

USO DA MADEIRA DE EUCALIPTO NA RECUPERAÇÃO DE RIOS: PROJETO RENATURALIZE

Autores: Pinto, Carolina Fernandes¹, Agra, Janaina Uchôa Medeiros¹, Furley, Tatiana Heid Furley¹

¹ *Aplysia Soluções Ambientais*

RESUMO

A utilização de troncos de madeira tem sido frequente em programas de restauração fluvial, objetivando retomar processos naturais e recuperar rios degradados. Diversos estudos realizados em rios temperados apontam melhorias em termos de qualidade da água, hidromorfologia e aumento da biodiversidade. O projeto ReNaturalize objetiva testar técnicas de restauração fluvial baseadas na utilização de troncos e galhos de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em um rio tropical, objetivando i. melhorias sobre a qualidade da água e do sedimento, ii. aumento da diversidade hidromorfológica do canal, e iii. aumento da abundância de peixes. O trecho renaturalizado (T1) foi comparado a outros dois trechos: controle (T2) e referência (T3). Este estudo apresenta dados antes da instalação de estruturas de madeira e quatro meses após. A turbidez da água no trecho renaturalizado apresentou os menores valores entre os três trechos ($p < 0,05$). Houve um aumento qualitativo da diversidade hidromorfológica do canal. A abundância de peixes no trecho renaturalizado é aproximadamente o dobro em relação aos outros dois trechos. A utilização de troncos, folhas e galhos de eucalipto apresentou-se como uma boa alternativa de material para a implementação de técnicas de restauração fluvial, apresentando resultados rápidos em termos de hidromorfologia do canal e abundância de peixes. Os benefícios sobre a qualidade da água e sedimento deverão ser observados em médio prazo.

Palavras-chave: restauração fluvial, madeira, geomorfologia fluvial, biodiversidade, Rio Mangará.

INTRODUÇÃO

A degradação de ambientes aquáticos vem acontecendo ao longo de séculos devido a modificações físicas e a supressão da cobertura vegetal de bacias e de zonas ripárias (Ferreira e Silva, 2011; Jaehnig *et al.*, 2012; Newson *et al.*, 2006). Rios e córregos têm sido modificados para promover a navegação, reduzir o risco de alagamentos e para fins estéticos. Estas modificações ocorrem tanto por medidas de engenharia "pesada" quanto com a retirada de elementos naturais como a mata ciliar e a madeira presente

dentro do rio. Consequentemente, a complexidade hidromorfológica, a qualidade da água e do sedimento, a disponibilidade de *habitat* e a biodiversidade estão sendo largamente comprometidas (Gurnell *et al.*, 2012). A poluição difusa que escoada de rodovias, de áreas agrícolas e de efluentes também tem gerado grandes problemas de poluição em corpos hídricos (Lassetre e Kondolf, 2012). Por exemplo, o aumento da quantidade de sólidos suspensos na coluna d'água aumenta a sua temperatura e reduz a capacidade de dissolução de oxigênio. Com a maior turbidez da água, plantas aquáticas apresentam uma queda na taxa de fotossíntese e a produção de oxigênio também é afetada (Bilotta e Brazier, 2008).

Restauração com madeira para instigar processos naturais e recuperar rios degradados tem chamado a atenção de gestores e ambientalistas interessados em restauração fluvial (Reid e Church, 2015; Lassetre and Kondolf, 2012). A madeira é um elemento de extrema importância nos ambientes aquáticos. No ambiente natural, a madeira age como um promotor na melhoria da qualidade da água, restando sedimento, matéria orgânica, reduzindo a poluição e auxiliando na ciclagem de nutrientes (Gurnell *et al.*, 2002; Filoso e Palmer, 2011; Palmer *et al.*, 2009). Dentro do rio, as árvores criam ambientes deposicionais que ajudam na absorção e ciclagem de poluentes orgânicos e minerais (Mouton *et al.*, 2012).

Troncos de madeira dentro do rio provêm recursos alimentares, diversidade de *habitats* e refúgio para a biota aquática (Benke e Wallace, 2003; Mitchell *et al.*, 2012). A formação de áreas de remanso, resultado da redução da velocidade da água, é ideal para a desova e abrigo dos alevinos. Entre os 122 artigos analisados, 66% deles apresentaram respostas positivas para abundância, biomassa e sobrevivência de peixes. Projetos de restauração focados na reintrodução de espécies de salmão e truta tem apresentado grande sucesso (exemplo: *The Wild Life Trust*). No entanto, ainda há poucos estudos do efeito de troncos de madeira sobre a ictiofauna nativa de rios tropicais.

O uso de madeira na restauração fluvial é uma prática compartilhada em vários países da Europa e principalmente no Reino Unido (ECRR, 2015). Na Austrália, a madeira de eucalipto é frequentemente utilizada em projetos de restauração fluvial (Brooks, 2006). O desen-

volvimento de novas técnicas de restauração fluvial tem despertado a necessidade de um maior acompanhamento e monitoramento desses projetos para verificar a eficácia dessas técnicas (Bernhardt *et al.* 2005; Alexandre e Allan 2007).

O projeto ReNaturalize visou testar técnicas de restauração fluvial baseadas na utilização de troncos e galhos de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em um rio tropical, objetivando i. melhorias sobre a qualidade da água e do sedimento; ii. o aumento da diversidade hidromorfológica do canal; iii. o aumento da abundância de peixes.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Rio Mangaraí está localizado na parte central do Estado do Espírito Santo e é um dos afluentes do Rio Santa Maria da Vitória, que abastece aproximadamente 600 mil habitantes da Grande Vitória (Espírito Santo – Brasil). A precipitação anual na Bacia do Rio Santa Maria varia ente 1.100 e 1.500 mm (ANA, 2008).

