

## ACUMULAÇÕES DE DETRITOS LENHOSOS E MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DO CANAL FLUVIAL NO RIO GUABIROBA, GUARAPUAVA (PR)

*WOOD DEBRIS JAM AND CHANGES IN THE MORPHOLOGY OF THE GUABIROBA RIVER CHANNEL, GUARAPUAVA CITY (PARANÁ STATE, BRAZIL)*

**Andrey Luis Binda**

Geógrafo. Mestre em Geografia (UNIOESTE). Professor Assistente da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

**Oscar Vicente Quinonez Fernandez**

Geólogo. Doutor em Geociências e Meio Ambiente (UNESP). Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

---

**RESUMO:** Árvores, galhos e folhas caídos dentro de um canal fluvial podem tornar-se um significativo agente componente do processo sedimentar, sendo de ocorrência natural e freqüente em sistemas fluviais que cortam áreas florestadas. Toda essa carga de material de origem vegetal que se encontra dentro do canal é chamada de “dejetos lenhosos” e desempenham função chave na geomorfologia de canais. Os detritos lenhosos afetam os processos de erosão e de deposição que controlam a geometria do canal, alterando a morfologia do perfil transversal. A presente pesquisa teve por objetivo verificar a influência de acumulações de detritos lenhosos na morfologia do canal do rio Guabiroba, no município de Guarapuava, estado do Paraná. A influência dos detritos lenhosos sobre a morfologia do canal foi monitorada por meio da construção de perfis transversais, tanto à montante como à jusante de três acumulações. Ao término do período de monitoramento (dezembro/2007 a março/2009) foi observado que houve um predomínio de processos erosivos a montante das acumulações de detritos lenhosos e que a jusante dos mesmos houve um predomínio de sedimentação. Verificou-se, ainda, a estreita relação entre a precipitação pluvial e a ação dos detritos lenhosos na criação e manutenção de unidades soleira-depressão e seus reflexos nos processos erosivo-depositivos.

**Palavras-chave:** detritos lenhosos, geomorfologia de canais, processos de erosão e deposição.

**ABSTRACT:** *Trees, twigs and fallen levees inside of the channel form a significant component of the fluvial environment and natural occurrence in fluvial systems that cut forested areas. All this load of material of vegetal origin that if finds inside of the canal is called wood debris and plays function key in the geomorphology of channels. The wood debris affects the deposition and erosion processes that control the channel geometry, modifying the morphology of the cross-section. The present research has as objective to verify the influence of wood debris jam in the morphology of channel in the Guabiroba River, Guarapuava, Parana State. The influence of the wood debris on the morphology of the channel was monitored by construction of cross-section, being: the upstream and another downstream of each one of the three studied jams. To the ending of the measurement (December/2007 - March/2009) it was observed that, in general terms, the upstream cross-sections had presented erosion processes while deposition processes occurred in the downstream cross-sections. There was also the relationship between rainfall and wood debris in the creation and maintenance of riffle-pool sequences and erosive-depositional processes.*

**Keywords:** *wood debris, channel geomorphology, erosive and depositional processes.*

---

## INTRODUÇÃO

A dinâmica de transporte, deposição e erosão num canal fluvial é comandada pela distribuição da tensão de cisalhamento (*shear stress*) no leito e nas margens. Muitas variáveis, coletivamente denominadas de rugosidade, podem influenciar essa distribuição (LEOPOLD *et al.*, 1964). A rugosidade do canal exerce resistência ao fluxo e pode ser

atribuída a diversos elementos, como granulometria e formas do leito, vegetação subaquática e detritos lenhosos (DL) (*wood debris*). Estes últimos correspondem a troncos, galhos e folhas caídos dentro do canal (PIÉGAY & GURNELL, 1997) e de ocorrência natural em sistemas fluviais que cortam áreas florestadas (DOWNS & SIMON, 2001).

Os DL desempenham função chave na ecologia e na geomorfologia de canais (MARCUS *et al.*, 2002), podendo afetar os processos do canal em um amplo espectro: desde a rugosidade hidráulica, retenção e textura dos sedimentos do leito (BRUMMER *et al.*, 2006) até a criação de degraus/soleiras e de depressões, podendo também controlar o padrão do canal (MONTGOMERY & PIÉGAY, 2003) e a distribuição espacial das feições fluviais (DOWNS & SIMON, 2001). Também são fundamentais para a formação de *habitats* aquáticos e como fonte de alimento para peixes e outros animais (MARCUS *et al.*, 2002; LIMA & ZAKIA, 2004; WOOSTER & HILTON, 2004; MUTZ *et al.*, 2006; YOUNG *et al.*, 2006).

Na maioria dos canais fluviais naturais, os DL têm significativa influência sobre os processos erosivo-deposicionais, determinando a geometria do leito e do perfil transversal, a sinuosidade e as formas de fundo de vale (MUTZ *et al.*, 2006). Assim, uma vez dentro de canais, os detritos podem afetar os processos de erosão e de deposição que localmente controlam a geometria do canal (KELLER & SWANSON, 1979).

O desvio do fluxo fluvial e a migração do canal podem ocorrer mais freqüentemente em canais com grande abundância de DL do que naqueles onde eles são escassos. O processo de migração do canal ocorre devido à intensa sedimentação a montante da obstrução, forçando com que o canal migre lateralmente (BRUMMER *et al.*, 2006) ou quando as acumulações fluxo-defletoras (*flow deflection jam*) na classificação de Abbe & Montgomery (2003) direcionam o fluxo contra uma margem (O'CONNOR *et al.*, 2003). Como decorrência da migração, pode ocorrer um aumento na taxa de aporte de sedimentos e de recrutamento de outros componentes, que passam a formar novas acumulações, mantendo o canal em processo contínuo de migração (THOMPSON, 1995; BENDA & SIAS, 2003; ABBE & MONTGOMERY, 2003; O'CONNOR *et al.*, 2003).

Acumulações de DL podem influenciar a largura do canal por promover localizada erosão e, conseqüentemente, alargamento do perfil transversal (ZIMMERMAN *et al.*, 1967; THOMPSON, 1995; MONTGOMERY *et al.*, 2003; LENZI *et al.*, 2006). Keller & Swanson (1979), estudando uma série de perfis transversais, registraram a migração em aproximadamente duas larguras do canal, decorrente de uma única árvore caída dentro do rio.

Zimmerman *et al.* (1967) mencionam que a vegetação influencia decisivamente a morfologia de pequenos canais, pois neles os pressupostos da geometria hidráulica, de aumento da largura e da profundidade do canal em relação à área de drenagem, não podem ser aplicados. Afirmam ainda que canais drenando áreas florestadas apresentavam maior variação de largura em relação aos canais sobre áreas de campo, pois a vegetação ripária fornece componentes de DL ao canal, promovendo a erosão e o conseqüente alargamento, tendo importante reflexo na morfologia do perfil transversal.

Diante do contexto percebe-se que acumulações de DL podem causar alargamento ou estreitamento, escavação ou sedimentação, estabilidade ou instabilidade em diferentes pontos ao longo do leito e das margens do canal fluvial (SWANSON *et al.*, 1976). Segundo Gurnell *et al.* (2002), em muitas circunstâncias, esses elementos podem proteger estruturas sedimentares, mas, em outros casos, podem acelerar a erosão. Assim, a presente pesquisa teve por objetivo verificar a influência de acumulações de DL na morfologia de canal no rio Guabiroba, mediante o monitoramento de perfis transversais.

