

**IX-086 - PROPOSTA DE UM CALENDÁRIO DE RECUPERAÇÃO RIPÁRIA
BASEADO EM DADOS HIDROLÓGICOS PARA APLICAÇÃO DE GEOTÊXTIL
EM UM TRECHO DO RIO DAS VELHAS, RIO ACIMA - MG**

Andréa Rodrigues Marques Guimarães ⁽¹⁾

Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (1993) e professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Laura Melo Vieira Soares ⁽²⁾

Técnica em Edificações pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (2009) e estudante de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais

Hersília de Andrade e Santos ⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2002) e professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Endereço ⁽¹⁾: Coordenação de Ciências, Campus 1, Av. Amazonas 5253 - Nova Suíça - Belo Horizonte - MG - Brasil CEP: 30.421-169. Email: andreamg@gmail.com

Endereço ⁽²⁾: Departamento de Engenharia Civil, Campus 2, Av. Amazonas 7675, Nova Gameleira, Belo Horizonte, Minas Gerais, Cep: 30.510-000

RESUMO

O surgimento de áreas degradadas no Brasil, na maioria das vezes, está relacionado a atividades antrópicas. Intervenções nas áreas degradadas vêm sendo estudadas a fim de fornecer condições propícias à germinação e ao desenvolvimento das espécies, acelerando o processo de regeneração. Devido à importância das matas ciliares em termos hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos, o presente estudo propôs um calendário de recuperação ripária em obras de revitalização de cursos d'água. Avaliou-se topograficamente um trecho do Rio das Velhas, e vazões e cotas foram utilizadas para confecção do calendário, a partir da análise hidrológica. Os tipos de terreno foram relacionados à frequência com que os taludes dos trechos foram atingidos pela lâmina d'água na série histórica. Desta forma, analisaram-se as demandas de diversas espécies ripárias, em termos de sua tolerância às características hídricas de diferentes terrenos. Os resultados apontaram o posicionamento adequado das espécies, que podem ser aplicadas junto ao geotêxtil de fibra de coco, baseado na sazonalidade presente nos parâmetros hidrológicos do trecho em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas degradadas, bioengenharia, parâmetros hidrológicos.

INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços da legislação brasileira com relação à ação antrópica nas florestas protegidas, a recuperação de ecossistemas degradados vem se tornando uma atividade crescente, uma vez que o processo de desmatamento, com consequente fragmentação florestal, tem levado à extinção de muitas espécies vegetais e animais (Lamb *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2009). O surgimento de áreas degradadas no Brasil, na maioria das vezes, está relacionado às atividades antrópicas, como construção de estradas e barragens, mineração e áreas agrícolas mal manejadas (Ruiz-Jaen & Aide, 2005; Silva *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2009). As áreas degradadas caracterizam-se pela remoção do horizonte superficial do solo, o que ocasiona perda de nutrientes e de matéria orgânica, ausência de atividade biológica e propriedades físicas alteradas (Macedo *et al.*, 2008).

Em regiões tropicais, a regeneração da vegetação, após a retirada da floresta, se dá principalmente por meio da dispersão de sementes oriundas de áreas próximas e do banco de sementes (Kettle, 2012). Intervenções nas áreas degradadas, através de técnicas de manejo, podem dar condições propícias à germinação e ao desenvolvimento das espécies e acelerar o processo de regeneração, permitir o processo de sucessão e evitar a perda de biodiversidade (Almeida & Sánchez, 2005; Braga *et al.*, 2007; Hobbs *et al.*, 2009; Cole *et al.*, 2010; Kettle, 2012). Atualmente, prevalece no Brasil o uso de modelos de restauração florestal a partir de mudas (Rodrigues *et al.*, 2009), alternativa que produz um efeito catalítico ao promover mudanças nas condições

microclimáticas. Outra técnica de regeneração de áreas degradadas é a semeadura direta, um método rápido e de baixo custo (Araki, 2005).