A sub-bacia Mangaraí cobre aproximadamente 174 km² e sua topografia varia de 200 a 925 m. Áreas florestadas representam 50% da área total da sub-bacia, sendo mais frequentes na zona de cabe-

ceira. Os usos do solo predominantes na região são agricultura (26,5 %) e pecuária. Nesta região o clima é tropical, caracterizado por invernos secos de junho a setembro (9,4 a 11,8 °C) e verões chuvosos (27,8 a 30,7 °C) (EMCAPA/NEPUT, 1999), com cobertura natural do tipo Floresta Tropical Estacional (IBGE, 2014).

O estudo engloba três trechos de 200 metros ao longo do Rio Mangaraí (Tabela 1):

Instalação de troncos de Eucalipto

Técnicas de restauração fluvial utilizadas na Europa, Austrália e EUA (Brooks *et al.*, 2004; STREAMLIFE, 2009; Cramer, 2012) serviram de base para o design das estruturas selecionadas para o rio Mangaraí. A escolha do tipo de estrutura e o seu local de instalação foi feita utilizando três critérios básicos, (i) as melhorias ecológicas e hidromorfológicas que cada estrutura pode proporcionar, (ii) as características morfológicas do canal e (iii) a facilidade de acesso de maquinário e pessoal.

No Trecho ReNaturalize (T1), foi desenvolvido um design que compreende três tipos de estruturas de madeira, utilizando troncos e galhos de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) não tratado (Tabela 2).

Tabela 2. Tipos de estruturas de madeira (*Eucalyptus urograndis*) utilizados em trecho de 200 m renaturalizado, no Rio Mangaraí (Santa Leopoldina-ES)

| Tipo de estrutura | Objetivo | Materiais utilizados |
|-------------------|---|---|
| Flexível | Criação de <i>habitats</i> para peixes e insetos. São capazes de redirecionar o fluxo e criar bancos de folhas na margem adjacente. | Tronco (diâmetro ~30 cm); feixes de galhos e folhas |
| "D" | Criação de zonas deposicionais e áreas de poça. Direcionamento do fluxo da água para o centro do canal. | Estacas (4 a 10 cm de diâmetro); feixes de galhos e folhas |
| Rígida | Simular um processo natural, no qual algumas árvores da mata ripária podem tombar dentro do rio e criar mudanças locais no seu leito (exemplo: criação de áreas de lavagem e áreas de deposição do sedimento fino; surgimento de plantas emergentes). | Tronco (diâmetro ~30 cm) |

(STREAMLIFE, 2009)

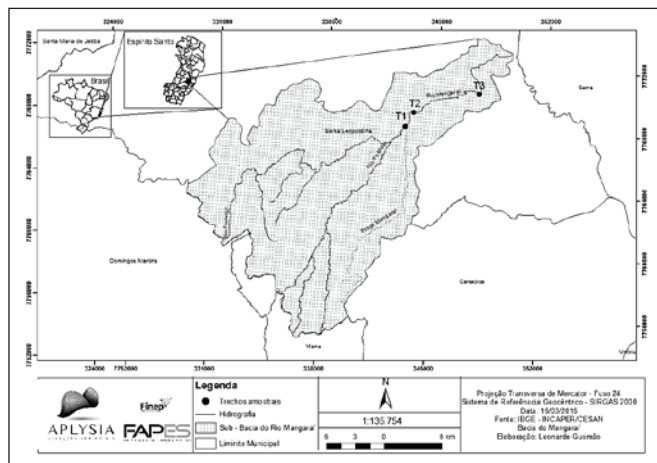


Figura 1. Bacia do Rio Mangaraí (Santa Leopoldina-ES)

Tabela 1. Descrição dos trechos amostrais selecionados para desenvolvimento do estudo

| Trecho | Descrição |
|---------------------|---|
| T1. ReNaturalize | Trecho onde houve a instalação de troncos de madeira. Trecho retilíneo, assoreado, com margens erodidas e troncos caídos. Margem direita ocupada por áreas de pastagem. Margem esquerda possui uma casa, um campo de futebol e uma estrada vicinal. |
| T2. Controle | Trecho com características semelhantes ao trecho T1. Ausência de troncos caídos ao longo do leito. Estreita faixa de mata ciliar em partes isoladas do trecho. |
| T3. Referência | Trecho inserido em área de mata preservada. Troncos caídos ocorrem frequentemente ao longo de sua extensão. |