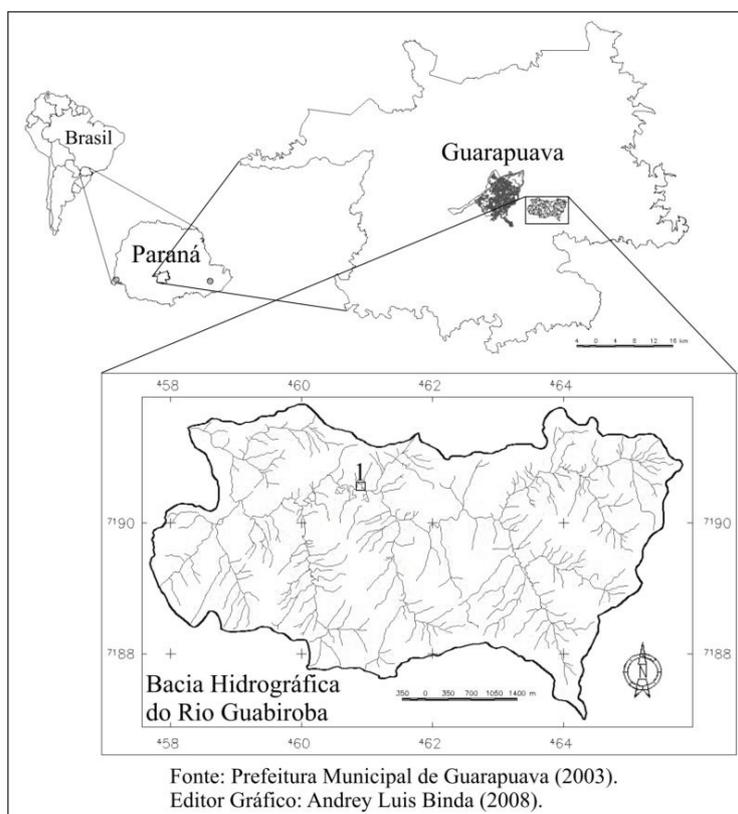
## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Guabiroba está localizada no município de Guarapuava, mesorregião centro-sul do estado do Paraná (**figura 1**). A área da bacia é de aproximadamente 23,875 km<sup>2</sup> e o canal principal apresenta 10,364 km de extensão, da sua nascente até a foz no rio das Pedras (sistema do rio Jordão-Iguaçu). O rio Guabiroba é caracterizado por apresentar leito misto, com trechos rochosos intercalados por segmentos com cobertura aluvial (LIMA & BINDA, 2008).

A bacia é esculpida na Unidade Básica Inferior da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), caracterizada por rochas de natureza básico-intermediárias, normalmente basaltos toleíticos, de granulação muito fina a média, hipocristalinos, de coloração cinza escura a negra, maciços ou vesiculares/amigdalóides e acamamento ígneo mal desenvolvido (NARDY *et al.*, 2002). Segundo Lima (1999) são encontrados ao longo do curso fluvial, depósitos aluvionares inconsolidados associados a trechos com baixa declividade, que permite o desenvolvimento de estreitas planícies de inundação interdigitadas lateralmente com depósitos coluvionares.

O município de Guarapuava, de acordo com Maack (1981), pertence à zona de clima quente temperado subtropical fresco até frio no inverno. Segundo a classificação de Koeppen, é caracterizado como Cfb - zona temperada, sempre úmida com mais de cinco geadas por ano (MAACK, 1981). A pluviosidade média anual para o período 1954-2006 é de 1821,41 mm. Quanto à distribuição das chuvas ao longo do ano, destacam-se os meses de

janeiro (192 mm) e outubro (185 mm) como os mais chuvosos, e os meses menos chuvosos são: abril (129,2 mm) e agosto (99,5 mm) (BINDA, 2009b).



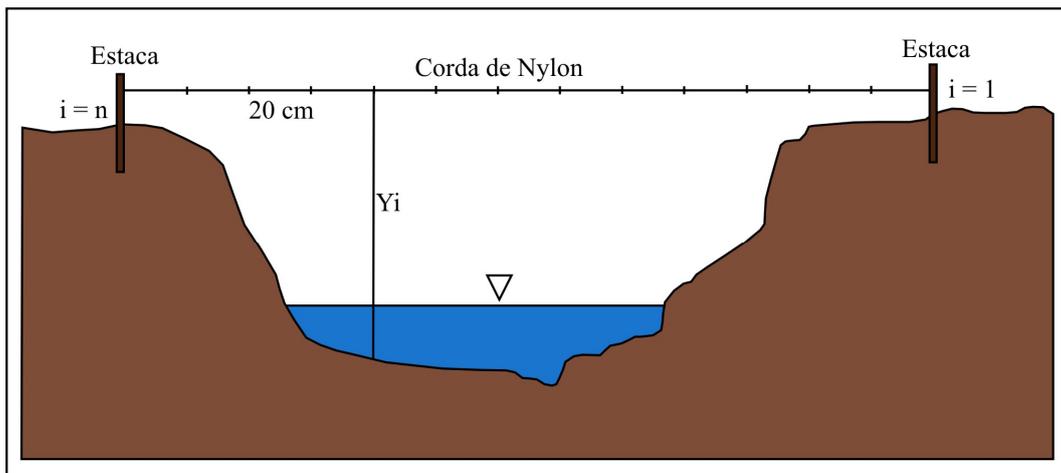
**Figura 1** - Mapa de localização da bacia do rio Guabiroba, Guarapuava (PR) destacando-se a área estudada.

No que tange à tipologia da vegetal destacam-se no município os campos limpos (Estepe-gramíneo-lenhosa), capões e matas de galeria associadas às florestas de araucárias (Floresta Ombrófila Mista) (MAACK, 1981). Para Behling & Pillar (2006) essa é uma característica do sul do Brasil, onde é possível verificar um mosaico formado por campos e florestas de araucária. Na bacia do rio Guabiroba, 14,8% da área é ocupada por florestas, enquanto 59,5% corresponde a capoeiras, 18% a pastagens e o restante é vinculado a diferentes usos (LEITÃO, 1995 *apud* LIMA, 1999).

## MATERIAIS E MÉTODO

Para avaliar a influência dos DL na morfologia do canal, optou-se pela elaboração de perfis transversais, sendo um a montante e outro a jusante de cada uma das três acumulações estudadas.

Os perfis transversais foram montados com a fixação de uma estaca em cada margem do canal, com a finalidade de se delimitar os extremos de cada seção (FERNANDEZ *et al.*, 2001). As estacas foram niveladas (a partir do marco instalado na seção) com o auxílio de um nível de mangueira e uma corda de *nylon* graduada em intervalos de 20 cm, sendo marcados os pontos onde a corda encontrava-se totalmente esticada, servindo como referência para coleta das profundidades. Com o auxílio de uma régua, foi possível medir as distâncias entre a corda de *nylon* e o leito do canal, conforme metodologia descrita por Olson-Rutz & Marlow (1992) (**figura 2**).



**Figura 2** - Levantamento do perfil transversal. Fonte: Binda (2009a).

A partir dos dados levantados em campo foram confeccionados os perfis transversais utilizando-se de planilha eletrônica (*software Office Excel, 2003 da Microsoft Corporation*). Esses dados também foram plotados, utilizando-se do *software Grapher* versão demonstração 7.2.2127 da *Golden Software Corporation*, para a realização do cálculo da área da seção do canal. Com os dados dos cinco levantamentos de campo, procedeu-se à aplicação dos parâmetros estatísticos propostos por Olson-Rutz & Marlow (1992):

- 1) Índice de forma do canal (F): calculado pela seguinte equação:

$$F = \frac{W_{mp}}{D_{mp}} \quad (1)$$

Em que:

$W_{mp}$  = largura do canal em nível de margens plenas e;

$D_{mp}$  = profundidade média do canal.