As matas ciliares, alvo de desmatamento e fragmentação florestal, estão em áreas conhecidas como zonas ripárias, que apresentam uma elevada frequência de alterações hidrológicas e, em geral, alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial florística, mantendo a integridade das micro-bacias em termos hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos. Estas áreas, do ponto de vista ecológico, têm sido consideradas corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal, servindo como alimento, sítio reprodutivo e refúgio terrestre e aquático para diversas espécies (Schneider & Winemiller, 2008; Teresa & Casatti, 2010; Teresa & Romero, 2010; Pettit *et al.*, 2012). A zona ripária atua também como área tampão, impedindo que agroquímicos sejam carregados para dentro dos corpos d'água e é de extrema relevância especialmente nos riachos que correm em bacias submetidas à intensa atividade agrícola (Martinelli & Filoso, 2007).

O emprego da bioengenharia na revitalização das matas ciliares ou em cenários de maiores extensões, como bacias hidrográficas, tem sido necessário para retenção dos processos erosivos e de sedimentação. Entretanto, tais processos devem ser conduzidos de forma a estabelecer a estabilidade e diversidade do ecossistema ripário por muitos anos. O uso de geotêxteis associados a retentores de sedimentos tem sido uma solução para o controle da erosão marginal. De acordo com Bezerra & Rodrigues (2006), os geotêxteis são muito eficientes na estabilização e diminuição do fluxo superficial e no controle do processo erosivo, servindo de obstáculo para a geração do escoamento superficial, protegendo as sementes e o solo até a encosta ficar estabilizada com a cobertura vegetal. Fabricados a partir de fibras vegetais como, por exemplo, fibras de coco e palha, esses geotêxteis são ecologicamente sustentáveis, pois são biodegradáveis e favorecem a recomposição das vegetações de áreas degradada (Galas, 2006), e aplicados normalmente com gramíneas e leguminosas (Pereira, 2006).

No Brasil, muitos rios são diariamente suprimidos da paisagem urbana, em função das demandas por espaço e da falsa ideia de solução dos problemas sanitários relacionados ao mesmo. Não muito diferente dos aspectos dos principais cursos d'água do país, na região metropolitana de Belo Horizonte, nas partes altas da bacia do rio São Francisco está o seu afluente mais importante em termo de volume de água – o rio das Velhas. Segundo dados do Camargos (2005), o rio das Velhas foi considerado o mais poluído do estado de Minas Gerais. Isto se deve ao número de habitantes da região metropolitana de Belo Horizonte, aproximadamente 4,5 milhões de pessoas, e às consequências relacionadas à ocupação urbana como, por exemplo, a geração de esgoto doméstico e resíduos.

Trechos da calha principal do Rio das Velhas, localizados a montante da região metropolitana de Belo Horizonte sofrem pressões do uso e ocupação de suas margens. Processos de remoção de vegetação ripária e aceleração de processos erosivos geram alterações geomorfológicas dos trechos. Consequentemente ocorrem também perdas significativas de habitats aquáticos através do assoreamento do leito. Dessa forma, tentativas de recuperação da mata ciliar, em trechos como descrito previamente, são importantes para estabilização de processos naturais de sedimentos e representam melhorias de habitats aquáticos a longo prazo.

A demanda por determinada condição de plantio das espécies de mata ciliar determina o local correto e época do ano a ser realizada a obra de bioengenharia com geotêxteis. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar as demandas de diversas espécies ripárias, em termos tolerância à saturação de água e características físicas do terreno, e propor um calendário de recuperação ripária para aplicação de geotêxteis em obras de revitalização de cursos d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características da área de estudo

O rio das Velhas possui sua bacia totalmente no estado de Minas Gerais (2.173 Km²). Com uma extensão de 802 Km, este curso d'água atravessa 51 municípios. Entre as principais atividades antrópicas que ocorrem na bacia estão a mineração, a agricultura e os processos de urbanização (Camargos, 2005). O trecho estudado se encontra no município de Rio Acima (20° 06' 01,44''S, 43°47' 35,85''W), na região metropolitana de Belo Horizonte, sendo degradado tanto no aspecto físico quanto em qualidade de água, sem mata ciliar (Fig. 1).