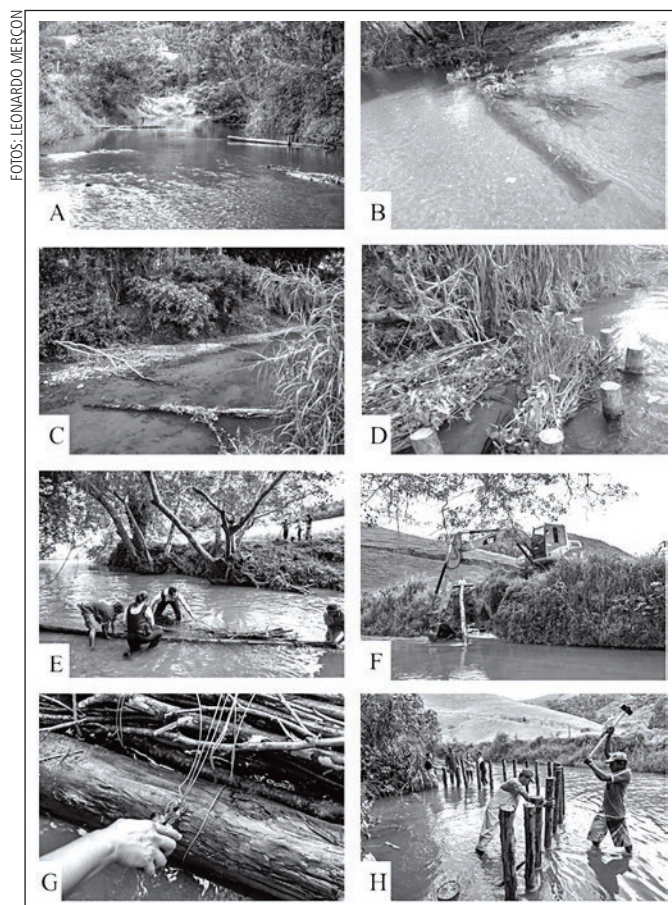


Figura 2. A: trecho renaturalizado; B: estrutura flexível; C: estrutura rígida; D: Estrutura 'D'; E: instalação de estrutura flexível; F: instalação de estrutura rígida; G: amarração de feixes de galhos à estrutura flexível; H: instalação de estrutura 'D'

O material é oriundo de plantações de eucalipto com cinco anos de idade. Foram instaladas 14 estruturas ao longo de 200 m, com espaçamento aproximado de 14 m. As estruturas foram instaladas no mês de agosto/2015, na estação seca (Figura 2).

Monitoramento

Para avaliar o efeito dos troncos de madeira sobre variáveis ambientais e biológicas foram analisados dados físicos e químicos da água e do sedimento, características do tipo de substrato e a abundância de ictiofauna. Para todas as variáveis em questão foram feitas coletas antes da instalação (abril/2015). Após a instalação foram realizadas três campanhas (setembro, outubro e dezembro de 2015). Ao longo de cada trecho de 200 m, foram coletadas três réplicas de água e sedimento. A primeira réplica foi coletada no início do trecho, a segunda no meio e a terceira no final, considerando sentido jusante-montante.

Utilizou-se uma sonda multiparâmetros (Horiba U-50) para mensurar pH e oxigênio dissolvido (mg/L) na coluna d'água. Amostras de água foram conduzidas ao laboratório para mensuração dos teores de nitrato (mg/L), nitrito (mg/L) e nitrogênio total (mg/L). Apenas para análise de turbidez (NTU) foram realiza-

das coletas quinzenais. Foram coletadas amostras de sedimento para análises de matéria orgânica, fósforo total (mg/L) e nitrogênio total kjeldhal (mg/L).

O mapeamento de fundo é utilizado para analisar padrões de distribuição de tipos de substrato no fundo do rio. Um mapa base de cada trecho de 200 m foi dividido em quadrantes de 5 m. Em cada seção transversal foram feitas cinco medidas de profundidade: uma em cada margem, duas adjacentes e outra no meio do transecto. Os tipos de substrato foram identificados visualmente e dimensionado nos quadrantes (Tickner *et al.*, 2000).

Foram utilizadas dois métodos de coleta de ictiofauna. O primeiro método consiste na busca ativa de espécimes realizada ao longo do trecho com foco em abrigos típicos de peixes. Esta coleta foi realizada com o auxílio de peneira e rede de arrasto (malha 5 mm). O segundo método corresponde à instalação de rede de espera (malha 15 mm, comprimento de 10 m) em cada trecho avaliado. O tempo de exposição foi de aproximadamente 15 horas.

Para testar diferenças entre os trechos e ao longo do tempo foram aplicados testes paramétricos (One-way ANOVA) e não paramétricos (Kruskal-Wallis ANOVA) (software estatístico BioStatv5). As análises de variância foram aplicadas aos dados destinados a intervalos de confiança no nível de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade da água e do sedimento

No local da instalação dos troncos de eucalipto, os valores de oxigênio dissolvido (OD) variavam entre 6,31 e 12,07 mg/l. No trecho controle, os valores de OD variavam entre 6,79 e 9,6 mg/l e no trecho referência entre 6,16 e 9,06 mg/l ($p < 0,05$). Os maiores valores de OD foram indicados no trecho T1 indicando uma característica de melhor qualidade do que os outros trechos. A madeira pode proporcionar ambientes mais bem oxigenados, favorecendo organismos aquáticos (Flores *et al.*, 2011), além de reduzir a turbidez, removendo sólidos suspensos da coluna d'água (Rocha *et al.*, 2006).

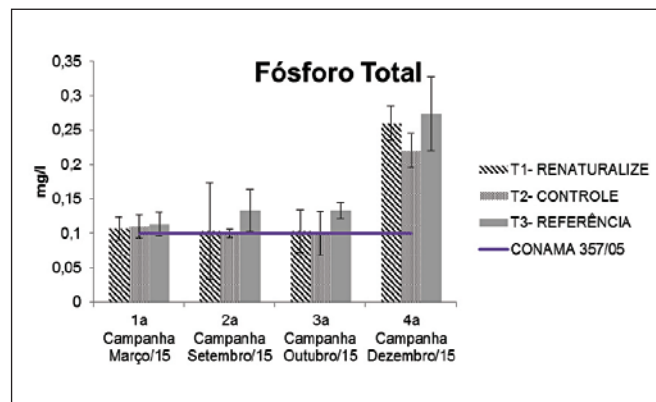


Figura 3. Concentrações de fósforo total na água nos trechos amostrais, por campanha de coleta, no Rio Mangarai (Santa Leopoldina-ES)

