

DETRITOS LENHOSOS EM RIOS: UMA REVISÃO COM ENFOQUE NAS PESQUISAS BRASILEIRAS

Karla Campagnolo^{1} & Masato Kobiyama²*

Resumo - A zona ripária tem grande importância no ecossistema fluvial, pois garante o funcionamento do sistema através da produção de detritos lenhosos que modificam os processos e os padrões fluviais. Os detritos lenhosos são fragmentos de madeira que, depositados no rio, recebem diferentes denominações, mas o mais comum é *woody debris* (WD). Desta forma, o objetivo do presente artigo foi realizar uma revisão bibliográfica e, a partir desta, identificar deficiências, tendências e prioridades para pesquisas sobre a ocorrência de detritos lenhosos no leito de um rio, bem como identificar as principais metodologias adotadas para obtenção dos resultados. Muitos pesquisadores demonstram interesse científico neste tema, visto a grande quantidade de trabalhos encontrados na literatura, ao contrário do Brasil, que possui poucos artigos sobre o assunto. A maioria deles foi realizada no estado do Paraná. Observou-se que existe uma tendência de medição de parâmetros, bem como de diversas metodologias disponíveis. Sabe-se que o Brasil tem um grande potencial de análise de WD, sendo que a gestão de bacias hidrográficas deveria incorporar este tema nos trabalhos realizados, principalmente no bioma Pampa, onde se tem pouco conhecimento da dinâmica fluvial.

Palavras-Chave – detritos lenhosos; estudos brasileiros; zona ripária.

WOODY DEBRIS IN RIVERS: A REVIEW WITH FOCUS ON BRAZILIAN RESEARCHES

Abstract - The riparian zone has great importance in the fluvial ecosystem, because it ensures the system functioning through the production of woody debris that modifies the fluvial processes and patterns. Wood fragments deposited in the river are called with different ways, but woody debris (WD) is the most common terms. In this way, the objective of the present paper was to carry out a bibliographical review and to identify deficiencies, trends and priorities for research on the occurrence of woody debris in the riverbed, as well as to identify the main methodologies adopted to obtain the results in Brazil. Many researchers have shown a scientific interest in this topic, and the large amount of works can be found in the world, which is contrary to the current situation in Brazil which has a few published articles about the subject. Most of them were carried out in the Paraná state. It was observed that there is a trend of parameters measurement as well as several available methodologies. It is known that Brazil has great potential for WD analysis, and the basin management should incorporate this theme in the actions, mainly in the Pampa biome, where little knowledge of river dynamics is known.

Keywords – woody debris; Brazilian studies; riparian zone.

¹ Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS, kbcampagnolo@gmail.com.

² Professor Doutor, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, masato.kobiyama@ufrgs.br.

* Autor Correspondente

INTRODUÇÃO

A zona ripária tem grande importância em todo o ecossistema fluvial, e produz detritos lenhosos que modificam os processos fluviais, sendo eles restos de galhos, troncos, raízes e folhas. Estes detritos podem formar escadas e/ou piscinas (*step-pool*) junto ao leito, providenciando também cobertura para peixes (KOBAYAMA *et al.*, 2008).

As pesquisas sobre detritos lenhosos começaram a ganhar destaque no meio acadêmico a partir dos anos 70, muitos destes realizados na Universidade do Estado de Oregon, EUA. Desde então, diversos autores demonstraram interesse neste tema de detritos lenhosos junto ao rio, visto a grande quantidade de trabalhos realizados em diversos países. Existem até manuais técnicos, tais como USBR e ERDC (2016) que esclareceu de modo amplo a atuação da madeira no ecossistema fluvial, formas de proteção e restauração dos processos fluviais.

O Brasil possui uma das maiores redes fluviais do mundo, bem como extensas áreas florestais. Desta forma, é de extrema importância que o país desenvolva trabalhos nesta direção. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica dos trabalhos técnico-científicos relacionados a este tema, e a partir desta, identificar deficiências, tendências e prioridades para pesquisas sobre a ocorrência de detritos lenhosos no curso de um rio no Brasil.