Os canais com um alto valor de F são rasos e largos, enquanto aqueles com um baixo valor de F são estreitos e profundos (FERNANDEZ *et al.*, 2001). Para Olson-Rutz & Marlow (1992), a diferença obtida pela comparação entre dois levantamentos consecutivos ( $\Delta F = F_{ant} - F_{pos}$ ) indica a tendência erosiva (valores negativos) ou deposicional (valores positivos).

2) Variação residual da área da seção transversal ( $\Delta A\%$ ): este índice foi calculado pela equação (2).

$$\Delta A\% = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{ant} - Y_i^{post})}{\sum_{i=1}^n Y_i^{ant}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$Y_i$  = profundidade do canal medida no i-ésimo ponto ao longo da seção;

n = número total de leituras de profundidade;

$Y_i^{ant}$  e  $Y_i^{post}$  = representam os levantamentos anterior e posterior.

Segundo Olson-Rutz & Marlow (1992) esse parâmetro indica o processo predominante (erosão quando  $\Delta A\%$  é negativo e deposição quando  $\Delta A\%$  é positivo).

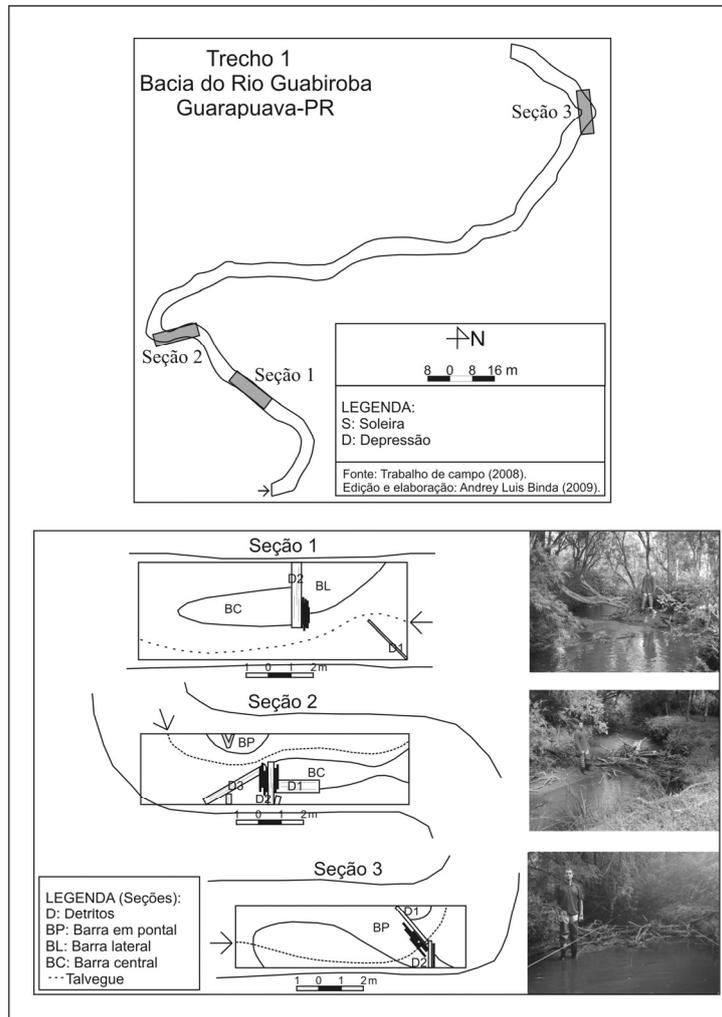
### Descrição dos Trechos Estudados

O trecho em estudo (**figura 1**) localiza-se há 4,9 km da foz do rio Guabiroba e tem aproximadamente 350 metros de extensão. O índice de sinuosidade é de 1,9 e a declividade da lâmina d'água é de 0,0027 m/m (**figura 3**). Neste trecho, o canal desenvolve cinco inflexões com angularidade próxima a 90°, e os principais habitats aquáticos tem íntima relação com a feição morfológica do canal, sendo representados por seqüências de soleira-depressão. Binda & Fernandez (2010) mencionam ainda, que ocorre ao longo deste trecho soleiras e depressões forçadas por acumulações de DL.

No presente trabalho foram monitorados perfis transversais em três seções contendo acumulações de DL arranjadas distintamente, tendo sido instalados dois perfis transversais nas proximidades das acumulações (aproximadamente 2 metros), sendo um situado a montante e outro a jusante, de modo a permitir verificar a influência dos DL na morfologia do canal.

A seção 1 ocorre sobre uma soleira, onde um grande detrito autóctone, com aproximadamente 0,86 metro de perímetro, prolonga-se transversalmente, ultrapassando o

nível de margens plenas, estando em contato com o leito por cerca de 2 metros da margem direita ao centro do canal (**figura 3**).



**Figura 3** - Croquis e seções esquemáticas (vista para jusante) dos locais monitorados.

A seção 2 encontra-se entre duas inflexões, em ambiente formado por depressão na margem côncava associada à barra em pontal na margem convexa. É formada por quatro membros-chave, sendo dois deles cepos de árvores que caíram e foram posteriormente removidas pelos proprietários da área. Dois membros-chave são os principais formadores da acumulação, sendo um de aproximadamente 3 metros de comprimento e perímetro de 1,10 metros, orientado paralelamente ao canal, e outro formado por detrito autóctone de 2 metros de comprimento e 0,55 metros de perímetro, situado transversalmente ao canal (**figura 3**).

A seção 3 está localizada em ponto de inflexão, em sistema formado por associação de depressão na margem côncava e sedimentação de barras em pontal na margem convexa. A acumulação é formada por vários pequenos DL, sendo os membros-chave formados por dois troncos, um aderido à margem esquerda com 1 metro de comprimento e 0,43 metro de perímetro e outro com 2 metros de comprimento e perímetro de 0,50 metro. Ambos estão orientados transversalmente ao canal (**figura 3**).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de monitoramento foram realizadas cinco campanhas (17/12/2007, 17/03/2008, 08/06/2008, 14/11/2008 e 13/03/2009) registrando-se a precipitação acumulada de 1457,8 mm. A distribuição das chuvas apresentou-se variável, com os maiores índices observados no período entre a terceira e a quarta campanha. Assim constatou-se uma relação tempo e a precipitação, já que os valores das demais campanhas encontraram-se entre 2,65 e 2,74 enquanto que no período com maior registro de precipitação acumulada (577,5 mm) a relação obtida foi de 4,48 (**quadro 1**).

Campanhas	Período	Precipitação acumulada P (em mm)	Chuva máxima 24 horas (mm)	Tempo transcorrido T (em dias)	Dias com chuva	Relação P/T
1 <sup>a</sup> – 2 <sup>a</sup>	18/12/2007 a 17/03/2008	246,0	28,0	91	27	2,70
2 <sup>a</sup> – 3 <sup>a</sup>	18/03/2008 a 8/7/2008	300,0	30,0	113	28	2,65
3 <sup>a</sup> – 4 <sup>a</sup>	09/07/2008 a 14/11/2008	577,5	65,0	129	35	4,48
4 <sup>a</sup> – 5 <sup>a</sup>	17/11/2008 a 14/03/2009	334,3	26,0	122	42	2,74
<b>TOTAL</b>	-	<b>1457,8</b>	-	<b>455</b>	<b>132</b>	<b>3,20</b>

