) para cada rio estudado, assim como o total de meandros nos quatro rios estudados.

Nos resultados apresentados na tabela abaixo pode ser visto que nos meandros nos quais não havia vegetação ripária o processo de erosão foi mais intenso, com o número de meandros erodidos não-vegetados até quatro vezes maior que o número de meandros vegetados.

Tabela 1 – Resultados do estudo de Beeson e Doyle (1995)⁸.

Curso D'Água	Nº de Meandros	Soma das Três Categorias de Vegetação	Números de Meandros (Categoria de Vegetação)		
			Vegetado	Não-Vegetado	Semi-Vegetado
Rio Bonaparte	Total	144	76	57	11
	Meandros Erodidos	47	9	34	4
	% de Meandros Erodidos	33	12	60	36
Rio Chase	Total	135	87	30	18
	Meandros Erodidos	48	12	28	8
	% de Meandros Erodidos	36	14	93	44
Rio Deadman	Total	159	56	94	9
	Meandros Erodidos	94	15	74	5
	% de Meandros Erodidos	59	27	79	56
Rio Salmon	Total	310	132	109	69
	Meandros Erodidos	78	14	57	7
	% de Meandros Erodidos	25	11	52	10
Total dos Quatro Rios	Total	748	351	290	107
	Meandros Erodidos	267	50	193	24
	% de Meandros Erodidos	36	14	67	22

O trabalho de Beeson e Doyle apresentou, ainda, resultados que mostram que, dos 35 meandros que tiveram uma diferença de localização de aproximadamente 45 m entre os dois momentos analisados, 32 meandros eram não-vegetados e apenas 1 deles era vegetado. Com estes resultados, os autores concluíram que a vegetação ripária é um importante meio para controle da erosão do leito dos rios.

À mesma conclusão chega o trabalho de Micheli e Kirchner (2002), no qual um rio do estado da Califórnia, nos EUA, foi analisado para a comparação entre meandros com vegetação nativa de zonas ripárias, ou seja, vegetação adaptada à interface dos ecossistemas aquático e terrestre, e

⁸ Fonte: Adaptado de Beeson e Doyle (1995).

meandros com outros tipos de vegetação. Neste trabalho, os autores utilizaram imagens aéreas de três anos diferentes (1955, 1976 e 1995) e SIG (Sistema de Informações Geográficas) para calcular a migração lateral dos meandros com e sem vegetação ripária original. Além disto, os autores utilizaram um modelo linear para estimar a erodibilidade das margens do canal.

Os resultados obtidos através da análise das imagens aéreas mostraram que os meandros com vegetação ripária tiveram deslocamento seis vezes menor que os meandros com outros tipos de vegetação e a erodibilidade encontrada para as margens com vegetação ripária foi aproximadamente dez vezes menor que a erodibilidade das margens com outros tipos de vegetação.

Desta forma, os autores concluíram que a manutenção da vegetação ripária ao longo das margens dos corpos d'água é uma das formas de se preservar a geometria do canal e de diminuir a intensidade da erosão diminuindo, também, o aporte de sedimentos no corpo d'água.

6. VEGETAÇÃO RIPÁRIA E RETENÇÃO DE SEDIMENTOS

Wenger (1999) destaca que, em termos de volume, os sedimentos são a maior fonte de poluição de rios e corpos d'água em geral. O aumento da concentração de sedimentos no corpo hídrico aumenta a turbidez da água, ocasionando diversos problemas tais como diminuição da penetração de luz, gerando mortalidade de peixes e redução da produtividade de alimentos; aumento do custo de tratamento da água e funcionar como meio suporte para materiais contaminantes.

A utilização de vegetação ripária para a retenção de sedimentos é citada em diversos trabalhos. Wenger (1999) descreve as características diretamente ligadas à eficiência de remoção de sedimentos pela vegetação ripária:

- Largura da faixa: quanto maior a faixa, maior a remoção de sedimentos provenientes do escoamento superficial;
- Declividade da faixa: quanto maior a declividade, menor a eficiência de remoção de sedimentos;
- Extensão da faixa: é muito importante a continuidade da faixa ao longo dos rios, pois aberturas, passagens e outras quebras comprometem a eficácia do sistema.