PANORAMA GERAL DE ANÁLISE DOS DETRITOS LENHOSOS EM RIOS NO MUNDO

Os detritos lenhosos são fragmentos de madeira depositados ou flutuando no rio, sendo que recebem diversas denominações conforme seu tamanho. Entretanto, o mais comum na literatura mundial é *woody debris* (WD) que trata-se de uma denominação geral, sem relacionar ao tamanho da peça. Algumas vezes, necessita-se também tratar seu tamanho (Tabela 1).

Tabela 1 – Nomenclatura utilizada em relação aos detritos lenhosos.

Nomenclatura	Abreviação	Tradução
<i>Coarse woody debris</i>	CWD	Detritos lenhosos grosseiros
<i>Large woody</i>	LW	Grandes madeiras
<i>Large woody debris</i>	LWD	Grandes detritos lenhosos
<i>Small woody debris</i>	SWD	Pequenos detritos lenhosos
<i>Woody debris</i>	WD	Detritos lenhosos
<i>Woody debris jams</i>	WDJ	Barramentos de detritos lenhosos

Na década de 70 era comum utilizar o termo *Large Organic Material* para WD, como fizeram, por exemplo, Keller e Swanson (1979). Estes autores comentaram o efeito de árvores para o curso d'água, pois, se estão em pé, podem retardar a erosão no talude, mas também podem influenciar a largura do canal e o desenvolvimento de novas redes fluviais se mortas e caídas junto ao rio.

Os primeiros estudos que utilizaram o termo *woody debris* apareceram no início na década de 90. Por exemplo, Nakamura e Swanson (1993) demonstraram que os efeitos dos WD na morfologia do canal e no armazenamento de sedimentos variam conforme o tamanho do rio. Os autores também concluíram que os detritos são fornecidos diretamente das planícies aluviais e terraços, por erosão e pelos fluxos de detritos dos afluentes. Desta forma, os WD contribuem para a migração de canais e desenvolvimento de leitos secundários.

Outro trabalho relevante da década de 90 foi Booth *et al.* (1996) que concluíram que a colocação de troncos cilíndricos nus, sem galhos ou raízes, direcionava o fluxo a fluir por baixo do mesmo, em vez de sobre o topo, não formando assim degraus no perfil do canal.

Já os trabalhos recentes sobre WD demonstraram novas tendências. Por exemplo, segundo Atha (2014) o *Google Earth*, uma ferramenta gratuita, pode fornecer os dados necessários para se determinar o papel que a madeira tem na formação de canais, mesmo havendo limitações com o tamanho da imagem e sua utilização em aplicativos mais precisos. Esse autor concluiu que a quantidade de WD tende a diminuir a jusante dentro de uma rede de canais, fato observado desde Nakamura e Swanson (1993).

Bertoldi *et al.* (2015) confirmaram o impacto dos bosques de grandes árvores na forma e dinâmica dos canais fluviais. Os autores sugeriram que as contribuições das árvores para os ecossistemas fluviais devem ser reconhecidas e sua conservação conjunta precisa ser incorporada, quando possível, na gestão dos rios. Este fator é importante de ser observado no Brasil, já que muitas vezes a madeira dentro dos canais é retirada para tentar melhorar o fluxo da água em leitos assoreados, o chamado “desassoreamento de canal”, na tentativa de recuperação das áreas degradadas, mas essa retirada pode ocasionar em prejuízos ao ecossistema local.

Embora existam diversos enfoques para caracterizar os aspectos de WD, pode-se resumidamente dizer que os pesquisadores têm optado por analisar diâmetro e comprimento das peças de WD, volumetria das acumulações, algumas vezes peso e densidade da madeira encontrada. A medição da orientação mostrou-se usual, por exemplo, Abbe e Montgomery (2003).

Sobre dados do canal, é comum a aquisição de parâmetros como a altura do barramento, declividade do canal, sinuosidade do leito e formas de fundo do vale. Montgomery e Buffington (2015) confirmam que as diferenças na morfologia do canal afetam sua capacidade de transporte de sedimentos, de modo que em canais onde grandes WD formam piscinas com eficiente armazenamento de sedimentos há uma sensibilidade maior à retirada destas madeiras.