**Quadro 1** - Caracterização pluviométrica entre as campanhas de campo. Fonte: Binda (2009a).

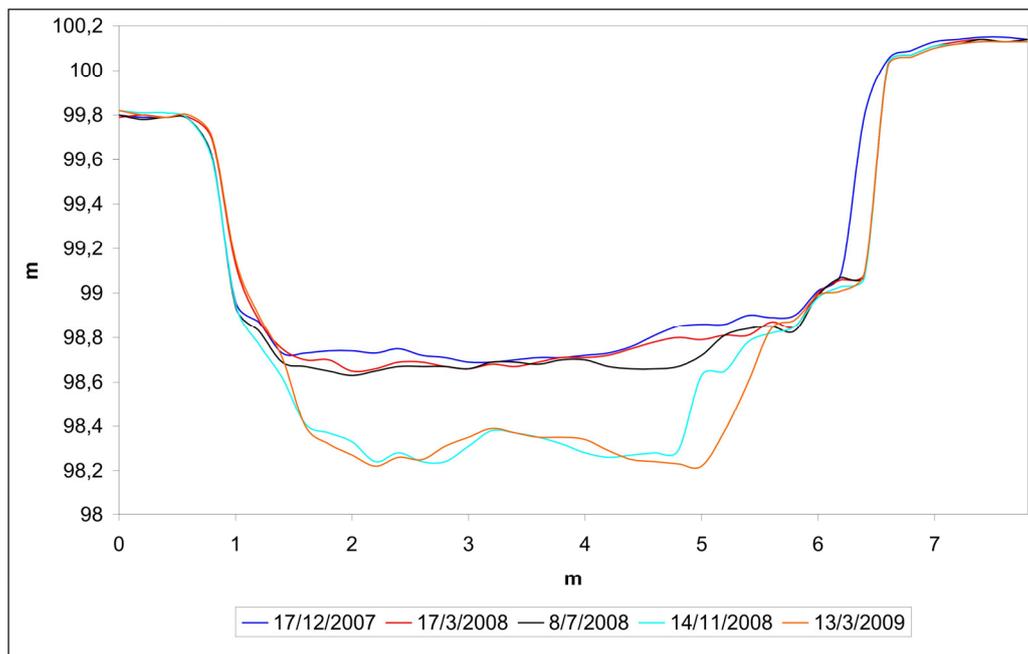
O período entre a terceira e a quarta campanha coincidiu com a ocorrência dos maiores valores diários de precipitação, alcançando o máximo de 65 mm no intervalo de 24

horas e acumulado em 122 mm em dois dias. Nas demais campanhas, as chuvas máximas, em 24 horas, alcançaram 30 mm (**quadro 1**).

### Mudanças da Morfologia do Canal em Torno das Acumulações de Detritos Lenhosos

Durante as campanhas, observou-se que, na seção 1, os processos foram semelhantes, inclusive na efetividade, com exceção no período entre a terceira e a quarta campanha, quando o perfil a montante apresentou intenso processo de erosão do leito, enquanto no perfil jusante ocorreu o oposto, ou seja, a deposição.

Nesta seção, o perfil transversal situado a montante da acumulação de DL apresentou, durante o período monitorado, a intensificação de processos erosivos, que culminaram na escavação do leito, bem como no alargamento do canal, por meio do solapamento da margem direita (**figura 4**). Esse processo conduziu, ao final do monitoramento, ao aumento da área da seção em 1,883 m<sup>2</sup> e diminuição do índice de forma em 1,418. O valor final de  $\Delta A\%$  atingiu -21,794 (**quadro 2**).



**Figura 4** - Variações na morfologia do canal no perfil a montante da seção 1. Fonte: Binda (2009a).

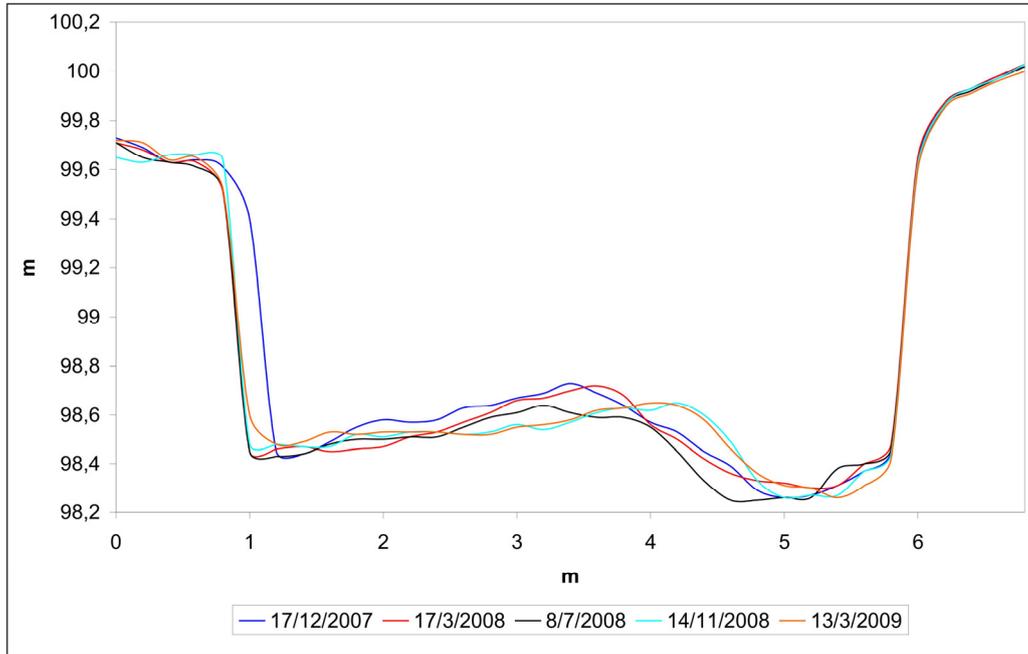
No perfil transversal a jusante da acumulação, os processos de erosão do canal verificados entre as três primeiras campanhas foram parcialmente atenuados pela sedimentação nas duas campanhas subseqüentes. De fato, as maiores alterações na morfologia foi o deslocamento da barra central em direção à margem direita, além do

solapamento da margem esquerda (**figura 5**). Entretanto, quando se comparam os resultados da primeira e da quinta campanha, nota-se o aumento da área da seção em 0,265 m<sup>2</sup> e redução do índice de forma em 0,180. Isto é resultado da predominância de processos de erosão refletido no valor de  $\Delta A\% = -3,279$  (**quadro 2**).

Setor	Campanha	Data	Área da seção (m <sup>2</sup> )	F (w/d)	$\Delta A\%$	Processo predominante
<b>Montante</b>	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	8,160	7,604	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	8,437	7,355	-3,388	Erosão
	Diferença	-----	-0,277	0,249	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	8,646	7,179	-2,452	Erosão
	Diferença	-----	-0,209	0,176	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	14/11/2008	9,973	6,229	-15,255	Erosão
	Diferença	-----	-1,327	0,950	-----	-----
	5 <sup>a</sup>	13/03/2009	10,043	6,186	-0,699	Erosão
	Diferença	-----	-0,070	0,043	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>-1,883</b>	<b>1,418</b>	<b>-21,794</b>	<b>Erosão</b>
<b>Jusante</b>	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	8,243	5,746	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	8,516	5,562	-3,308	Erosão
	Diferença	-----	-0,273	0,184	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	8,699	5,445	-2,150	Erosão
	Diferença	-----	-0,183	0,117	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	14/11/2008	8,532	5,548	1,853	Deposição
	Diferença	-----	0,167	-0,103	-----	-----
	5 <sup>a</sup>	13/03/2009	8,508	5,566	0,326	Deposição
	Diferença	-----	0,024	-0,018	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>-0,265</b>	<b>0,180</b>	<b>-3,279</b>	<b>Erosão</b>

**Quadro 2** - Quantificação dos processos erosivos e deposicionais em perfis transversais da seção 1. Fonte: Binda (2009a).