Além disto, a eficiência de remoção de sedimentos também está intimamente ligada ao tipo de solo e taxa de infiltração.

De acordo com NCRS (1997b), a maioria dos sedimentos fica retida nos primeiros 25% da largura das faixas vegetativas. Recomenda-se ainda uma largura mínima de 7,6 m e uma largura ideal de 61,0 m. Para faixas de grama, que possuem alta capacidade de filtração, a maior parte dos sedimentos fica retida entre 8,0 m e 9,3 m, para declividades menores que 15%.

A utilização de faixas de filtro vegetativo (vegetative filter strips – VFS) mostrou-se bastante eficiente na remoção de sedimentos, conforme relatado por Dillaha *et al.* (1988). Os autores

realizaram um experimento utilizando faixas de grama para verificar a retenção de sedimentos e poluentes provenientes de áreas de confinamento de animais, no estado americano da Virginia.

De acordo com Dillaha *et al.* (1988), os mecanismos com maior remoção de poluentes associados às VFS envolvem mudanças no regime de escoamento que permitam a infiltração no perfil do solo, a deposição dos sólidos suspensos totais, a filtração dos sedimentos suspensos pela vegetação, a adsorção pelo solo e superfícies dos vegetais e a absorção dos poluentes solúveis pelas plantas, sendo a infiltração o processo mais significativo da VFS e o mais fácil de ser quantificado.

Para a determinação da eficiência das faixas de filtro vegetativo na remoção de sedimentos e outros poluentes, Dillaha *et al.* (1988) realizaram um experimento onde foram construídas nove faixas constituídas de grama (aparadas em 10 cm), divididas em três declividades e três larguras pré-definidas: 5%, 11% e 16% de declividade e 0,0 m, 4,6 m e 9,1 m de largura. Cada faixa foi associada a uma área de confinamento com 5,5 m de largura por 18,3 m de comprimento e utilizou-se um simulador de chuva para provocar o escoamento superficial. A intensidade da chuva simulada foi de 50 mm/h e foram feitas três rodadas, a primeira com 60 minutos e as duas últimas com 30 minutos, para simular condições de solo seco, úmido e muito úmido e está relacionada a uma recorrência de 2 a 5 anos para o estado da Virginia, local do experimento. O tipo de solo no local do experimento era argiloso e encontrava-se exposto e compactado. A Figura 2, a seguir, mostra o esquema do experimento realizado por Dillaha *et al.* (1988).

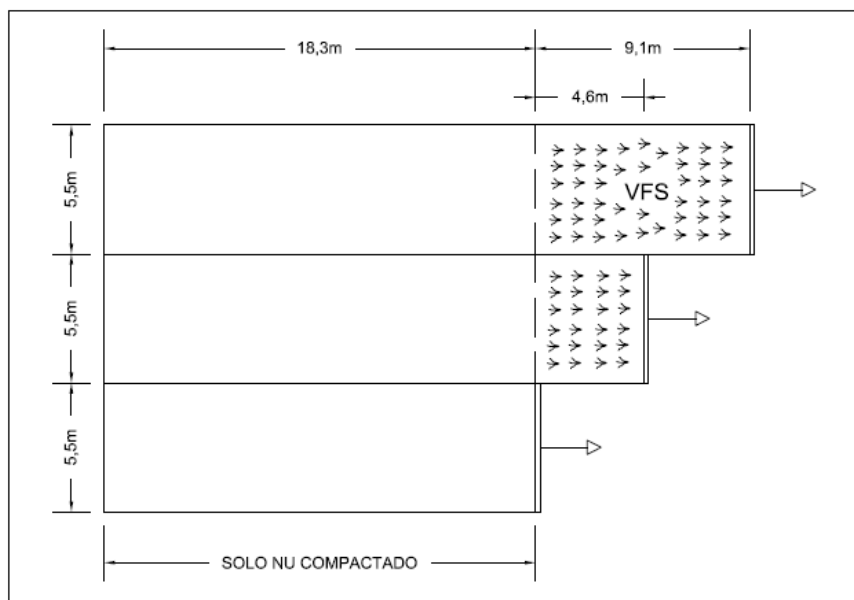


Figura 2 – Esquema do experimento de Dillaha *et al.* (1988)⁹.