Os principais métodos de medição utilizados foram a topografia, para levantamento de perfis verticais, larguras e sinuosidade do leito. Ainda, imagens de satélite, para georreferenciamento e análise da evolução dos barramentos. Também é feita a análise sedimentológica, e algumas vezes se observou a taxa de apodrecimento do material vegetal, mas a identificação da espécie não é comum.

Existem vários tipos de dados que podem ser coletados na investigação de WD. A partir da Tabela 2 se observa a grande variação de tamanho de WD existente no leito, e a tendência de se medir o comportamento de WD com diferentes tipos de vegetação ripária.

Tabela 2 - Dados coletados em trabalhos publicados no exterior.

Autores	Característica	Diâmetro x Comprimento médio dos detritos lenhosos (m)	Volume médio (m³)	Volume (m³/100m)
Baillie e Davies (2002)	Pinus	0,23 x 2,5	0,13	4,0
	Floresta Nativa	0,22 x 1,9	0,13	3,1
Baillie <i>et al.</i> (2008)	Floresta Nativa	0,22 x 2,1	0,35	-
Chen <i>et al.</i> (2013)	Medição 2009/01	0,33 x 5,1	0,83	20,35
	Medição 2009/09	0,29 x 4,6	0,63	21,13
	Medição 2010/09	0,26 x 3,8	0,55	22,51

A Tabela 3 apresenta uma síntese de metodologias utilizadas conforme a abordagem definida, onde consta 4 tipos principais de métodos: mapeamento, hidrodinâmico, modelagem computacional e modelagem física (canais) em laboratório. Observa-se que diversas metodologias são utilizadas, desde trabalhos essencialmente de campo até a construção de canais em laboratório ou a utilização de imagens aéreas, sendo que estes métodos podem ser utilizados para se gerar trabalhos científicos nos biomas brasileiros. Além disso, em diversos países o próprio governo desenvolve trabalhos sobre esse tema, como manuais técnicos que dão apoio na gestão das bacias hidrográficas, por exemplo, o manual publicado nos EUA por Schuett-Hames *et al.* (1999).

Tabela 3 – Principais abordagens e metodologias aplicadas em estudos com WD.

AUTORES	METODOLOGIA	PAÍS
MAPEAMENTO		
Abbe e Montgomery (2003)	Catálogo dos tipos e tamanhos de barramentos de WD e as características do canal; DAP, volume e orientação do fuste em relação ao canal; classificação dos detritos em relação à sua função no barramento.	EUA
HIDRODINÂMICA		
Bertoldi <i>et al.</i> (2013)	Levantamentos aéreos; fotografias capturadas a cada hora; medições de campo de árvores em pé e depositadas; registros contínuos do leito do rio.	Itália
MODELAGEM COMPUTACIONAL		
Mazzorana <i>et al.</i> (2009)	As áreas de recrutamento de material lenhoso foram identificadas, localizadas e classificadas com base na sua capacidade de aumentar o potencial de perigo dos processos de transporte; cálculo de um indicador para o recrutamento e transporte de WD e geração de mapas de índices de risco para as bacias.	Itália
MODELAGEM FÍSICA EM LABORATÓRIO		
Bertoldi <i>et al.</i> (2015)	Construção de 3 canais de 1,7m x 10m com inclinação inicial de 1,3%, preenchidos com areia, que simulavam condições de alto fluxo; fluxo e sedimentos fornecidos por bombas submersas e alimentadores automáticos; explorou-se a dispersão/retenção de madeira na ausência/presença de cobertura vegetal.	Reino Unido

ESTUDOS COM DETRITOS LENHOSOS NO BRASIL

Procurou-se literaturas brasileiras pela internet e em bibliotecas universitárias. Embora seja caracterizado pelas imensas redes fluviais e áreas florestais, o Brasil possui poucos trabalhos sobre esse tema (Tabela 4). Ressalta-se a atuação de universidades do estado do Paraná, onde ocorreu a maioria dos trabalhos com WD. Assim sendo, pode-se dizer que a Mata Atlântica é o único bioma brasileiro estudado com esse tema.