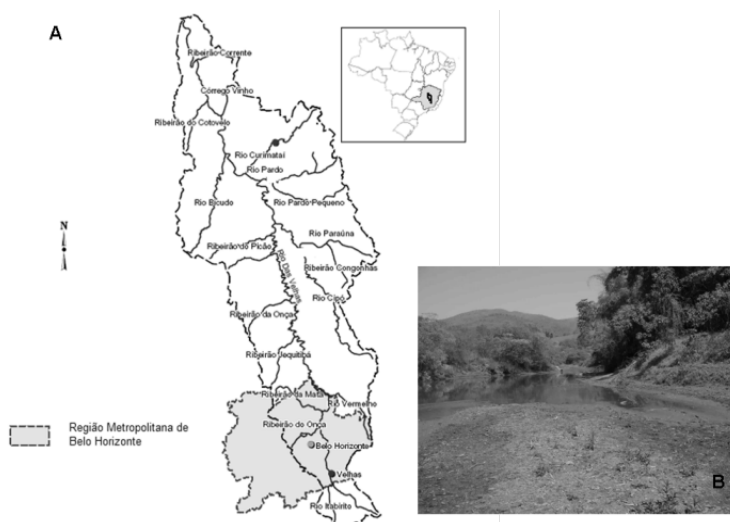


Figura 1 - Esquema da Bacia do Rio das Velhas.

Seleção das espécies indicadas para aplicação nos geotêxteis

Elaborou-se uma lista de espécies, para o trecho do Rio das Velhas, através de um levantamento das espécies ocorrentes. Para cada espécie foram avaliadas as seguintes características: porte, número de sementes produzidas e preferência de habitat (terreno). Foram consideradas (a) espécies pioneiras, arbustos e árvores (com um ciclo de vida curto de 5 a 15 anos), que recobrem rapidamente o solo e utilizam imediatamente os nutrientes de sua camada superficial, com reprodução abundante e precoce, que geram sementes que permanecem dormentes no solo e produzem sombra às espécies dos estágios seguintes da sucessão; (b) espécies secundárias, espécies arbóreas do dossel (com ciclo de vida longo, 100 anos ou mais), cujas sementes são normalmente dispersadas pelo vento, não têm dormência e podem germinar a sombra, mas com um banco de plântulas que necessita de luz; (c) espécies clímaxes, espécies arbóreas de sub-bosque (com ciclo de vida médio a longo, de 40 a 100 anos ou mais), cujas sementes podem germinar a sombra e com banco de plântulas que tem a capacidade de desenvolver também sombreadas pelo dossel da floresta. Relacionaram-se as ocorrências, das espécies selecionadas, aos tipos de terreno, que foram divididos em raramente inundados, periodicamente inundados, alagadiços e secos.

Confecção do calendário de recuperação ripária

Para o presente estudo, foi realizado um levantamento topográfico no trecho, no qual foram coletados 2000 pontos, localizados dentro da calha principal (batimetria) e nas margens esquerda e direita (aproximadamente 30 metros do nível d'água).

Após triangulação dos pontos, foram gerados perfis transversais do trecho de 1 km de extensão. As vazões e cotas, utilizadas para confecção do calendário, foram obtidas a partir da análise hidrológica de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) da estação fluviométrica de Honório Bicalho. A série histórica utilizada foi de 1973 a 2005.

Relacionou-se os tipos de terreno à frequência com que os taludes dos trechos foram atingidos pela lâmina d'água na série histórica. Os tempos de retorno adotados, referentes a cada permanência das cotas, foram de 1 ano, 10 anos e 20 anos (Tab. 1).

Tabela 1– Terrenos apropriados às espécies e o tempo de retorno das cotas associado

Terreno	TR das cotas
Terrenos secos	TR = 20 anos
Terrenos raramente inundados	TR = 10 anos
Terrenos periodicamente inundados	TR = 1 ano
Terrenos alagadiços	TR = 1 ano (talude com baixa inclinação)

Para obtenção dos terrenos, no trecho do Rio da Velhas, as lâminas d'água relacionadas aos tempos de retorno de 1, 10 e 20 anos foram então lançadas em 11 perfis transversais do trecho (Fig. 2). Verificou-se em seguida o talude atingido pelo nível d'água e calculou-se sua inclinação. Para esta análise, o software AutoCAD foi utilizado. O software Statistica foi empregado para obter as cotas medianas mensais, os percentis 25% e 75% e os valores máximos e mínimos.