O experimento foi dividido em dois conjuntos: o primeiro com a aplicação de 7.500 kg/ha de esterco sobre a área e o segundo com 15.000 kg/ha. Foi ainda simulada a formação de concentração

⁹ Adaptado de Dillaha *et al.* (1988).

de escoamento, através da aplicação de declividade transversal de 4%, para as faixas com declividade longitudinal de 5%. A Tabela 2 resume os dados referentes ao experimento.

Tabela 2 – Resumo dos dados do experimento de Dillaha *et al.* (1988).

Características / Faixas	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9
Largura do filtro (m)	9.1	4.6	0.0	9.1	4.6	0.0	9.1	4.6	0.0
% Declividade Longitudinal	11	11	11	16	16	16	5	5	5
% Declividade Transversal	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.0 (a)	4.0 (a)	4.0 (a)
Vegetação da faixa	Gramma, aparada com altura de 10 cm								
Tipo de solo	Argiloso								
Quantidade de esterco	Teste 1: 7500 kg/ha por dia de esterco úmido								
	Teste 2: 15000 kg/ha por dia de esterco								
Intensidade da chuva simulada	50 mm/h								
Duração da chuva simulada	Rodada 1: 60 minutos								
	Rodada 2: 30 minutos								
	Rodada 3: 30 minutos								

(a) faixas com declividade transversal para simular os efeitos de fluxos concentrados.

Os resultados obtidos mostram que faixas com largura de 9,1 m apresentam eficiências de remoção em torno de 95% e faixas com 4,6 m eficiências em torno de 87%. Os resultados mostraram também que, de um modo geral, maiores concentrações resultaram em eficiências de remoção um pouco mais baixas, provavelmente pela deposição de sedimentos dentro da própria faixa, diminuindo a capacidade de infiltração.

Além disto, a utilização de declividades transversais mostrou que a condição de escoamentos mais concentrados diminui drasticamente a eficiência de remoção das faixas. Os resultados referentes à remoção de sólidos suspensos totais do experimento de Dillaha *et al.* (1988) encontram-se resumidos na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Eficiências de remoção de Sólidos Suspensos Totais (SST), de acordo com Dillaha *et al.* (1988).

Parcela	Teste	Largura da Faixa (m)	% de Remoção de SST
Faixa 1	Teste 1	9.1	97
	Teste 2		90
	Global		95
Faixa 2	Teste 1	4.6	87
	Teste 2		87
	Global		87
Faixa 4	Teste 1	9.1	91
	Teste 2		81
	Global		88
Faixa 5	Teste 1	4.6	82
	Teste 2		65
	Global		76
Faixa 7	Teste 1	9.1	60
	Teste 2		55
	Global		58
Faixa 8	Teste 1	4.6	36
	Teste 2		20
	Global		31

Após a realização do experimento, Dillaha *et al.* (1988) concluíram que as faixas de filtro vegetativo são eficientes na remoção de sedimentos e outros sólidos suspensos provenientes de áreas de confinamento se o escoamento for constante e uniforme e se estas não forem preenchidas (colmatadas) pelo aporte de sedimentos. A eficiência de remoção destas faixas decresce com o tempo, pois o sedimento se acumula no filtro, dificultando a retenção.

Neibling & Alberts (1979) *apud* Dillaha *et al.* (1988) realizaram experimento semelhante para avaliar a eficiência de remoção de sedimentos provenientes de áreas com solos nus. Eles utilizaram faixas de 0,6 m, 1,2 m, 2,4 m, 4,9 m e 6,1 m, com 7% de declividade e encontraram as seguintes eficiências de remoção: 6,1 m – mais de 90%; 4,9 m – 83%; 2,4 m – 82%; 1,2 m – 78% e 0,6 m – 37%.

Young *et al.* (1980) realizaram um experimento para avaliar a eficiência das faixas de vegetação na diminuição do escoamento superficial e na retenção de sedimentos.

A área de confinamento utilizada para o experimento possuía 54,86 m de largura e 111,25 m de comprimento e as simulações duraram dois anos.