Tabela 4 - Trabalhos brasileiros encontrados na revisão.

AUTORES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	BIOMA
Fernandez (2004)	Discutir o papel dos WD na retenção de sedimentos de fundo e na formação de unidades soleira-depressão no rio.	Medição do canal, amostragem dos sedimentos, circunferência e volume dos WD.	Mata Atlântica
Binda e Lima (2008)	Demonstrar o papel dos WD sobre a morfologia e processos fluviais; diferentes formas de atuação geomorfológica dos WD nos canais.	Análise visual e revisão geral.	Mata Atlântica
Fernandez <i>et al.</i> (2010)	Avaliar os efeitos de estacas de madeira no leito sobre a sua morfologia e a assembleia da fauna de macroinvertebrados.	Levantamentos morfológicos e sedimentológicos do canal, vazão e monitoramento da fauna bentônica.	Mata Atlântica
Binda e Fernandez (2010)	Analisar a influência dos WD na configuração espacial de soleiras e depressões em trecho de rio.	Levantamento geométrico, inspeção visual, definição da morfologia do canal e da variação vertical do leito.	Mata Atlântica
Binda e Fernandez (2011a)	Verificar a influência de acumulações de detritos lenhosos na morfologia de leito do rio.	Medição do canal, identificação e classificação dos segmentos com acumulações de WD, monitoramento batimétrico, geoprocessamento.	Mata Atlântica
Binda e Fernandez (2011b)	Verificar a influência das acumulações de WD na morfologia do canal do rio.	Construção e monitoramento de perfis transversais a montante e jusante das acumulações de WD.	Mata Atlântica
Dias e Thomaz (2011)	Observar a interferência dos WD em alguns parâmetros da dinâmica fluvial em áreas marginais.	Análise da velocidade, vazão e geometria do canal, quantidade e volume de WD, análise dos sedimentos e da vegetação ciliar.	Mata Atlântica
de Paula <i>et al.</i> (2011)	Avaliar os efeitos de mudanças na floresta ripária na oferta de LWD e na estrutura de canais em riachos tropicais.	Georreferenciamento, levantamento da vegetação e do canal, dados hidrológicos, medição dos LWD, volume e frequência.	Mata Atlântica
Fernandez e Binda (2012)	Classificação baseada no comprimento e diâmetro dos WD e análise do papel destes detritos nos processos de erosão e deposição no leito fluvial.	Medição de diâmetro e comprimento dos detritos; classificação em membros-chave, membros-suportados e membros-soltos.	Mata Atlântica

Nota-se que há pouca representatividade em relação aos biomas brasileiros, de modo que cada paisagem apresenta uma resposta diferente à presença dos WD no curso d'água. No Brasil ocorrem

desastres naturais, como movimento de massa ou inundações, sendo que o melhor conhecimento sobre a dinâmica dos WD junto ao rio e sua influência sobre estes eventos é de extrema importância e uma deficiência existente nos estudos realizados. Assim, de acordo com Kobiyama *et al.* (2012) a relação entre floresta e desastres naturais poderá ser ainda mais esclarecida.

Outro ponto relevante é a formação de degraus no leito do rio e consequente criação de habitats, que fornece alimento para a fauna e atua na formação de ilhas fluviais. Os efeitos de WD sobre a morfologia fluvial variam conforme o tamanho do canal e a distribuição de tamanho dos detritos (KELLER e SWANSON, 1979). Estes autores observaram o efeito de uma grande árvore caída em um pequeno canal na Carolina do Norte (EUA), onde em um curto tempo o percurso do canal mudou drasticamente como resultado de uma única árvore.