Nos perfis transversais da seção 2, os processos de erosão e de sedimentação ocorreram simultaneamente e, de modo divergente, ou seja, os processos de erosão no perfil transversal de montante foram concomitantes com a sedimentação no perfil de jusante e vice-versa, exceto entre a quarta e a quinta campanha, quando se verificou a deposição de sedimentos em ambos os perfis. Assim, a área da seção transversal dos perfis apresentou variações (ora aumentando, ora reduzindo), juntamente com os valores relacionados com o índice de forma do canal.



**Figura 5** - Variações na morfologia do canal no perfil jusante da seção 1. Fonte: Binda (2009a).

Entretanto, quando são comparados os dados do primeiro e do último levantamento, reconhecem-se importantes diferenças entre os perfis monitorados. O perfil a montante apresentou predominância de erosão, com valores de  $\Delta A\% = -4,57$ ; os quais ocorreram, sobretudo, no leito próximo à margem direita do canal, embora possa ser notada a sedimentação e conseqüente elevação das cotas da barra em pontal da margem direita (**figura 6**). No geral, isso levou ao aumento da área da seção em  $0,332 \text{ m}^2$  e redução do índice de forma em  $0,273$  (**quadro 3**).

O perfil de jusante apresentou a ocorrência de sedimentação, com  $\Delta A\%$  de  $13,907$ , com importante reflexo na diminuição da área da seção em  $1,322 \text{ m}^2$  e aumento do índice de forma em  $0,858$ . Esse perfil apresentou as mudanças morfológicas mais significativas, que proporcionaram a destruição da barra central e intensa sedimentação na margem côncava, configurando-se num perfil típico de canais meandantes (**figura 7**). É interessante mencionar que antes da sedimentação, na margem esquerda entre a segunda e terceira campanha, ocorreu o solapamento nessa margem, em parte, devido ao direcionamento do fluxo pelos DL da acumulação (**quadro 3**).

Os perfis transversais da seção 3 apresentaram as maiores diversidades em termos quantitativos. Quando se comparam os dados do primeiro e do quinto levantamento, percebe-se nitidamente que os dois perfis se comportaram de modos diferentes.

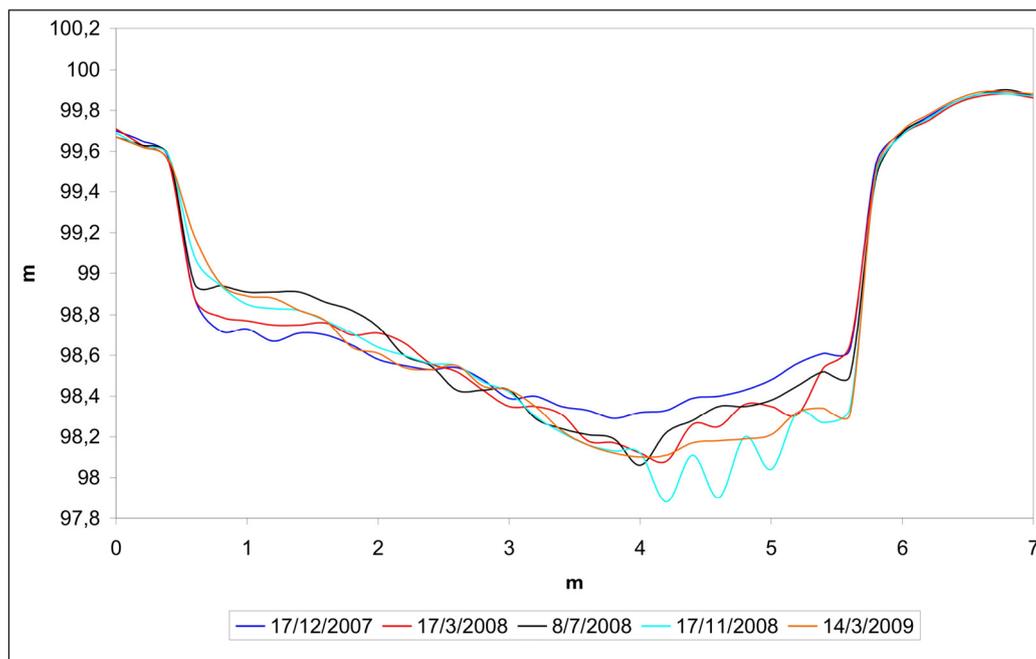
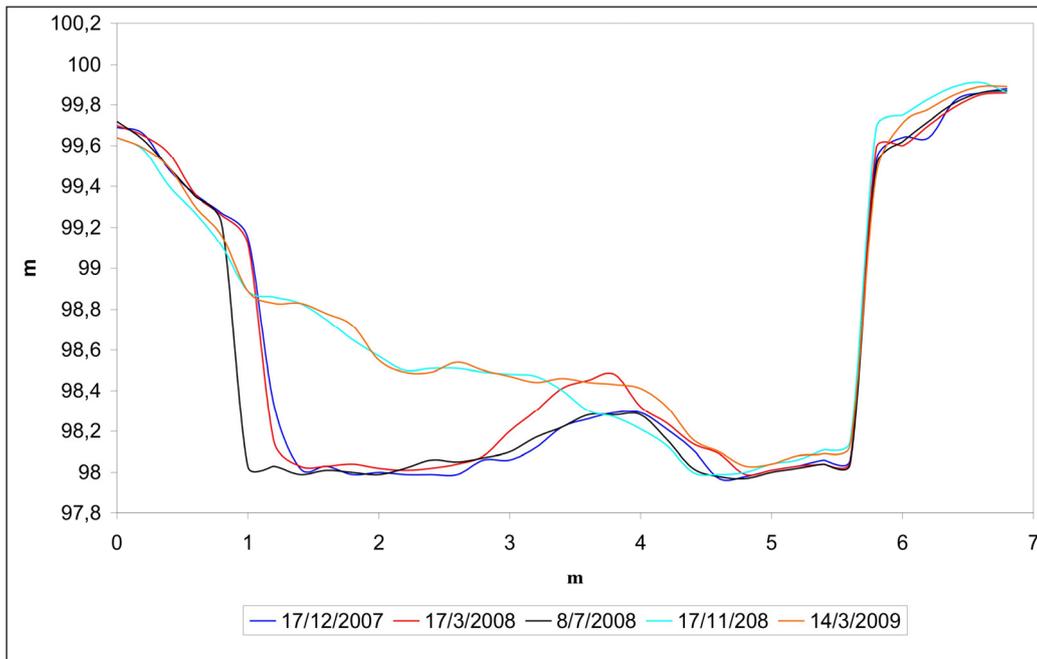


Figura 6 - Variações na morfologia do canal no perfil montante da seção 2. Fonte: Binda (2009a).