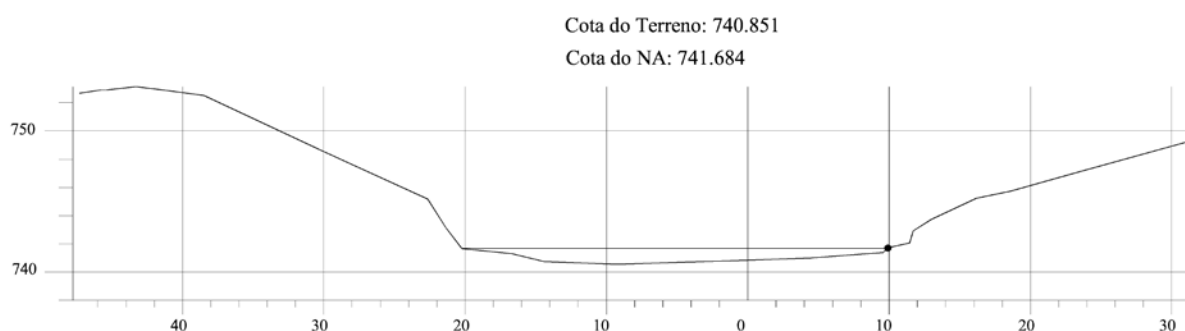


Figura 2 - Margens de seção do trecho estudado

Após o estudo dos níveis de água atingidos ao longo dos meses, foram propostos locais para plantio das espécies em relação ao talvegue do rio, ou seja, a distância para plantio considerando o ponto mais profundo da seção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espécies indicadas para aplicação no geotêxtil

Dentre as espécies levantadas para a bacia do rio das Velhas, 127 tem o potencial para serem utilizadas junto aos geotêxteis em projetos de bioengenharia. A vegetação pioneira apresentou maior número de espécies de acordo com os terrenos adotados (Tab. 2).

A avaliação do número de sementes produzidas pelas espécies mostrou dois aspectos: obtenção para aplicação junto aos geotêxteis e a capacidade das árvores já adultas de enriquecerem o banco de sementes no solo. Para as espécies pioneiras (42%) e secundárias (51%), mais de 2/3 delas produzem até 10.000 sementes/kg. Das secundárias, a *Couratea hexandra* pode produzir até 3.000.000 de sementes/kg. A maioria das espécies de clímax (67%) produziu até 2.000 sementes/kg. Estas espécies, em comparação com as pioneiras e secundárias, produzem de um modo geral menos sementes.

Tabela 2 – Número de espécies de acordo com os terrenos adotados

	Pioneiras	Secundárias	Clímaxes
Raramente inundados	6	1	-
Periodicamente inundados	20	10	4
Alagadiços	9	2	2
Secos	42	22	9

Calendário de recuperação ripária

Os níveis de água (Fig. 3) tiveram maior variação no mês de fevereiro (de 188 cm a 318 cm nos valores extremos) e a menor variação ocorre no mês de setembro (de 175 cm a 199 cm nos valores extremos).

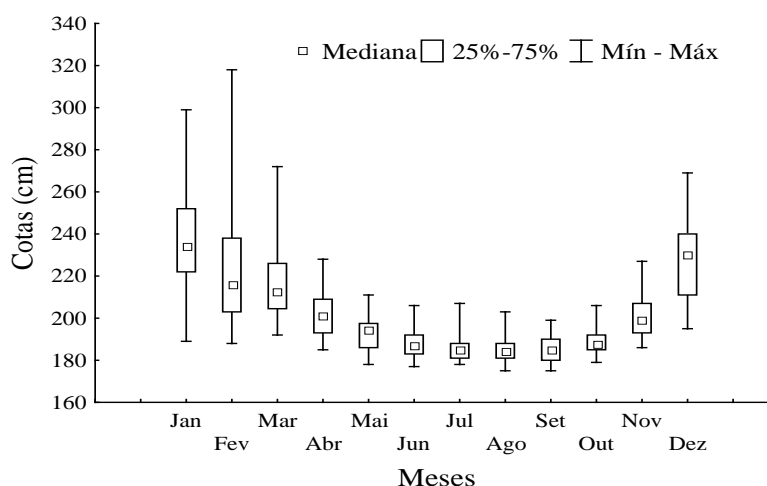


Figura 3 - Cotas médias mensais no período de 1973 a 2005.

