

Discriminação de habitats aquáticos no Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR).

Oscar Vicente Quinonez Fernandez
(Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de
Marechal C. Rondon – Laboratório do Grupo Multidisciplinar de
Estudos Ambientais)

Resumo

Levantamentos morfológicos, hidráulicos e sedimentológicos foram executados no córrego Guavirá, município de Marechal Cândido Rondon (PR), objetivando definir critérios quantitativos para classificar corredeiras e depressões. As corredeiras constituem trechos de talwegues topograficamente elevados cobertos por seixo e granulo e as depressões compreendem trechos rebaixados do leito, capeados por areia e silte+argila. Os critérios adotados foram: oscilação da topografia do leito, comparação de variáveis geométricas e hidráulicas e características granulométricas dos sedimentos de fundo. A oscilação da topografia do leito foi estudada aplicando a técnica de regressão linear no perfil longitudinal, que classifica corretamente as depressões e corredeiras. Foi constatado que a reta de ajuste pode classificar erroneamente *habitats* com profundidades intermediárias. Esta deficiência da técnica foi compensada confrontando variáveis hidráulicas e geométricas, tais como número de Froude, profundidade do fluxo e razão velocidade/profundidade.

Abstract

The objective of the work was to applied quantitative criteria to classify riffles and pools. Morphologic, hydraulic and sedimentological surveys were executed in July of 2001, during a period of low flow, in the basin of the Guavirá stream, Marechal Cândido Rondon country, Paraná State, Brazil. The adopted criteria were: oscillation of the bed topography, comparison of geometric and hydraulic variables and bed sediment characteristics. The oscillation of the bed topography was studied applying the regression technique. Riffles correspond to zones of positive residuals and pools to zones of negative residuals from the regression equations. It was verified that the fitted regression line not was adequate to classify habitats with intermediate depths. This deficiency of the technique was compensated confronting hydraulic and geometric variables, such as Froude number, flow depth and velocity/depth ratio.

Palavras-chave seqüência corredeira-depressão; hábitat aquático; Sedimentologia

Key words *Riffle-pool sequence; aquatic habitat; Sedimentology*

fernandez@unioeste.br

Introdução

Os habitats aquáticos são formados por diferentes combinações de largura, profundidade e velocidade do fluxo, gerando ambientes com dimensões físicas e diferentes condições energéticas. As características físicas e hidráulicas empregadas para descrever cada habitat identificado são as seguintes: largura, profundidade e velocidade do fluxo, comprimento total do habitat, declividade da lâmina d'água e o número de Froude (FERNANDEZ e ARNDT, 2005).

O leito fluvial apresenta ondulações no perfil longitudinal, denominadas corredeiras (riffles) e depressões (pools), e constituem os habitats aquáticos mais representativos (Figura 1). Estas feições alternam-se em cursos fluviais com leito móvel caracterizados por gradiente do talvegue inferior a 0,05 m/m e sedimentos de fundo compostos por materiais grossos ($D_{50} > 3$ mm). Via de regra, as corredeiras são trechos do talvegue topograficamente elevados, localizados próximo do ponto de inflexão do meandro, apresentam fluxo convergente, materiais de fundo formados por sedimentos grossos e gradiente da linha d'água superior ao gradiente médio do trecho. Por sua vez, as depressões são trechos topograficamente rebaixados, situadas nas curvas, apresentam fluxo divergente, o material do leito é formado por sedimentos finos e o gradiente da linha d'água é inferior à média do trecho.

Figura 1 Diagrama idealizado mostrando o meandramento do canal fluvial numa perspectiva planimétrica (A) e ao longo do perfil longitudinal (B)