Foram utilizadas 8 faixas com 4,06 m de largura por 13,72 m de comprimento sendo que, em 6 dessas faixas, foi feita a extensão para fora da área de confinamento, estendendo-se por 27,43 m de comprimento no 1º ano e 21,34 m no 2º ano. A Figura 3 abaixo mostra o esquema do experimento realizado por Young *et al.* (1980).



Figura 3 – Esquema do experimento realizado por Young *et al.* (1980)¹⁰.

No 1º ano, as faixas situadas fora da área de confinamento, foram aradas e plantadas com milho (duas faixas), grama (duas faixas) e sorgo e capim (duas faixas). As faixas situadas dentro da área de confinamento não foram aradas. No 2º ano foram plantados milho e aveia.

¹⁰ Adaptado de Young *et al.* (1980).

Entre 30 e 45 dias após o plantio foi utilizado um simulador de chuva para produzir escoamento superficial e induzir a erosão do solo. Foi utilizada uma chuva com energia equivalente a um tempo de retorno de 25 anos, para 24 horas, para a região estudada.

Os resultados mostraram que houve redução de sólidos totais para todos os cultivos:

- redução de 86% para milho;
- redução de 82% para capim;
- redução de 75% para aveia e
- redução de 66% para grama.

7. VEGETAÇÃO RIPÁRIA E RETENÇÃO DE POLUENTES

As zonas ripárias podem funcionar como corredores ecológicos ou como faixas de proteção. A grande questão envolvida neste assunto é que existem diversos trabalhos científicos recomendando larguras diferentes, seja para a manutenção da vida aquática, seja para a proteção da vida silvestre. Considerando apenas a remoção (retenção) de poluentes, a literatura científica apresenta trabalhos baseados em distintas configurações o que dificulta a adoção das medidas citadas. (Fish & Fischenich, 2000).

Castelli *et al.* (1994) afirmam que a delimitação da zona ripária é baseada na aceitabilidade política e não por mérito científico e sua largura é o principal fator para determinar seu efeito “tampão”. Se esta for subestimada, coloca em risco o corpo hídrico e, se for superestimada, impede outro uso econômico do solo, causando prejuízo desnecessário aos proprietários da terra.

Segundo Corbett e Lynch (1978), em uma floresta não perturbada as perdas de nutrientes ocorrem por volatilização, erosão do solo e lixiviação de elementos químicos dissolvidos. Esse processo pode ser muito acelerado pelo manejo inadequado de florestas e pode levar a eutrofização dos corpos d’água. A quantidade de nutrientes aumenta, quando a taxa de decomposição dos resíduos florestais excede a assimilação pela vegetação e a capacidade de troca do solo. Os nutrientes também chegam à zona ripária carreados de terras mais altas artificialmente fertilizadas.

Orbone e Kovacic (1993) registram que a preservação (ou plantio) de zonas ripárias tem sido recomendada como um procedimento eficaz para redução do aporte de nitrogênio e de fósforo. Entre os processos envolvidos estão: retenção de nutrientes no escoamento superficial e subsuperficial, absorção de nutrientes solúveis pela vegetação, assimilação/eliminação por micróbios e a absorção (e adsorção) de nutrientes solúveis por partículas orgânicas e inorgânicas do solo (U. S. Department of the Army, 1991). Os autores questionam, ainda, se a vegetação ripária pode modificar, incorporar, diluir ou concentrar substâncias, antes de introduzi-las em um sistema lótico. E comparam a eficiência de uma faixa de proteção de floresta com outra de capim para a

redução de *inputs* sub-superficiais de nutrientes provenientes da agricultura. E, por fim, concluem que ambas as faixas reduziram as concentrações de nitrato em águas sub-superficiais, em até 90%. Contudo, a faixa de floresta foi mais eficaz em reduzir as concentrações de nitrato do que a composta por capim, embora menos eficiente na retenção de fósforo total e fósforo dissolvido. Como os autores observaram maiores concentrações de fósforo nas águas sub-superficiais da faixa de floresta, eles sugerem que a vegetação ripária madura pode acumular fósforo em maior quantidade, mas também pode permitir uma maior taxa de vazamento para as águas. Este fato é importante, pois, ao escoamento sub-superficial, deve-se parte da recarga dos cursos d'água. Se o novo Código Florestal aprovar a plantação de culturas na zona ripária, este fato poderá ser objeto de estudos futuros. O trabalho sugere que podem ser cultivadas gramíneas, algumas com valor agregado, em parte da APP exigida por lei, ou como uma extensão desta, para auxiliar na remoção de poluentes.