Um tema que poderia ser mais explorado são os efeitos positivos e negativos da vegetação ripária para o leito do rio. Isto poderia elucidar muitas questões do bioma Pampa, onde a vegetação florestal é predominante apenas na zona ripária, mas há uma expansão da monocultura de espécies exóticas. Essa expansão tem gerado diversos conflitos na região. Ressalta-se a necessidade de se priorizar e realizar pesquisas no bioma Pampa. Conforme ressaltam Stumpf *et al.* (2009), considerando o atual quadro de devastação deste ambiente, fica evidente a necessidade de pesquisas com foco na aplicação das espécies vegetais.

Uma alternativa que surge é a tendência em se utilizar grandes detritos lenhosos como técnica para renaturalização de rios, segundo Fernandez *et al.* (2010). A mesma metodologia foi utilizada com sucesso para restauração das funções ecológicas do Rio Mangaraí (ES), através do Projeto Renaturalize, onde depositou-se troncos de eucalipto no leito para melhorar a qualidade da água, recriar habitats e aumentar a biodiversidade do rio (FINEP, 2017).

CONCLUSÕES

Os WD em rios, sendo importantes agentes geomorfológicos, possuem diferentes denominações conforme o tamanho médio das peças. No entanto, suas influências geomorfológicas e hidrológicas precisam ser debatidas em relação aos ecossistemas fluviais brasileiros. A relação da zona ripária com os processos geomorfológicos, biológicos e hidrológicos, ou seja, processos geo-bio-hidrológicos propostos por Kobiyama *et al.* (1998), que ocorrem no canal não é clara e deve ser melhor analisada.

A relação dos parâmetros analisados nos trabalhos revisados tende a ser padronizada, com medição das características das peças, do leito e algumas vezes da biota aquática. Sugere-se que outros fatores sejam abordados, como a riqueza de espécies da vegetação ripária, o tempo de permanência dos detritos no rio ou a eficiência de WD na renaturalização de rios degradados.

Sabe-se que o Brasil tem um grande potencial de análise dos WD, sendo que a gestão de bacias hidrográficas deveria incorporar este tema para criação de efetivas políticas públicas, e para isso a geração de manuais técnicos pelos órgãos ambientais é fundamental, em especial relacionado ao bioma Pampa.

REFERÊNCIAS

- ABBE, T.B.; MONTGOMERY, D.R. (2003). Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology*. Vol. 51, pp. 81–107.
- ATHA, J.B. (2014). Identification of Fluvial Wood Using Google Earth. *River Research and Applications*. Vol. 30, pp. 857–864.
- BAILLIE, B.R.; DAVIES, T.R. (2002). Influence of large woody debris on channel morphology in native forest and pine plantation streams in the Nelson region, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol. 36, pp. 763-774.
- BAILLIE, B.R.; GARRETT, L.G.; EVANSON, A.W. (2008). Spatial distribution and influence of large woody debris in an old-growth forest river system, New Zealand. *Forest Ecology and Management*. Vol. 256, pp. 20–27.
- BERTOLDI, W.; GURNELL, A.M.; WELBER, M. (2013). Wood recruitment and retention: The fate of eroded trees on a braided river explored using a combination of field and remotely-sensed data sources. *Geomorphology*. Vol. 180-181, pp. 146–155.
- BERTOLDI, W.; *et al.* (2015). Physical modelling of the combined effect of vegetation and wood on river morphology. *Geomorphology*. Vol. 246, pp. 178–187.
- BINDA, A.L.; LIMA, A.G. (2008). Morfologia e processos fluviais: o papel dos detritos lenhosos. *Boletim Goiano de Geografia*. Vol. 28, n. 2, pp. 59-74.
- BINDA, A.L.; FERNANDEZ, O.V.Q. (2010). Detritos lenhosos e sequência de soleiras e depressões no Rio Guabiroba, Guarapuava-PR. *Geografia*, Vol. 35, n. 2, pp. 411-422.
- BINDA, A.L.; FERNANDEZ, O.V.Q. (2011a). Acumulações de detritos lenhosos e mudanças na morfologia do canal fluvial no rio Guabiroba, Guarapuava (PR). *Geografia*. Vol. 20, n. 1, pp. 31-50.
- BINDA, A.L.; FERNANDEZ, O.V.Q. (2011b). Morfologia de leito e processos erosivo-depositacionais em áreas afetadas por acumulações de detritos lenhosos: Rio Guabiroba, Guarapuava/PR. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Vol. 12, n. 2, pp. 105-115.
- BOOTH, D.B.; MONTGOMERY, D.R.; BETHEL, J. (1996). Large Woody Debris in Urban Streams of the Pacific Northwest. In: Engineering Foundation Conference, Utah, *Proceedings*, 1996, pp. 178-197.
- CHEN S.; CHAO, Y.; CHAN, H. (2013). Typhoon-dominated Influence on Woody Debris Distribution and Transportation in a High Gradient Headwater Catchment. *Journal of Mountain Science*. Vol. 10, n. 4, pp. 509–521.
- DIAS, W.A.; THOMAZ, E.L. (2011). Influência de escombros lenhosos na dinâmica de riachos em área de faxinal. *Terr@Plural*. Vol. 5, n. 2, pp. 229-248.
- DE PAULA, F.R.; *et al.* (2011). Large Woody Debris Input and Its Influence on Channel Structure in Agricultural Lands of Southeast Brazil. *Environmental Management*. Vol. 48, pp. 750-763.