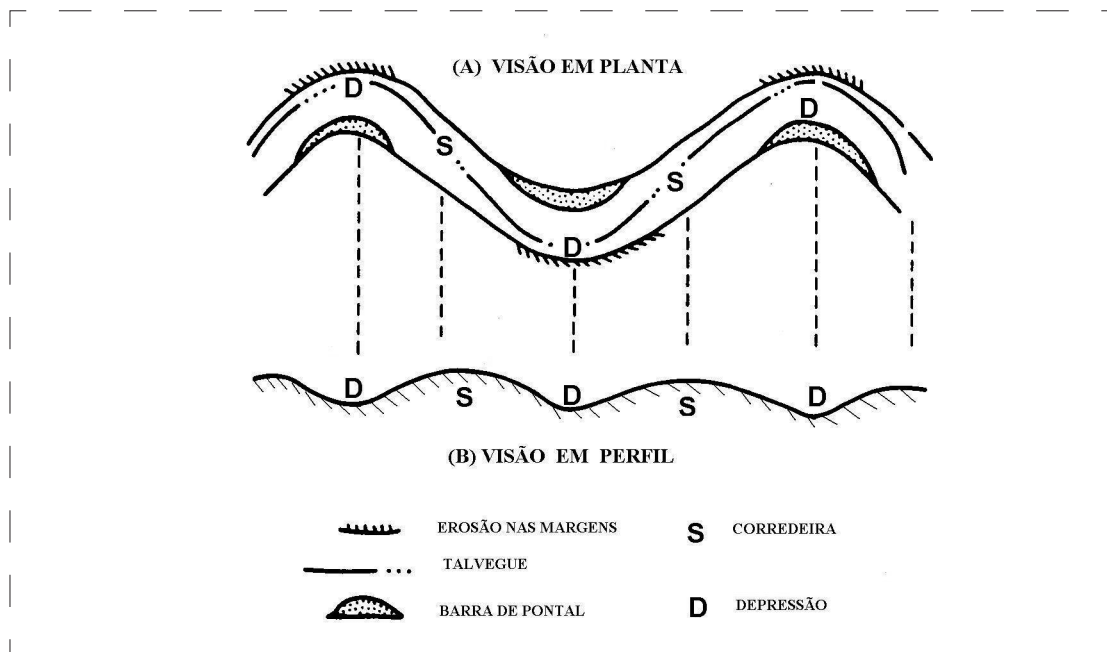


Figure 1: Idealized diagram showing meandering of the fluvial channel in planimetric view (A) and longitudinal profile (B) (Modified from Keller & Melhorn, 1978)

(Modificada de Keller & Melhorn, 1978).

As corredeiras recebem também outras denominações como soleiras (FERNANDEZ et al., 2002) e rápidos (CALLISTO et al., 2001). Por outro lado, as depressões também são chamadas de remansos (BECKER, 2002; JÖNK, 2005) e poços (LANA, 2004; MAGALHÃES et al., 2008).

A partir da segunda metade do século XX, dezenas de pesquisas realizadas nos EUA, Canadá e Europa tiveram como alvo o estudo da seqüência de corredeiras e depressões. Sear (1996) analisou mais de 100 artigos sobre o assunto e observou que os trabalhos versaram sobre seis tópicos: 1) formação, 2) manutenção, 3) definição e caracterização, 4) características hidráulicas, 5) sedimentologia e, 6) processo de transporte de sedimentos.

Projetos de recuperação física e ecológica de canais fluviais degradados executados nas últimas décadas, nos países desenvolvidos, mostraram a necessidade da coleta de informações básicas sobre a dinâmica do fluxo e a transferência de sedimentos ao longo dos cursos fluviais. Esta situação exige o pleno conhecimento da dinâmica das correntes e sedimentos nas corredeiras e depressões (BROOKES, 1990, 1992). Os biólogos utilizam essas feições como unidade básica no estudo da ecologia de rios e córregos (LOGAN & BROOKER, 1983; PRIDMORE e ROPER, 1985; BROWN & BRUSSOCK, 1991). O conhecimento da estrutura e funcionamento das corredeiras e depressões é valioso na aplicação de protocolos de avaliação rápida da qualidade de habitats lóticos (CALLISTO et al., 2001).

A identificação de corredeiras e depressões é um assunto controverso. Numerosos autores propuseram diferentes critérios para discriminar os habitats citados: o número de Froude (WOLMAN, 1955; WADESON, 1994), a granulometria do material do fundo (LEOPOLD et al., 1964; MOSLEY, 1982), o gradiente da lâmina d'água (YANG, 1971), razão velocidade do fluxo/profundidade (JOWETT, 1993) e a oscilação da topografia do leito (RICHARDS, 1976; O'NEIL e ABRAHAMS, 1984). O objetivo do trabalho é analisar critérios de identificação utilizados correntemente na literatura internacional. Os dados utilizados para esse fim correspondem a um trecho de 240 m no córrego Guavirá, um curso fluvial de segunda ordem (Classificação de Strahler) localizado no município de Marechal Cândido Rondon, região Oeste do Paraná (Figura 2).

Área de estudo

Desde a nascente até o trecho estudado, o córrego possui 5 km de extensão e drena 11,12 km². Aproximadamente, a metade dessa área é ocupada pela sede urbana do município; a outra metade é utilizada na agricultura. O clima da região é do tipo Cfa (classificação climática de Köppen), subtropical úmido, mesotérmico, com precipitação média anual de 1.600 a 1.700 mm (IAPAR, 1994). O córrego Guavirá corta regolitos originados da alteração de rochas basálticas da Formação Serra Geral, de idade cretácea (NARDY et al. 2002). Seu canal no trecho superior, encontra-se encaixado (profundidade máxima ~3 m) e apresenta padrão meândrico irregular (índice de sinuosidade = 1,70).