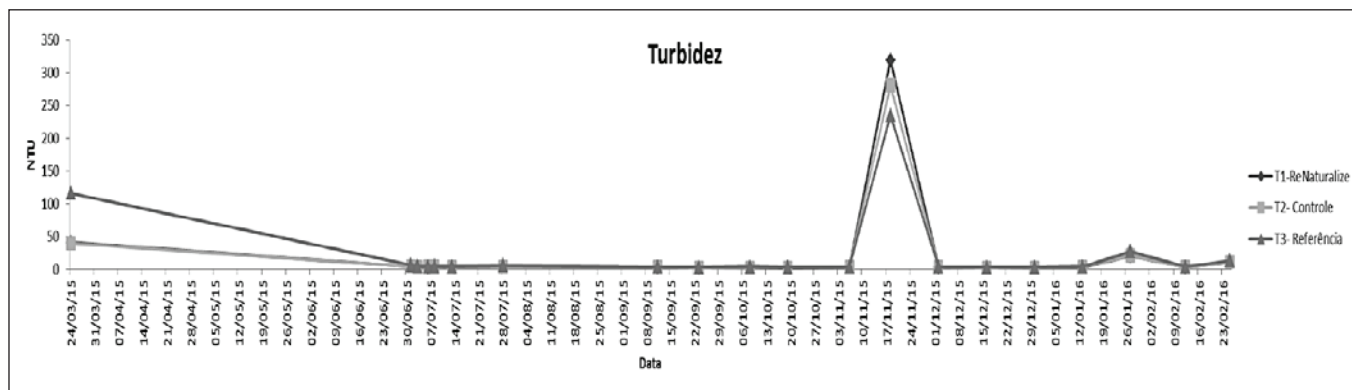


Figura 4. Valores de turbidez coletados quinzenalmente nos três trechos de estudo

Verificou-se que em todos os pontos de amostragem os níveis de nitrato e nitrito estavam abaixo do limite estabelecido pela legislação, o que indica boa qualidade da água para os três trechos. Todas as amostras de água variaram entre $<0,01$ a $0,041$ mg/l NO_2^- e $0,12$ a $0,67$ mg/l NO_3^- . Com níveis elevados de nitrogênio na água, a abundância e diversidade de organismos aquáticos tende a diminuir (Camargo *et al.*, 2008).

O parâmetro total esteve acima do limite da Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 ($0,1$ mg/L) em todos os trechos avaliados pelo menos em uma das campanhas. As menores concentrações ocorreram no T1 e T2 ($0,08$ mg/L), enquanto a maior foi registrada em T3 ($0,31$ mg/L). A alta concentração de fósforo em ambientes aquáticos pode ter origem em causas naturais, porém áreas submetidas a uso e ocupação do solo por agricultura e pecuária são importantes fatores de acréscimo de fósforo total por vias de escoamento superficial e processos de lixiviação do solo (McDowell *et al.*, 2001; Pellegrini, 2005). A área da bacia de contribuição do Rio Mangaraí é historicamente ocupada por atividades agropecuárias. Em um levantamento de uso e ocupação do solo da bacia do Mangaraí, realizado pelo IDAF (2008), áreas agrícolas ocupavam 26,57 % da área total da bacia e as pastagens 16,95%. Estas intervenções antrópicas na bacia podem ser as principais fontes de fósforo nos trechos avaliados.

Comparando os resultados de turbidez (Figura 4) dos três trechos de pesquisa, o trecho onde a madeira foi instalada possui a menor média para a maioria das campanhas quinzenais ($p < 0,05$). A turbidez da água é um dos principais focos do presente estudo. A ocorrência de grandes áreas desmatadas ou sob o uso da agropecuária tem intensificado processos erosivos e o assoreamento do rio. As Estações de Tratamento de Água (ETEs), que englobam a bacia de drenagem do Rio Mangaraí, têm evidenciado valores crescentes de turbidez da água nos últimos cinco anos. Em abril de 2011, o Rio Mangaraí chegou a ter valores de turbidez de 4.999 NTU (BTA, 2015). Espera-se que com o passar do tempo a instalação dos troncos de madeira reduza os valores de turbidez no trecho e a jusante desse ponto. Entre-

tanto, em vista da grande estiagem esses parâmetros, ainda não apresentaram resultados conclusivos.

Os valores médios de Matéria Orgânica (MO) foram maiores no trecho ReNaturalize para as quatro campanhas de coleta (Figura 5). Os resultados demonstraram um aumento significativo dos teores de MO ($p < 0,05$) entre T1 e T2 na 4.ª campanha de monitoramento.

Além das mudanças na composição química, que podem alterar o pH do sedimento devido aos ácidos húmicos e fúlvicos relacionados aos compostos orgânicos (Ishiwatari, 1992), as estruturas de madeira podem causar mudanças geomorfológicas, como o alojamento de grandes quantidades de material particulado. A retirada das estruturas de madeira causa maior erosão devido ao aumento da velocidade do fluxo a jusante (Abbe *et al.*, 2003).

Os níveis de fósforo no sedimento foram menores no trecho referência, onde a madeira está presente no canal de forma natural (Figura 6). O fósforo é um nutriente essencial para a manutenção da vida, fazendo parte de diversas moléculas dos organismos, sendo também considerado um nutriente limitante para a produção primária das células fitoplanctônicas dos sistemas aquáticos continentais (Berner, & Rao, 1994).

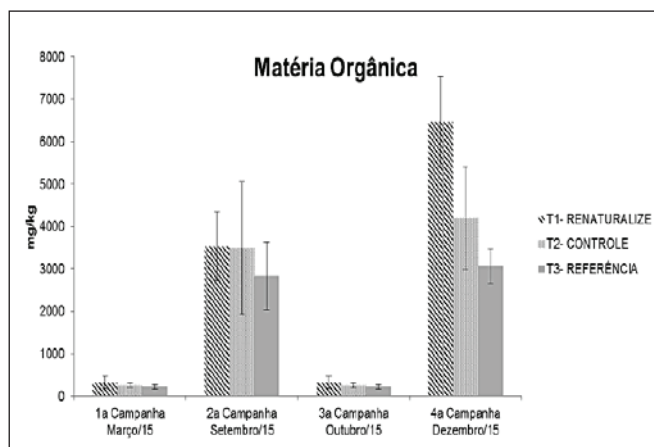


Figura 5. Presença de Matéria Orgânica (MO) no sedimento coletado no Rio Mangaraí no ano de 2015