Corbett e Lynch (1978) observaram o efeito do desmatamento na perda de nutrientes. Eles verificaram que esta é inicialmente pequena. Contudo, como o desmatamento promove um aumento da temperatura e, com a umidade disponível, a decomposição se acelera, ocorre o aumento de nitrogênio disponível, pelo aumento da taxa de nitrificação. Isto explica, em parte, o rápido processo de recomposição que ocorre após o desmatamento. Mas, seqüencialmente, há um aumento da lixiviação de nutrientes (solúveis), sendo necessária uma rápida recomposição vegetal da área, para não permitir o empobrecimento do solo. Além disso, a maior incidência de luz e o aumento da disponibilidade de nutrientes nos corpos hídricos promovem uma maior produtividade de algas, podendo alterar a qualidade da água e eutrofizar o curso d'água.

Fry *et al.* (1994) propuseram um método para estimar as larguras de vegetação ripária em regiões áridas (para o estado da Pensilvânia, EUA). Para avaliação da zona ripária, três critérios de regime hídrico foram considerados (perene, intermitente e efêmero), assim como dez atributos específicos da área (densidade da cobertura vegetal, morfologia do canal, estado da erosão, diversidade de *habitats*, uso da terra relacionado a funções naturais, fatores de melhoria da qualidade da água, fatores de recarga, potencial de recreação, condições das terras altas). Cada atributo recebeu um número de pontos como, por exemplo:

- Cobertura vegetal: 1 a 3 pontos para nenhuma vegetação, 4 a 6 pontos para alguma vegetação e 7 a 10 pontos para cobertura vegetal em boas condições;
- Condições de regime: rio perene – 50 pontos, rio intermitente - 25 pontos e rio efêmero – 10 pontos;
- Tipo de vegetação: hidroripária – 50 pontos, mesoriparia – 25 pontos e xeroripária ou similar à vegetação das terras adjacentes mais altas – 10 pontos.

Pela metodologia proposta, para os trechos de rio com escore acima de 100 pontos (em bom estado de conservação), a largura de mata ripária indicada foi de 30 m (para preservação da vida selvagem e da qualidade da água). Para os trechos com escores entre 60 e 99 (áreas degradadas), a vegetação ripária indicada foi de 23 m (proteção apenas para a qualidade da água, pois, em zonas áridas, esta faixa só pode sustentar uma escassa vida silvestre) e, para áreas com menos de 60 pontos (áreas muito degradadas), a largura sugerida voltou a ser de 30 m, uma vez que estas áreas necessitam de maior proteção para promover sua regeneração.

Castelle *et al.* (1994), com base em revisão bibliográfica, registraram larguras eficientes de vegetação ripária entre 3 m e 200 m, dependendo das condições específicas do local. Os autores apontaram ainda que larguras menores que 5 m a 10 m fornecem pouca proteção aos recursos hídricos, na maior parte das condições. Segundo a literatura, são necessárias larguras mínimas entre 15 a 30 m para proteção dos corpos hídricos, na maior parte das circunstâncias. Geralmente, larguras mínimas de 15 m podem fornecer a manutenção das características físico-químicas dos recursos aquáticos, dependendo das condições adjacentes. Larguras acima de 30 m parecem ser o mínimo necessário para a manutenção dos componentes biológicos das várzeas e dos rios.

São poucos os estudos experimentais realizados em solo brasileiro que observam a largura necessária para remoção de poluentes pela vegetação ripária, como o de Oliveira e Daniel (1999). Estes autores desenvolveram um trabalho em São Carlos, no estado de São Paulo, para estimar as larguras mínimas para reter e assimilar poluentes transportados pelo escoamento superficial e subsuperficial e compararam os resultados encontrados com os valores apresentados pela legislação vigente no Brasil. Os valores obtidos para a largura da vegetação ripária oscilaram 10 e 50 m.