Em relação ao tempo de retorno (Fig. 4), os níveis de água atingiram valores de até 350 cm para 20 anos e os valores relacionados a 1 ano de retorno se manteve em torno de 180 cm para todos os meses do ano.

Foram obtidas as inclinações das margens direita e esquerda para os cenários de inundação avaliados (Fig. 5). Os trechos com inclinação inferior a 20% que são inundados com tempo de retorno de 1 ano foram considerados terrenos alagadiços. A menor inclinação foi de 3% e a maior de 84%. Estes extremos indicam instabilidade do trecho que sofre assoreamento (menor inclinação) e erosão em outras partes (maior inclinação).

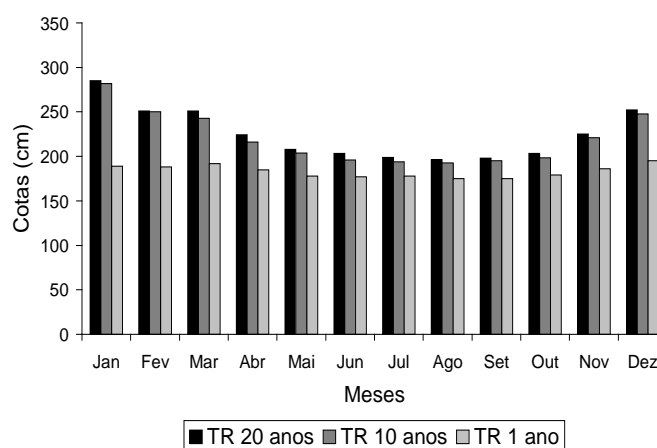


Figura 4 – Tempo de Retorno das cotas

Os terrenos adequados à implantação do geotêxtil foram identificados para os meses do período úmido. O calendário com as distâncias para plantio em relação ao talvegue relacionadas a 1, 10 e 20 anos apresenta condições mais diversas para a utilização do geotêxtil nos meses de janeiro, fevereiro e março). Isto se deve, porque nesta época ocorre maior disponibilidade de habitats preferenciais para espécies ripárias da região e as sementes germinam apenas em condições ótimas de umidade. Os terrenos raramente inundados e secos tiveram distâncias próximas, o que representa os dois grupos de espécies de plantas, relacionados a estes, devem introduzidas praticamente juntas.

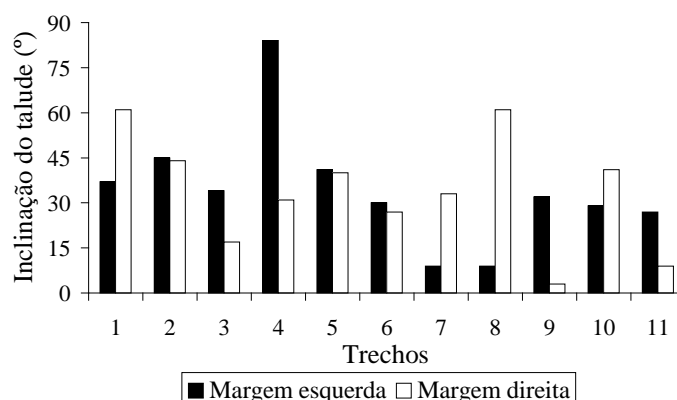


Figura 5 – Inclinação dos taludes

Atenção especial deve ser dada as espécies de terrenos alagadiços, pois, além de demandarem pequenas distâncias em relação ao talvegue, devem ser plantadas em áreas de pequena inclinação. Estas áreas são importantes habitats para pequenas espécies de peixes e bentos (Schneider & Winemiller, 2008; Teresa & Casatti, 2010) e essenciais no início do processo de revitalização.

As zonas ripárias são a interface entre os ecossistemas aquáticos e terrestres. Elas são afetadas por processos fluviais, tais como inundações e deposição de solo aluvial e, normalmente, suportam floras distintas que diferem na estrutura e função de vegetação terrestre adjacente (Naiman *et al.*, 2005). As espécies indicadas neste estudo podem ser introduzidas no local junto ao geotêxtil através de semeadura direta ou mudas, sendo o intuito maior estabelecer o processo de sucessão ecológica através de uma diversificada flora pioneira, secundária e de clímax. Uma vegetação diversificada cria muitas condições que influenciam processos, tais como a criação de bancos de estabilização de fluxo, refúgios de animais, recargas de lençóis freáticos, dentre outros, que devem ser avaliados em um projeto de restauração de zonas ripárias, pois retomam as funções dos ecossistemas ou dos serviços ecossistêmicos (Hooper *et al.*, 2005).