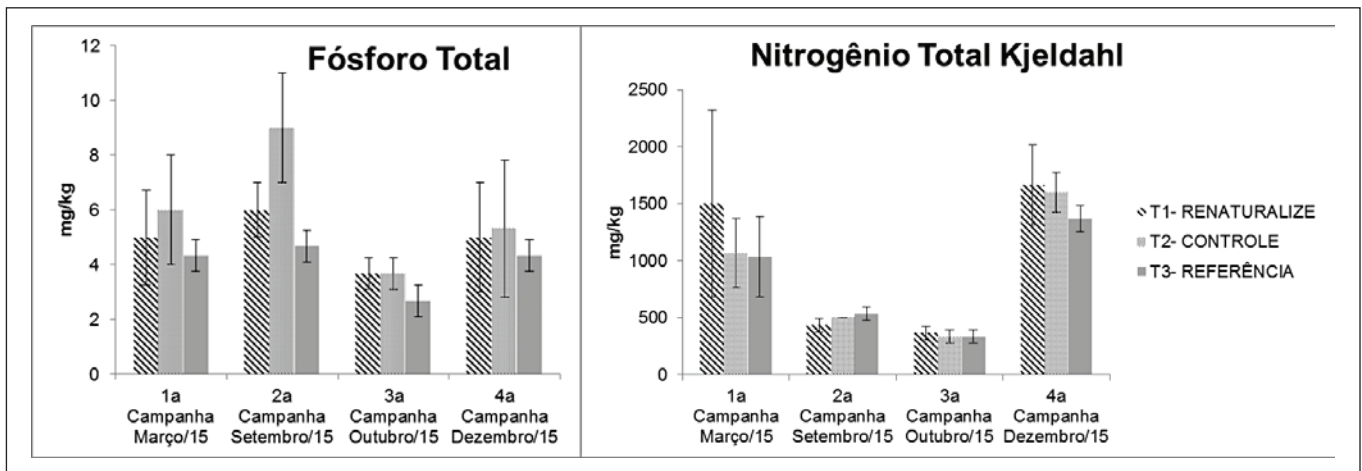


Figura 6. Fósforo total e Nitrogênio total no sedimento coletado no Rio Mangaraí no ano de 2015

O nitrogênio presente no sedimento coletado no Rio Mangaraí demonstrou um aumento significativo na quarta campanha, com o maior nível registrado no trecho ReNaturalize (Figura 6). O nitrogênio no sedimento apresenta-se principalmente na sua forma orgânica, sendo parte integrante da matéria orgânica. Mudanças nos teores de Matéria Orgânica são geralmente acompanhadas de mudanças semelhantes nos teores de nitrogênio orgânico (Camargo *et al.*, 2008).

O acúmulo de Matéria Orgânica nas áreas restauradas leva à propensão da captação de nutrientes por meio do processo de adsorção. O sedimento associado com os troncos de madeira geralmente contém um alto teor de Matéria orgânica e pode manter as taxas de respiração elevadas localmente. Hedin (1990) detectou que a ciclagem de nutrientes ocorre mais em áreas contendo madeira do que em qualquer outra parte do leito do rio. Servindo como um substrato para micro-organismos que absorvem nutrientes, a madeira é um agente ativo na ciclagem e remoção de fósforo e nitrogênio do sistema.

Mapeamento de fundo

Os mapas de fundo são dados qualitativos que permitem comparar características de tipo de substrato de fundo e analisar se houve aumento da diversidade de tipos de substrato. Este trabalho apresenta os resultados comparativos do mapeamento de fundo do trecho renaturalizado antes da instalação dos troncos de eucalipto e suas campanhas subsequentes (Figura 7).

Dois meses após a instalação foi possível observar uma maior diversificação dos tipos de substratos