O trabalho de Young *et al.* (1980), melhor detalhado na seção 6, mostra que a utilização de faixas de vegetação, mesmo não sendo do tipo ripária, podem reter o aporte de poluentes biológicos e de nutrientes. Os autores demonstraram que os nutrientes dissolvidos provenientes da água de enxurrada foram reduzidos para todos os tipos de vegetação utilizados no experimento (milho, grama, sorgo, capim e aveia). A redução foi em média de 84% para o nitrogênio total (kjeldahl + nitrato), de 63% para o nitrogênio amoniacal, de 83% para o fósforo total e de 76% para o fosfato. O trabalho mostrou também que todas as parcelas funcionaram como faixas de proteção, independente da cultura.

Lindner e Silveira (2003), referindo-se à literatura internacional, constataram que, na maioria dos países, a largura da vegetação ripária é definida em relação aos diferentes objetivos a serem alcançados. Os autores citaram também que, geralmente, é recomendado que a vegetação ripária estenda-se entre 5 e 30 m de largura. Os autores destacaram ainda, com base em trabalhos do Reino Unido (Agência de Meio Ambiente, 1996; Ministério de Agricultura, Pesca e Alimentos, 1997) que, na realidade, a dimensão ideal da vegetação ripária dependerá de um número considerável de

variáveis, incluindo-se entre elas: a função a ser desempenhada, o grau de eficiência requerido para o desempenho das funções desejadas, o tamanho, a topografia, a hidrologia e a hidrogeologia da área de drenagem da zona ripária.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente artigo objetivou apresentar uma revisão bibliográfica sobre funções consideradas mais relevantes do ponto de vista hidrológico e da proteção do corpo hídrico desempenhadas pela vegetação presente na zona ripária.

Na investigação da literatura sobre a largura da vegetação ripária, foram observadas grandes variedades de valores mínimos e máximos e pôde-se constatar o caráter empírico e diferenciado na determinação destes valores em cada experimento apresentado. Neste sentido, constatou-se que a largura mais eficiente é dependente das condições biológicas, hidrológicas e geomorfológicas da área e da função a ser atendida, ou seja, fatores tais como tipo de vegetação, declividade, tipo e uso do solo são elementos a serem considerados na determinação dessa largura. Dentre estes, o tipo de vegetação apresenta-se como um fator crucial.

A delimitação da largura da zona ripária depara-se com três questões fundamentais:

- Tipo de faixa: fixa ou variável;
- Materialização da faixa e
- Caráter regional.

No primeiro caso, as faixas fixas e variáveis se contrapõem em duas vertentes: enquanto as faixas fixas apresentam maior facilidade de demarcação e fiscalização, as faixas variáveis apresentam maior aderência às condições locais, tornando-as mais eficientes.

No segundo caso, constata-se que, apesar da existência de inúmeros trabalhos referentes à determinação da largura e da eficiência da vegetação ripária, não se encontram muitas referências de onde partir para a delimitação da largura desejada.

E, no terceiro caso, deve se considerar as diferenças regionais de clima, de vegetação, tipo de solo etc.

Além das questões citadas, deve-se considerar também a legislação e os instrumentos para demarcação das faixas. No Brasil, as APPs foram instituídas pelo Código Florestal de 1965, que se encontra em processo de revisão. Na maioria dos casos, a vegetação ripária está contida dentro das APPs, o que as tornaria, portanto, de fácil determinação.

Outro aspecto a ser considerado é o caráter integrador da zona ripária, para as diversas funções pretendidas, pois para cada função existem, na literatura, larguras diferentes de vegetação a serem implantadas. As faixas de vegetação ripária podem atender a diversas funções ao mesmo tempo, desde que sejam bem dimensionadas.

De um modo geral, as faixas ripárias são mais eficazes se forem delimitadas continuamente ao longo dos rios. Faixas ripárias contínuas com menores larguras são mais eficientes que faixas ripárias com maior largura, porém descontínuas.

Numa bacia hidrográfica a preservação dos rios tributários é um dos fatores essenciais para a manutenção do corpo d'água principal, pois a existência de zonas ripárias preservadas naqueles aumenta a eficiência na proteção da bacia como um todo. Vale ressaltar que, em extensão, a maior parte da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é formada geralmente pelos tributários.