CONCLUSÕES

Por ser uma demanda crescente do processo de revitalização de cursos d'água, a recuperação ripária, por meio de geotêxteis, em ambientes tropicais deve-se priorizar a utilização de espécies nativas. Relacionadas diretamente ao sucesso do estabelecimento das mudas e germinação das sementes, está o atendimento às necessidades específicas das espécies por terrenos relacionados à probabilidade de inundação bem como o desenvolvimento da atividade de recuperação em épocas úmidas. Desta forma, acredita-se que a utilização da técnica descrita neste artigo, permitirá o sucesso do estabelecimento de espécies na recuperação ripária e, consequentemente, apresentará impactos positivos sobre as relações tróficas das estruturas e composições das comunidades aquáticas de cursos d'água brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, R. O. P. C.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. *Revista Árvore*, v. 29, n. 1, p. 47-54, 2005.
2. ARAKI, D. F. Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas. 151p. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2005.
3. BEZERRA, J. F. R.; RODRIGUES, S. C. Estudo do potencial matricial e geotêxteis aplicado a recuperação de um solo degradado, Uberlândia (MG). *Caminhos de geografia*, v. 6, n. 19, p. 160-174, 2006.
4. BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N.; SILVA, F. C.; CORTE, V. B.; MEIRA-NETO, J. A. A. Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. *Revista Árvore*, v. 31, n. 6, p. 1145-1154, 2007.

5. CAMARGOS, L. M. M. Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004. Belo Horizonte, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005.
6. COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. *Ecological Applications*, v. 20, p. 1255-1269, 2010.
7. GALAS, N. D. Uso da vegetação para contenção de combate à erosão em taludes. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2005.
8. HOBBS, R. J.; HIGGS, E.; HARRIS, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 24, p. 599-605, 2009.
9. HOOPER, D. U.; CHAPIN, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETÄLÄ, H.; SYMSTAD, A. J.; VANDERMEER, J.; WARDLE, D. A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, v. 75, p. 3-35, 2005.
10. KETTLE, C. J. Seeding ecological restoration of tropical forests: Priority setting under REDD+. *Biological Conservation*, v. 154, p. 34-41, 2012.
11. LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, v. 310, p. 1628-1632, 2005.
12. MACEDO, M. O.; RESENDE, A. S.; GARCIA, P. C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO E. F. C.; FRANCO, A. A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management*, v. 255, p. 1516-1524, 2008.
13. MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Polluting effects of Brazil's sugar-ethanol industry. *Nature*, v. 445(7126):364, 2007.
14. NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H.; MCCLAIN, M. E. Riparian: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier, Amsterdam, 2005.
15. PEREIRA, A. R. Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão. 131p., FAPI, Belo Horizonte, 2006.
16. PETTIT, N. E.; WARFE, D. M.; KENNARD, M. J.; PUSEY, B. J.; DAVIES, P. M.; DOUGLAS, M. M. Dynamics of in-stream wood and its importance as fish habitat in a large tropical floodplain river. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2580, 2012.
17. RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1242-1251, 2009.
18. RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology*, v. 13, p. 569-577, 2005.
19. SCHNEIDER, K. N.; WINEMILLER, K. O. Structural complexity of woody debris patches influences fish and macroinvertebrate species richness in a temperate floodplain-river system. *Hydrobiologia*, v. 610, p. 235-244, 2008.
20. SILVA, A. M.; NALON, M. A.; KRONKA, F. J. N.; ALVARES, C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the state of Sao Paulo, Brazil. *Scientia Agricola*, v. 64, p. 325-335, 2007.
21. TERESA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 5, n. 3, p. 444-453, 2010.
22. TERESA, F. B.; ROMERO, R. M. Influence of the riparian zone phytophysionomies on the longitudinal distribution of fishes: evidence from a Brazilian savanna stream. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, n. 1, p. 163-170, 2010.