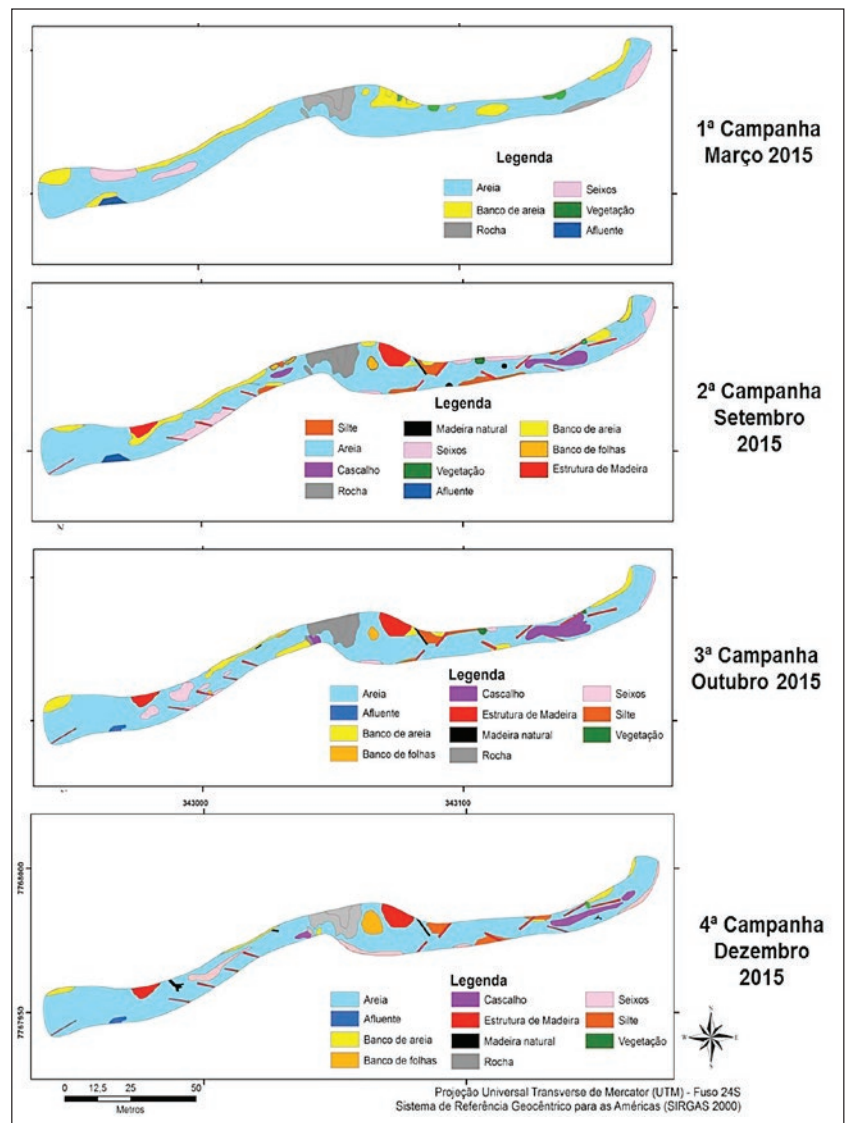


Figura 7. Mapas comparativos de dados levantados no mapeamento de fundo do trecho-2 antes da instalação das estruturas (1.ª Campanha) e após a instalação (2.ª, 3.ª e 4.ª Campanha). Rio Mangaraí (Santa Leopoldina, ES) – Software: *Quantum GIS*

presentes. Substratos do tipo cascalho, seixos, silte e banco de folhas, que antes eram ausentes começam a surgir neste trecho do rio. Além disso, novas faixas de seixos surgiram ao longo do tempo. Tais mudanças são muito positivas visto que um dos principais objetivos do projeto é aumentar a capacidade de retenção de material fino carreado pelo rio e aumentar a diversidade de substratos e *habitats*, que trás benefícios para a biota aquática.

Estes resultados corroboram com o que foi observado por Brooks e colaboradores (2006), visto que houve um maior aumento de manchas de lavagem e deposição de sedimento em um trecho renaturalizado, em comparação com seu trecho controle. Para esses autores também foi observado um aumento da complexidade do canal em termos de uma maior sequência poça-corredeira e aspectos morfológicos do canal. A introdução de estruturas de madeira gera fluxo diferencial, criando áreas de retenção e de lavagem (Milner e Gilver, 2012; Wenzel *et al.*, 2014). Esses são os possíveis fatores que promoveram a diversificação de tipos de substrato.

Abundância de ictiofauna

A utilização de troncos, folhas e galhos de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) apresentou-se como um material adequado para a recriação de *habitats* para peixes. Algumas horas após a instalação foi possível observar a chegada de alevinos no local da madeira. Em cinco dias observou-se densas formações de biofilme sobre todas as estruturas. O biofilme é uma matriz gelatinosa que engloba bactérias, fungos, detritos, algas e exoenzimas (Scholz e Boon, 1993), que cumprem papel fundamental na disponibilização de recursos para a cadeia alimentar aquática (Eggert e Wallace, 2007). A rápida formação de biofilme demonstra que o efeito antisséptico de óleos essenciais produzidos por esta espécie de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) não afetou negativamente o processo de formação de biofilme.

Ao longo de quatro campanhas de coleta foram contabilizados 1.313 indivíduos. Antes da instalação dos troncos de madeira, a abundância de peixes coletados apresentou valores semelhantes: T1-ReNaturalize (105 indivíduos), T2-Controle (135 indivíduos), e T3-Referência (113 indivíduos). No entanto, após a instalação das estruturas de madeira, a 2.^a campanha de coleta apontou um aumento de 21% na abundância de peixes coletados no trecho renaturalizado e uma redução de 63% e 85,5% nos trechos Controle e Referência, respectivamente (Figura 8).

Ao longo da 3.^a e 4.^a campanha o trecho ReNaturalize continua apresentando o maior número de indivíduos coletados. Apesar de haver variações durante esse período, o trecho renaturalizado possui aproximadamente o dobro de indivíduos coletados em relação aos outros trechos (4.^a campanha).

Diversos projetos de restauração têm demonstrado uma resposta positiva sobre a abundância de peixes, especialmente para espécies de salmonídeos (exemplo: Johnson *et al.*, 2005; Whiteway *et al.*, 2010; Roni *et al.*, 2015). Brooks e colaboradores (2004) observou um padrão semelhante ao encontrado neste estudo. Após a instalação

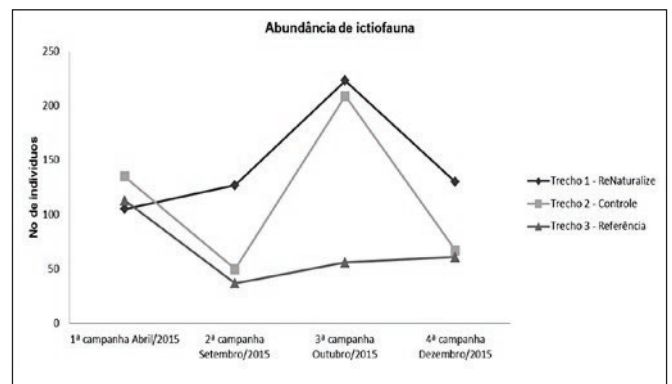


Figura 8. Abundância de ictiofauna ao longo de quatro campanhas de coleta, nos três trechos amostrais (T1, T2 e T3), Rio Mangarái (Espírito Santo-ES)

de 20 estruturas com madeira de eucalipto ao longo de 1.100 m do Rio Williams (Austrália), a abundância de peixes coletados no trecho restaurado aumentou 53,4% em comparação à coleta anterior à instalação. Em contrapartida, não houve uma mudança significativa no número de peixes coletados no trecho controle deste mesmo rio.