A definição da largura da vegetação ripária deve ser feita primordialmente para se alcançar um objetivo ambiental definido e não apenas atender a uma legislação.

Como proposta para trabalhos futuros os autores sugerem uma maior investigação do tema com desenvolvimento de experimentos como os de Oliveira e Daniel (1999) e Zakia (1998), considerando a escassez de trabalhos focados nas distintas regiões brasileiras.

AGRADECIMENTOS

À Maria Clara Rodrigues Xavier, pelo apoio e incentivo na construção deste trabalho.

BIBLIOGRARIA

BARBOSA, L. M. (1996). “*Ecological significance of gallery forests, including biodiversity*” in International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special reference to Gallery Forests. Brasília: UNB, Proceedings, 1997. p. 157-181.

BEESON, C. E., DOYLE, P. F. (1995). “*Comparison of bank erosion at vegetated and non-vegetated channel bends*”. Water Resources Bulletin, v.31, p. 983-990.

BREN, L. J. (1998). “*The geometry of a constant buffer-loading design method for humid watersheds*”. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v.110, p.113-125.

BUTLER, D. M. (2004). “*Runoff, sediment, and nutrient export from manured riparian pasture as affected by simulated rain and groundcover*”. Ph.D. Dissertation. North Carolina State University.

BUTLER, D. M.; RANELLS, N. N.; FRANKLIN, D. H.; POORE, M. H.; and GREEN, J. T. Jr. (2007). “*Groundcover impacts on nitrogen export from manured riparian pasture*”. Journal of Environmental Quality 36 (In press).

CASTELLE, A. J.; JONHSON, A. W.; and CONOLLY, C. (1994). “*Wetland and stream buffer size requirement: a review*”. J. Environ. Qual. v. 23, p.878-882.

COOPER, C. M. (1993). “*Biological effects of agriculturally derived surface water pollutants on aquatic systems: a review*”. Journal of Environmental Quality 22:402-408.

CORBETT, E. S.; LYNCH, J. A.; and SOPPER, W. E. (1978). “*Timber harvesting practices and water quality in the eastern United States*”. Journal of Forestry, v. 76, n° 8, p. 484-488.

DILLAHA, T. A.; SHERRARD, J. H.; LEE, D., MOSTAGHIMI, S.; and SHANHOLTZ, V. O. (1988). “*Evaluation of Vegetative Filter Strips as a Best Management Practice for Feed Lots*”. J. Water Pollution Control Federation, Vol. 60, N° 7 (Jul., 1988), pp. 1231-1238.

- DILLAHA, T. A.; RENEAU, R. B.; MOSTAGHIMI, S.; and LEE, D. (1989). “*Vegetative Filter Strips for Agricultural Nonpoint Source Pollution Control*”. Transactions of the ASAE 32(2):513-519.
- FISCHER, R. A.; and FISCHENICH, J. C. (2000). “*Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips*”. US Army Engineer Research and Development Center, Environmental Laboratory. USA.
- FRY, J. M., STEINER, F. R., GREEN, D. M. (1994). “*Riparian evaluation and site assessment in Arizona*”. Landscape and Urban Planning, v.28, p.179-199.
- GRAF, W. (1988). “*Definition of flood plains along arid-region rivers*”. Flood Geomorphology, Ed. V.R. Baker, R.C. Kochel, and P.C. Patton, p. 231-242.
- GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W.A.; and CUMMINS, K. W. (1991). “*An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water*”. BioScience, v.41, p.540-551.
- HICON. (2011a). “*Revisão bibliográfica sobre zonas ripárias*”. Desenvolvimento de Metodologia para Demarcação das Faixas Marginais de Proteção no Estado do Rio de Janeiro. Nota Técnica INEA 008/2011. Março/2011.
- HICON. (2011b). “*Atualização da metodologia para demarcação das faixas marginais de proteção no estado do Rio de Janeiro*”. Desenvolvimento de Metodologia para Demarcação das Faixas Marginais de Proteção no Estado do Rio de Janeiro. Nota Técnica INEA 009/2011. Abril/2011.
- INST. OF APPL. ECOLOGY, Grad. Univ. of Chinese Acad. of Sci., Shenyang, China.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; and RUDORFF, F.M. (2006). “*Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*”. Ed. Organic Trading. 109 p. 1ª edição. Curitiba-PR.
- KUNDELL, J. E.; and RASMUSSEN, T. C. (1995). “*Erosion and Sedimentation: Scientific and Regulatory Issues*”. Athens, GA: University of Georgia.
- LIKENS, G. E. (1992). “*The Ecosystem Approach: its Use and Abuse*” in *Excellence in Ecology Kinne*”, O. Ed. Book 3, 165p.
- LINDNER, E. A.; and SILVEIRA, N. F. Q. (2003). “*A legislação ambiental e as áreas ripárias*”. in Anais do I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Florianópolis, Set 2003, pp. 49-63.
- MALANSON, G. P. (1993). “*Riparian Landscapes*”. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- MICHELI, E. R., KIRCHNER, J. W. (2002). “*Effects of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. 1. Remote sensing measurements of streambank migration and erodibility*”. Earth Surface Processes and Landforms, v.27, p.627-639.
- MUSCUTT, A. D.; HARRIS, G. L.; BAILEY, S. W.; and DAVIES, D. B. (1993). “*Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture*”. Agriculture, Ecosystems and Environments, v. 45, p. 59-77.
- NEIBLING, W. H.; and ALBERTS, E.E. (1979). “*Composition and yield of soil particles transported through sod strips*”. Am. Soc. Agric. Eng., Paper N° 79-2065, St. Joseph, Mich.
- NORRIS, V. (1993). “*The use of buffer zones to protect water quality: a review. Water resource management*”, v. 7, n. 4, p. 257-272.
- NRCS. (1997a). “*Riparian Forest Buffer*”. Seattle: USDA-NRCS-Watershed Science Institute.
- NRCS (1997b). “*Riparian Buffer Zone*”. NRCS Planning & Design Manual.