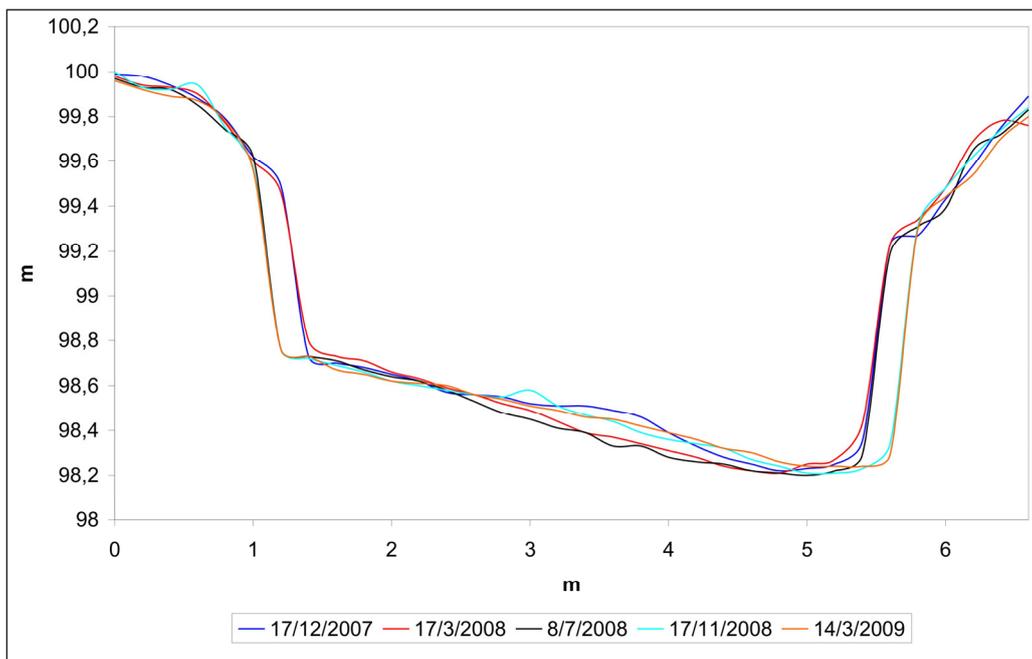
Setor	Campanha	Data	Área da seção (m <sup>2</sup> )	F (w/d)	ΔA%	Processo predominante
Montante	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	7,657	6,557	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	7,903	6,354	-3,201	Erosão
	Diferença	-----	-0,246	0,203	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	7,702	6,517	2,496	Deposição
	Diferença	-----	0,201	-0,163	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	17/11/2008	8,162	6,152	-5,922	Erosão
	Diferença	-----	-0,460	0,365	-----	-----
	5 <sup>a</sup>	14/03/2009	7,989	6,284	2,100	Deposição
	Diferença	-----	0,173	-0,132	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>-0,332</b>	<b>0,273</b>	<b>-4,57</b>	<b>Erosão</b>
Jusante	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	9,203	5,157	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	8,971	5,289	2,492	Deposição
	Diferença	-----	0,232	-0,132	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	9,496	4,999	-5,800	Erosão
	Diferença	-----	-0,525	0,290	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	17/11/2008	8,054	5,884	15,039	Deposição
	Diferença	-----	1,442	-0,885	-----	-----
	5 <sup>a</sup> Campanha	14/3/2009	7,881	6,015	2,176	Deposição
	Diferença	-----	0,173	-0,131	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>1,322</b>	<b>-0,858</b>	<b>13,907</b>	<b>Deposição</b>

Quadro 3 - Quantificação dos processos erosivos e deposicionais em perfis transversais da seção 2.

No perfil de montante, o valor de  $\Delta A\% = -5,346$  indica a ocorrência de erosão, que foi responsável pelo aumento na área da seção em  $0,432 \text{ m}^2$  e redução do índice de forma em  $0,280$  (**quadro 4**). De modo geral, esses processos erosivos ocorreram mediante o solapamento de ambas as margens, visto o fato de o leito ter permanecido quase sem grandes alterações ao longo do levantamento (**figura 8**).



**Figura 7** - Variações na morfologia do canal no perfil jusante da seção 2. Fonte: Binda (2009a).



**Figura 8** - Variações na morfologia do canal no perfil montante da seção 3. Fonte: Binda (2009a).

Por outro lado, o perfil de jusante apresentou singela deposição com valores de  $\Delta A\%$  igual a 0,366. Isso conduziu à redução da área da seção transversal em 0,072 m<sup>2</sup> e ao aumento do índice de forma em 0,049 (**quadro 4**). É importante salientar que nesse perfil ocorreu a intensificação dos processos erosivos nas três primeiras campanhas, que descaracterizaram a existência da barra em pontal, que após os eventos pluviométricos entre a terceira e quarta campanha, foi novamente reconstruída, atingindo cotas superiores daquelas mensuradas na primeira Campanha (**figura 9**).

Setor	Campanha	Data	Área da seção (m <sup>2</sup> )	F (w/d)	$\Delta A\%$	Processo predominante
Montante	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	8,174	5,464	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	8,238	5,412	-0,950	Erosão
	Diferença	-----	-0,064	0,052	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	8,568	5,209	-3,907	Erosão
	Diferença	-----	-0,330	0,203	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	17/11/2008	8,558	5,217	0,162	Deposição
	Diferença	-----	0,010	-0,008	-----	-----
	5 <sup>a</sup>	14/03/2009	8,606	5,184	-0,651	Erosão
	Diferença	-----	-0,048	0,033	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>-0,432</b>	<b>0,280</b>	<b>-5,346</b>	<b>Erosão</b>
Jusante	1 <sup>a</sup>	17/12/2007	9,706	6,409	-----	-----
	2 <sup>a</sup>	17/03/2008	10,343	6,016	-6,532	Erosão
	Diferença	-----	-0,637	0,393	-----	-----
	3 <sup>a</sup>	08/07/2008	10,152	6,128	1,832	Deposição
	Diferença	-----	0,191	-0,112	-----	-----
	4 <sup>a</sup>	17/11/2008	9,565	6,504	5,775	Deposição
	Diferença	-----	0,587	-0,376	-----	-----
	5 <sup>a</sup>	14/03/2009	9,634	6,458	-0,709	Erosão
	Diferença	-----	-0,069	0,046	-----	-----
	<b>TOTAL</b>	<b>1<sup>a</sup> – 5<sup>a</sup> Campanha</b>	<b>0,072</b>	<b>-0,049</b>	<b>0,366</b>	<b>Deposição</b>

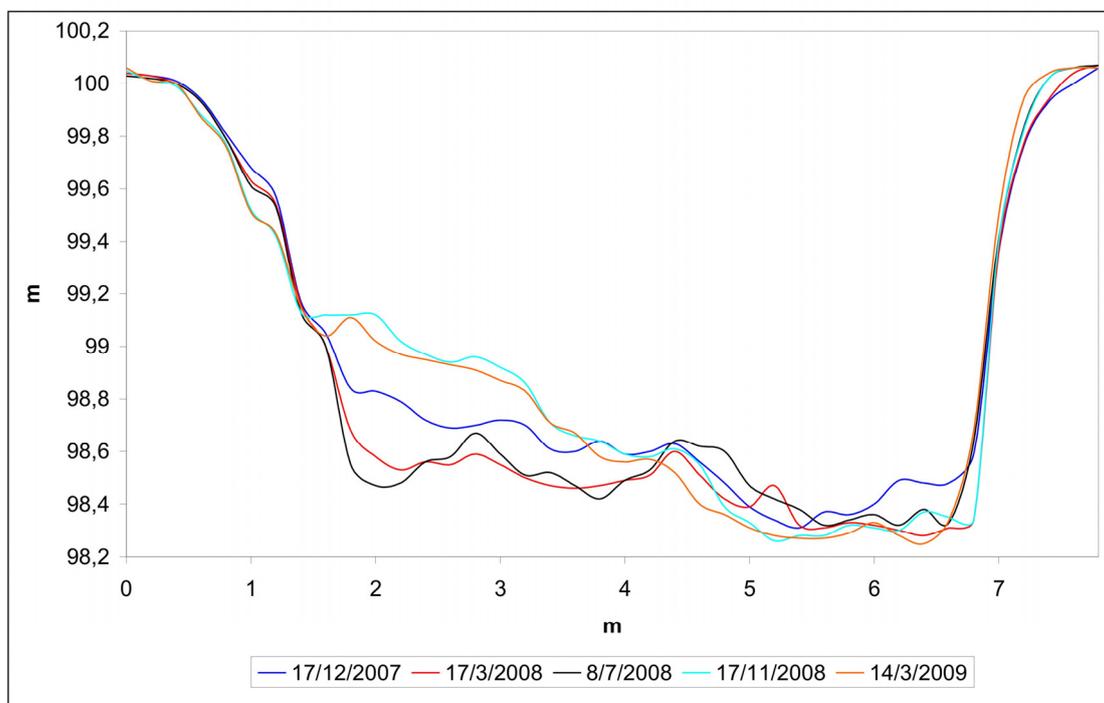
**Quadro 4** - Quantificação dos processos erosivos e deposicionais em perfis transversais da seção 3.