- FERNANDEZ, O.V.Q. (2004). O papel de grandes detritos lenhosos na morfologia e sedimentologia no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR). *Geografia*. Vol. 29, n. 2, pp. 229-240.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; *et al.* (2010). Simulações de morfologia fluvial e recuperação de habitats aquáticos em córregos da região oeste do Paraná. *Geografia*. Vol. 27, n. 3, pp. 81-95.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; BINDA, A.L. (2012). Classificação de detritos lenhosos acumulados em trechos do rio Guabirola, Guarapuava (PR). *Raega*. Vol. 24, pp. 258-271.
- KELLER, E.A.; SWANSON, F.J. (1979). Effects of Large Organic Material on Channel Form and Fluvial Processes. *Earth Surface Processes*. Vol. 4, pp. 361-380.
- FINEP. (2017). Financiadora de Estudos e Projetos. *Notícias*. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/5408-com-apoio-da-finep-projeto-revive-o-rio-mangarai-no-espírito-santo>> Acesso em: 18 maio 2017>
- KOBIYAMA, M.; GENZ, F.; MENDIONDO, E.M. (1998) Geo-Bio-Hidrologia. In: I Fórum Geo-Bio-Hidrologia: estudo em vertentes e microbacias hidrográficas (1: 1998: Curitiba) Curitiba: FUPEF, *Anais*, pp. 1-25.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C.W. (2008). *Recursos Hídricos e Saneamento*. Curitiba: Ed. Organic Trading, 160 p.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F. (2012) Relação entre desastres naturais e floresta. *Geonorte*. Vol. 1, n. 6, pp. 17-48.
- NAKAMURA, F.; SWANSON, F.J. (1993). Effects of Coarse Woody Debris on Morphology and Sediment Storage of a Mountain Stream System in Western Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 18, pp. 43-61.
- MAZZORANA, B.; *et al.* (2009). Hazard index maps for woody material recruitment and transport in alpine catchments. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol. 9, pp. 197-209.
- MONTGOMERY, D.R.; BUFFINGTON, J.M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. 109, n. 5, pp. 596-611.
- SCHUETT-HAMES, D.; PLEUS, A.E.; WARD, J.; FOX, M.; LIGHT, J. (1999). *TFW Monitoring Program method manual for the large wood debris survey*. Prepared for the Washington State Dept. of Natural Resources under the Timber, Fish, and Wildlife Agreement. 33 p.
- STUMPF, E.T.; *et al.* (2009). Características ornamentais de plantas do Bioma Pampa. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. Vol. 15, n. 1, pp. 49-62.
- U.S. BUREAU OF RECLAMATION; U.S. ARMY ENGINEER RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER. (2016). *National Large Wood Manual: Assessment, Planning, Design, and Maintenance of Large Wood in Fluvial Ecosystems: Restoring Process, Function, and Structure*. 628 p.