- OLIVEIRA, L. M.; DANIEL, L. A. (1999). “*Metodologia para cálculo de largura de faixa de mata ciliar para controle de poluição dispersa: estudo de casos com amônia e fósforo*” in Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999. v. 22 p. 2183-2190.
- ORBONE, L. L.; and KOVACIC, D. A. (1993). “*Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management*”. Freshwater Biology, v. 29, p. 243-258.
- SCHIAVINI, I. (1996). “*Environmental characterization and groups of species in gallery forests*” in International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special reference to Gallery Forests. Brasília: UNB, Proceedings, 1997. p. 107-113.
- SCHUELER, T. (1995b). “*Urban pesticides: From the lawn to the stream*”. Watershed Protection Techniques 2(1):247-253.
- SILVA, R. V. (2003). “*Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão*” in Anais do I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Florianópolis, Set 2003, pp. 74-86.
- SIMÕES, L. B. (2001). “*Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sig na delimitação de zonas tampão ripárias*”. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas. UNESP-Botucatu.
- THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING. (2000). “*Management of Riparian Zone*”. Tokyo, Kokon-Shoin. 329p.
- UK. “*Reduction of Nutrient Input to Aquatic Systems*”. CONTENTS 1.1. Introduction 1.2. www.chm.org.uk/library/ecosys/water/ETIW001.pdf.
- WEIHANG, D.; XINGYUAN, H.; and WEI, C. (2011). “*Runoff and Sediment Reduction by Riparian Buffer Filters on Steep Slopes*”. Inst. of Appl. Ecology, Grad. Univ. of Chinese Acad. of Sci., Shenyang, China.
- WENGER, S. (1999). “*A Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation*”. Institute of Ecology. University of Georgia.
- WOOD, P. J.; and ARMITAGE, P. D. (1997). “*Biological effects of fine sediment in the lotic Environment*”. Environmental Management 21(2):203- 217.
- YOUNG, R. A.; HUNTRODS, T.; and ANDERSON, W. (1980). “*Effectiveness of vegetated buffer strips in controlling pollution from feedlot runoff*”. J. Environ. Qual. 9:483-487. 1980.
- ZAKIA, M. J. B. (1998). “*Identificação e Caracterização da Zona Ripária em uma Micro-bacia Experimental: Implicações no Manejo de Bacias Hidrográficas e na Recomposição de Florestas*”. Tese de Doutorado. Engenharia Ambiental. EESC-USP. São Carlos – SP.