Ao longo da pesquisa foi possível correlacionar a evolução dos perfis transversais com o regime pluviométrico. Pode-se perceber que as maiores taxas de erosão quantificadas no perfil à montante das seções 1 e 2 e as mais altas taxas de deposição dos demais perfis ocorreram num período chuvoso entre a terceira e quarta campanhas. Dessa

forma, pode ser constatada a correlação positiva entre as taxas elevadas de alteração do canal com a pluviosidade (**figura 10**).

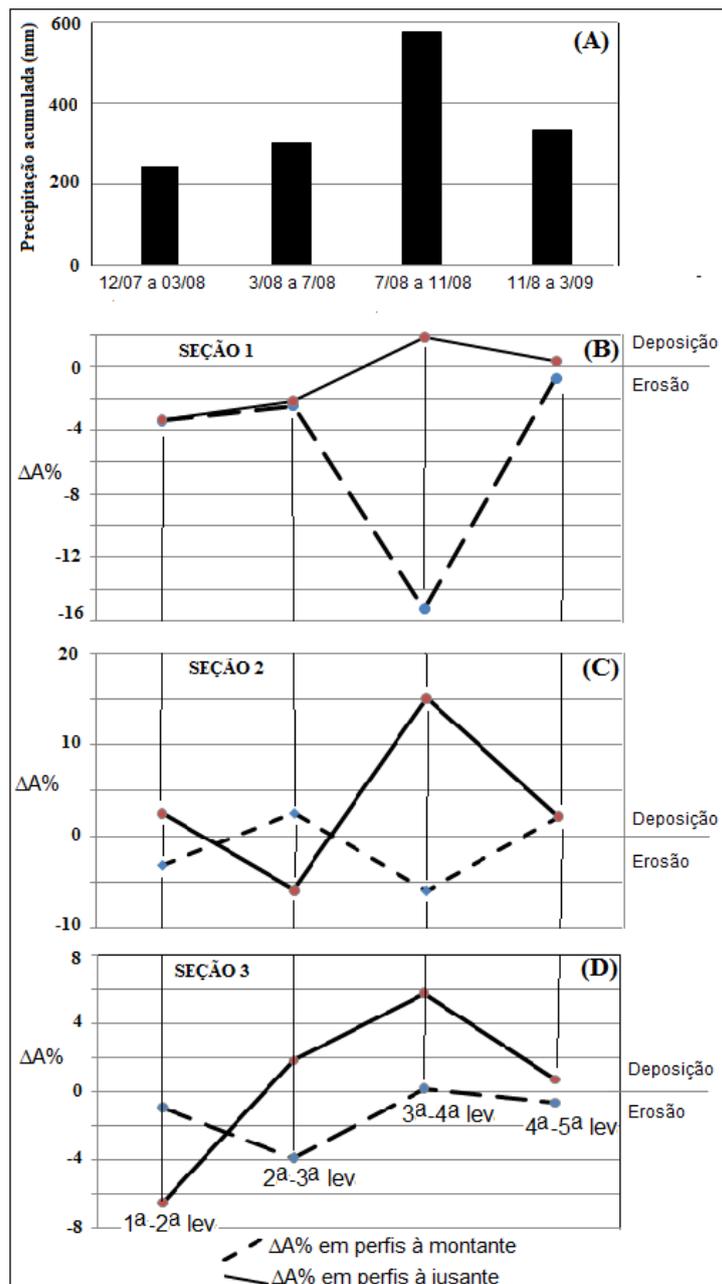
Isso ocorreu porque entre a terceira e a quarta campanha foi registrado o maior total de chuva acumulada, atingindo 577,5 mm, com acumulado de 122 mm em dois dias, responsável pela ocorrência de vazão máxima acima do nível de margens plenas (*bankfull discharge*). Leopold *et al.* (1964) e Baker & Kale (1998) mencionam a efetividade desse tipo de vazão na esculturação de canais de fundo sedimentar e rochosos. Em parte isso pode explicar a ocorrência dos eventos extremos de erosão e de deposição durante esse período.

Outro ponto a ser considerado é que a resistência ao fluxo, originada por acumulações de DL, tende a diminuir em função do aumento da descarga, quando esses elementos se tornam pequenos em relação à profundidade (FARIA, 2000; CURRAN & WOHL, 2003; FAUSTINI & JONES, 2003). Assim, a influência de acumulações de DL, nos processos erosivo-deposicionais de canais fluviais, tende a ser maior frente às vazões, em que a cota da lâmina de água não se encontre muito acima da altura das acumulações. Isso foi perceptível quando se verificaram a diversidade da magnitude e dos processos (**figura 10**) que ocorreram em outras campanhas, sobretudo aquelas que antecederam a quarta Campanha.



**Figura 9** - Variações na morfologia do canal no perfil jusante da seção 3. Fonte: Binda (2009a).

Assim, durante vazões extremas, tal como entre a terceira e a quarta campanha, os processos de erosão e, sobretudo, de deposição foram responsáveis pela esculturação do canal não por influência das acumulações, mas, sim, quanto à morfologia do canal. Isso permitiu a reconstrução das barras em pontal, outrora erodidas pelo redirecionamento do fluxo promovido pelas acumulações de DL. Isso vem reforçar a noção de complementaridade entre diferentes vazões, no trabalho de esculturação de canais, sobretudo de canais mistos (de fundo aluvial-rochoso) (HARTSHORN *et al.*, 2002; LAGUE *et al.*, 2005).



**Figura 10** - Precipitação acumulada (A) e a variação de  $\Delta A\%$  nos perfis à montante e jusante das seções monitoradas (B a D).

É importante notar que no período entre a quarta e a quinta campanha o total precipitado foi muito próximo daqueles encontrados nas primeiras campanhas (**figura 10**). Entretanto, a diferença entre os valores da variação residual da área da seção transversal foram muito baixos, quando comparados os perfis de montante e de jusante de cada seção. Isso pode representar que, como o canal havia sido remodelado durante a quarta campanha, a partir da morfologia do canal, as seções tornaram-se mais estáveis e, por isso, a pequena diferença nos valores quantificados.

Vale mencionar que processos erosivos e deposicionais permitem uma ampliação ou criação de novos *habitats* aquáticos, sobretudo, na construção de soleiras e depressões. Binda & Fernandez (2010) avaliaram a influência de acumulações de DL na mesma área do presente estudo e apontam que na proximidade de acumulações a diversidade de profundidades é grande (devido aos processos erosivo-deposicionais), permitindo a existência de seqüências de soleiras e depressões em distâncias muito menores daquelas construídas exclusivamente pela variação temporal da tensão de cisalhamento.

## CONCLUSÕES

1. Houve correlação positiva entre a evolução dos perfis transversais com o regime pluviométrico;
2. Há predomínio dos processos erosivos a montante e de deposição a jusante das acumulações de detritos lenhosos (DL);
3. Os detritos lenhosos (DL) desempenham papel de criação e manutenção de unidades soleira-depressão, variação nos processos erosivo-deposicionais e na relação com a precipitação;
4. A esculturação de canais afetados pela presença de detritos lenhosos (DL) depende principalmente da existência de uma acumulação suficientemente grande, de modo a alterar a rugosidade do canal e dos fortes fluxos que permitam remobilizar o material de leito. A rugosidade provocada pela presença dos troncos, por sua vez, permite que sejam criados zonas com tensão de cisalhamento que ensejam processos erosivos ou deposicionais em diferentes partes do canal.