O efeito da madeira sobre a biota aquática ainda é motivo de grandes discussões em estudos voltados a restauração de rios (Roni *et al.*, 2015). Uma relação positiva entre aumento da heterogeneidade de *habitats* e o aumento da diversidade de peixes é o padrão comumente observado em rios (Allan, 2004). No entanto, Roni e colaboradores (2015) destacam a necessidade da aplicação de planos de monitoramentos adequados, visto que ainda existem inconsistências nos dados levantados (Bernhardt *et al.*, 2005, Palmer *et al.*, 2005; Brooks *et al.*, 2006).

CONCLUSÃO

Tomados em conjunto esses resultados sugerem que a madeira tem um papel fundamental na promoção da restauração de *habitats* fluviais em rios tropicais. Contudo, condições ambientais locais, bem como atividades antrópicas, podem influenciar negativamente a recuperação de trechos a serem restaurados.

A partir da instalação de estruturas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) foi possível observar melhorias em aspectos físicos e biológicos, em um curto prazo. Observou-se um aumento da diversidade hidromorfológica do canal e da abundância de peixes, em comparação com os outros trechos. O teor de Matéria Orgânica no sedimento e as medidas de oxigênio dissolvido e turbidez da água apontam tendências de melhoras, que devem ser confirmadas com estudos futuros.

Os resultados obtidos a partir deste estudo, além do fácil manuseio das estruturas de eucalipto, apontam um horizonte otimista sobre o potencial de replicabilidade das técnicas utilizadas. Visto que a utilização de materiais mais naturais tem sido uma tendência internacional no âmbito da restauração fluvial, estas poderão ser futuramente utilizadas na restauração de rios tropicais.

AGRADECIMENTOS

À FAPES/FINEP/MCTI, financiadoras do projeto, à FIBRIA® pelo fornecimento dos troncos de *Eucalyptus urograndis*. Aos pesquisadores Dominic Martyn (Environment Agency), Jenny Mant (River Restoration Center) por todas as contribuições científicas. À

Comunidade Quilombola do Retiro, por toda abertura dada à implantação do projeto e à grande troca de conhecimentos. Ao fotógrafo Leonardo Merçon (ONG Últimos Refúgios), pela cobertura completa do projeto. Ao geólogo Reinaldo Baldotto Filho, pela elaboração dos mapas hidromorfológicos. ■