## REFERÊNCIAS

ABBE, T. B.; MONTGOMERY, D. R. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. **Geomorphology**, n. 51, 2003.

- BAKER, V. R.; KALE, V. S. The role of extreme floods in shaping bedrock channels. *In*: TINKLER, K. J.; WOHL, E. E. **Rivers over rock: fluvial processes in bedrock channels**. Washington: American Geophysical Union, 1998.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 362, 2006.
- BENDA, L. E.; SIAS, J. C. A quantitative framework for evaluating the mass balance of in-stream organic debris. **Forest Ecology and Management**, n. 172, 2003.
- BINDA, A. L. **A influência de detritos lenhosos na morfologia de leito e canal no rio Guabirola, Guarapuava (PR)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), 121 p. Francisco Beltrão: PPGG/UNIOESTE, 2009a.
- BINDA, A. L. Regime pluviométrico e vazões extremas no rio das Pedras, Guarapuava (PR). *In*: Simpósio Paranaense de Pós-graduação em Geografia, 4, Marechal Cândido Rondon, 2009. **Anais...** Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2009b.
- BINDA, A. L.; FERNANDEZ, O. V. Q. Detritos lenhosos e seqüência de soleiras e depressões no rio Guabirola, Guarapuava (PR). **Geografia**, v. 35, n. 2, 2010.
- BRUMMER, C. J.; ABBE, T. B.; SAMPSON, J. R.; MONTGOMERY, D. R. Influence of vertical channel change associated with wood accumulations on delineating channel migration zones, Washington, USA. **Geomorphology**, n. 80, 2006.
- CURRAN, J. H.; WOHL, E. E. Large woody debris and flow resistance in step-pool channels, Cascade Range, Washington. **Geomorphology**, n. 51, 2003.
- DOWNS, P. W.; SIMON, A. Fluvial geomorphological analysis of the recruitment of large woody debris in the Yalobusha river network, Central Mississippi, USA. **Geomorphology**, n. 37, p. 65-91, 2001.
- FARIA, A. P. Influência da vegetação nos processos fluviais de bacias de primeira ordem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 50-68, 2000.
- FAUSTINI, J. M.; JONES, J. A. Influence of large woody debris on channel morphology and dynamics in steep, boulder-rich mountain streams, Western Cascades, Oregon. **Geomorphology**, n. 51, p. 187-205, 2003.
- FERNANDEZ, O. V. Q.; REBELATTO, G. E.; SANDER, C. Análise quantitativa de seções transversais em pequenos canais fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, 2001.
- GURNELL, A. M.; PIÉGAY, H.; SWANSON, F. J.; GREGORY, S. V. Large wood and fluvial processes. **Freshwater Biology**, n. 47, p. 601-619, 2002.
- HARTSHORN, K.; HOVIUS, N.; DADE, W. B.; SLINGERLAND, R. L. Climate-driven bedrock incision in an active mountain belt. **Science**, 297, p. 2036-2038, 2002.
- KELLER, E. A.; SWANSON, F. J. Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. **Earth Surface Processes**, v. 4, p. 361-380, 1979.
- LAGUE, D.; HOVIUS, N.; DAVY, P. Discharge, discharge variability, and the bedrock channel profile. **JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH**, v. 110, 2005. URL: <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2005/2004JF000259.shtml>>
- LENZI, M. A.; COMITI, F.; MAO, L.; ANDREOLI, A.; PECORARI, E.; RIGON, E. **El control de detritos leñosos y el manejo de la vegetación en el cauce**. Padova: Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali/Università degli Studi di Padova, 2006.
- LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: Freeman and Co. 1964. 522 p.

- LIMA, A. G. **Avaliação do controle geológico-estrutural no comportamento da rede de drenagem do rio das Pedras, Guarapuava (PR)**. Dissertação (Mestrado em Geociências), p.142. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1999.
- LIMA, A. G.; BINDA, A. L. Vazão de margens plenas em canal misto rochoso-aluvial: um teste preliminar de equações empíricas. *In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO)*, 7, e Encontro Latino-americano de Geomorfologia, 2. Belo Horizonte, 2008. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 2008 (CD-ROM).
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. *In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2ª ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2ª ed. Curitiba: José Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981. 450 p.
- MARCUS, W. A.; MARSTON, R. A.; COLVARD JÚNIOR, C. R.; GRAY, R. D. Mapping the spatial and temporal distributions of woody debris in streams of the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. **Geomorphology**, n. 44, p. 323-335, 2002.
- MONTGOMERY, D. R.; PIÉGAY, H. Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. **Geomorphology**, n. 51, p. 1-5, 2003.
- MUTZ, M.; PIÉGAY, H.; GREGORY, K. J.; BORCHARDT, D.; REICH, M.; SCHMIEDER, K. Perception and evaluation of dead wood in streams and rivers by German students. **Limnologica**, n. 36, p.110-118, 2006.
- NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; BETANCOURT, R. H. S.; VERDUGO, D. R. H.; MACHADO, F. B. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências (São Paulo)**. São Paulo, v. 21. n. 1/2, p. 13-30, 2002.
- O'CONNOR, J. E.; JONES, M. A.; HALUSKA, T. L. Flood plain and channel dynamics of Quinault and Queets rivers, Washington (USA). **Geomorphology**, n. 51, p. 31-59, 2003.
- OLSON-RUTZ, K. M.; MARLOW, C. B. Analysis and interpretation of stream channel cross-sectional data. **North American Journal of Fisheries Management**. v. 12, p. 55-61, 1992.
- PIÉGAY, H.; GURNELL, A. M. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France e S. England. **Geomorphology**, n. 19, p. 99-116, 1997.
- SWANSON, F. J.; LIENKAEMPER, G. W.; SEDELL, J. R. **History, physical effects, and management implications of large organic debris in Western Oregon Streams**. Portland: USDA Forest Service General Technical Report, 1976. 15 p.
- THOMPSON, D. M. The effects of large organic debris on sediment processes and stream morphology in Vermont. **Geomorphology**, n. 11, p. 235-244, 1995.
- WOOSTER, J.; HILTON, S. **Large woody debris volumes e accumulation rates in cleaned streams in Redwood Forest in Southern Humboldt County, Califórnia**. Oregon: USDA, Forest Services, Pacific Southwest Research Station, 2004. 14 p.
- YOUNG, M. K.; MACE, E. A.; ZIEGLER, E. T.; SUTHERLAND, E. K. Characterizing and contrasting instream and riparian coarse wood in western Montana basins. **Forest Ecology and Management**, n. 226, p. 26-40, 2006.
- ZIMMERMAN, R. C.; GOODLET, J. C.; COMER, G. H. The influence of vegetation on channel form of small streams. **International Association of Scientific Hydrology**, n. 75, p. 255-275, 1967.

**NOTA:**

O presente artigo é parte de dissertação de mestrado defendida por Binda (2009a) no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

**AGRADECIMENTOS:**

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na concessão de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), pela concessão dos dados de precipitação da bacia.

**COMO CITAR ESTE ARTIGO:**

BINDA, Andrey Luis; FERNANDEZ, Oscar Vicente Quinonez. Acumulações de detritos lenhosos e mudanças na morfologia do canal fluvial no rio Guabiroba, Guarapuava (PR). **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 31-50, jan./abr. 2011.

URL: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>>

**EDITOR DE SEÇÃO:**

Edison Archela

**TRAMITAÇÃO DO ARTIGO:**

✓ Recebido em 25/10/2010

✓ Aceito para publicação em 22/01/2012