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBE, T. B.; MONTGOMERY, D. R. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology*. v. 51, n. 1, p. 81-107. 2003.
- ALEXANDER, G. G.; ALLAN, J. D. Ecological success in stream restoration: case studies from the midwestern United States. *Environmental Management*. v. 40, n. 2, p. 245-255. 2007.
- ALLAN, J. D. Influence of land use and landscape setting on the ecological status of rivers. *Limnetica*. v. 23, p. 187-197. 2004.
- ANA, Agência Nacional de Águas- *Espírito Santo*. Disponível em: <Hidroweb.Ana.Gov.Br/Cd4/Es.Doc□>. Acesso em: 28 nov. 2015.
- BENKE, A. C.; WALLACE, J. B. Influence of wood on invertebrate communities in streams and rivers. *American Fisheries Society Symposium*. v. 37, p. 149-177. 2003.
- BERNER, R. A.; RAO, J. Phosphorus in sediments of the Amazon River and estuary: Implications for the global flux of phosphorus to the sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. v. 58, n. 10, p. 2333-2339, 1994.
- BERNHARDT, E. S.; PALMER, M.; ALLAN, J. D.; ALEXANDER, G.; BARNAS, K.; BROOKS, S.; GALAT, D. Synthesizing U.S. river restoration efforts. *Science*. v. 308, n. 5722, p. 636-637. 2005.
- BILOTTA, G. S.; BRAZIER, R. E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*. v. 42, n. 12, p. 2849-2861. 2008.
- BROOKS, A. P.; GEHRKE, P. C.; JANSEN, J. D.; ABBE, T. B. Experimental Reintroduction of Woody Debris on the Williams River, Nsw: Geomorphic And Ecological Responses. *River Research and Applications*. v. 20, n. 5, p. 513-536. 2004.
- BROOKS, A. P. Design guideline for the reintroduction of wood into Australian streams. Canberra: *Land & Water Australia*, 2006.
- CAMARGO, F. A. DE O.; SILVA, L. S. DA; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: *Metrópole*. p. 87-97. 2008.
- CRAMER, M. L. (Managing Editor). Stream Habitat Restoration Guidelines. *Fish and Wildlife Service*. Olympia, Washington. 2012.
- ECRR- European Center For River Restoration. *Plataforma Riverwiki*. Disponível em:< https://Restorerivers.Eu/Wiki/Index.Php?Title=Main_Page>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- EMCAPA / NEPUT. *Mapa das Unidades Naturais do Estado do Espírito Santo*. Vitória. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20121211_es01655_zonasnaturaisdoespiritosanto.pdf>. Acesso em: 12 set. 2015.
- EGGERT, S. L.; WALLACE, J. B. Wood Biofilm as a Food Resource for Stream Detritivores. *Limnology and Oceanography*. v. 52, n. 3, p. 1239-1245. 2007.
- FERREIRA, P.; SILVA, A. A História da Degradação da Cobertura Vegetal da Região Costeira do Estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. *Natureza on-line*. v. 9, n.1, p. 10-18. 2011.
- FILOSO, S. E.; PALMER, M. A. Assessing Stream Restoration Effectiveness at Reducing Nitrogen Export to Downstream Waters, *Ecological Applications*, v.2, n.6, p.1989-2006. 2011.
- FLORES, L.; LARRANAGA, A.; DIEZ, J. E.; ELOSEGI, A. Experimental Wood Addition In Streams: Effects on Organic Matter Storage and Breakdown, *Freshwater Biology*. v. 56, n.10, p. 2156-2167. 2011.
- GURNELL, A. Fluvial Geomorphology:Wood and River Landscapes, *Nature Geoscience*. v.5, n. 2, p. 93-94. 2012.
- GURNELL, A. M.; PIEGAY, H.; SWANSON, F. J.; GREGORY, S. V. Large Wood and Fluvial Processes. *Freshwater Biology*. v. 47, n. 4, p. 601-619. 2002.
- HEDIN, L. O. Factors Controlling Sediment Community Respiration in Woodland Stream Ecosystems. *Oikos*. v. 57, p. 94-105. 1990.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- ISHIWATARI, R. Macromolecular Material (Humic Substance) in the Water Column and Sediments. *Marine Chemistry*. v. 39, n.1, p. 151-166. 1992.
- JAEHNIG, S. C.; LORENZ, A. W.; HERING, D.; ANTONS, C.; SUNDERMANN, A.; JEDICKE, E.; HAASE, P. River Restoration Success: A Question Of Perception, *Ecological Applications*. v. 21, n.6, p. 2007-2015. 2011.
- JOHNSON, S. L.; RODGERS, J. D.; SOLAZZI, M. F.; NICKELSON, T. E. Effects of an Increase in Large Wood on Abundance and Survival of Juvenile Salmonids (*Oncorhynchus* Spp.) in an Oregon Coastal Stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 62, n. 2, p. 412-424. 2005.
- LASSETTRE, N. S.; KONDOLF, G. M. Large Woody Debris in Urban Stream Channels: Redefining The Problem, *River Research And Applications*. v. 28, n. 9, p. 1477-1487. 2012.
- MCDOWELL, R. W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M. Processes Controlling Soil Phosphorus Release to Runoff and Implications for Agricultural Management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. v. 59, p. 269-284. 2001.
- MILNER, V. S.; GILVEAR, D. J. Characterization of Hydraulic Habitat and Retention across Different Channel Types; Introducing a New Field-Based Technique. *Hydrobiologia*. v. 694, n.1, p. 219-233. 2012.
- MITCHELL, D. M.; ENTREKIN, S. A.; ADAMS, G. L. Structure and Function of Large Wood in Ozark Headwater Streams and its Relationship to Fish Community Structure. *Journal of Freshwater Ecology*. v.27, n. 3, p. 335-349. 2012.
- MOUTON, A. M.; BUYSSE, D.; STEVENS, M.; VAN DEN NEUCKER, T.; COECK, J. Evaluation of Riparian Habitat Restoration in a Lowland River, *River Restoration and Applications*, v. 28, n. 7, p. 845-857. 2012.
- NEWSON, M. D.; LARGE, A. R. G. Natural' Rivers, 'Hydromorphological Quality' and River Restoration: A Challenging New Agenda for Applied Fluvial Geomorphology, *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(13), p. 1606-1624. 2006.
- PALMER, M. A.; LETTENMAIER, D. P.; POFF, N. L.; POSTEL, S. L.; RICHTER, B.; WARNER, R. Climate Change and River Ecosystems: Protection and Adaptation Options. *Environmental Management*. v. 44, n. 6, p. 1053-1068. 2009.
- PELLEGRINI, A. D. Recess: Its Role In Education And Development. Mahwah, Nj: *Erlbaum*. 2005.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). *Projeto Bacia De Tratamento De Água (BTA) – Bacia Do Mangaraí*. 2012.
- REID, D.; CHURCH, M. Geomorphologic and Ecological Consequences of Riprap Placement in River Systems. *Jawra- Journal of the American Water Resources Association*. v. 51, n. 4, p. 1043-1059. 2015.
- ROCHA, C. M. B. M.; SANTOS, L.R.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; MORAES, J. E. F.; ROLIM, R. G. Avaliação da Qualidade da Água e Percepção Higiênico-Sanitária na Área Rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. *Cadernos de Saúde Pública* [Online] v. 22, n. 9, p. 1967-1978. 2006.
- RONI, P.; BEECHIE, T.; PESS, G.; HANSON, K. Wood Placement in River Restoration: Fact, Fiction, and Future Direction. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v. 72, n.3, p. 466-478. 2015.
- Scholz, O.; Boon, P. I. Biofilm Development And Extracellular Enzyme Activities On Wood In Billabongs Of South-Eastern Australia. *Freshwater Biology*. v. 30, p. 359-368. 1993.
- STREAM - *Strategic Restoration and Management of the River Avon*. Disponível em:<Http://Webarchive.Nationalarchives.Gov.Uk/20101118120645/Http://Www.Streamlife.Org.Uk/Pdf/Stream_Restoration_Techniques_Advice_Note.Pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.
- TICKNER, D.; ARMITAGE, P. D.; BICKERTON, M. A.; HALL, K. A. Assessing Stream Quality Using Information on Mesohabitat Distribution and Character. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. v. 10, n. 3, p. 179-196. 2000.
- WENZEL, R., REINHARDT-IMJELA, C., SCHULTE, A.; BÖLSCHER, J. The Potential of In-Channel Large Woody Debris in Transforming Discharge Hydrographs in Headwater Areas (Ore Mountains, Southeastern Germany). *Ecological Engineering*. v. 71, p. 1-9. 2014.
- WHITEWAY, S.L.; BIRON, P.M.; ZIMMERMANN, A.; VENTER, O.; AND GRANT, J.W.A. Do In-Stream Restoration Structures Enhance Salmonid Abundance? A Meta-Analysis. *Aquatic Science*. v. 67, n. 5, p. 831-841. 2010.