Metodologia

O mapeamento dos tipos de habitats aquáticos, o traçado das margens do canal e o levantamento do perfil longitudinal do talvegue e da lâmina d'água foram realizados adotando a técnica de nivelamento geométrico. Tal técnica permite a localização e a cota de qualquer ponto escolhido dentro e fora do canal fluvial. Adotando a técnica de nivelamento geométrico no levantamento do perfil longitudinal do leito, Richards (1976) e O'Neill e Abrahams (1984) fizeram leituras em intervalos regulares de 3 m; distância representa a largura média dos cursos d'água estudados por esses autores. No córrego Guavirá, o

Figura 2 **Localização do trecho em estudo no curso superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR).**

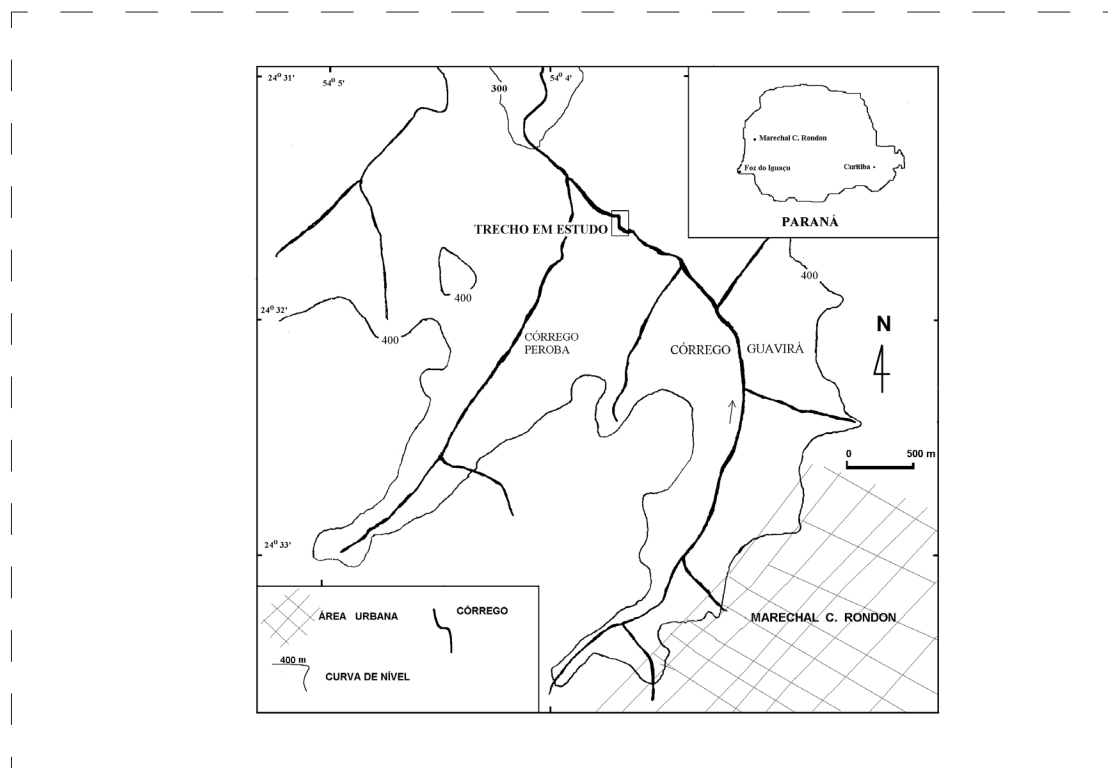


Figure 2: Location of study reach in Guavira stream, Marechal Cândido Rondon, Parana State, Brazil. Fonte: Carta topográfica, folha Marechal Cândido Rondon, escala original: 1:50.000.

procedimento foi simplificado, realizando-se leituras somente nos pontos mais rasos e mais profundos identificados no talvegue; abordagem que possui a vantagem de escolher livremente os pontos (mais profundos ou rasos para fazer leituras). Adotando uma distância padronizada (exemplo 3 m), as leituras poderiam ser realizadas em lugares que não coincidam com as partes mais rasas ou profundas do talvegue. O procedimento adotado neste trabalho diminui o número de leituras e, por conseguinte, o levantamento torna-se mais rápido. A vazão foi estimada empregando o método químico (HINDI et al., 1998).

Nos pontos mais rasos e profundos, foram levantadas as seguintes variáveis geométricas do canal: largura superficial, profundidade média do fluxo na seção transversal e gradiente da linha d'água. A largura superficial (W) foi medida com trena ao longo de uma seção transversal que passa pela feição em apreço. A profundidade média do fluxo (D) foi obtida calculando a média aritmética dos valores da profundidade do fluxo obtidos ao longo da seção transversal em intervalos de 20 cm. O gradiente da linha d'água (Sw) em cada ponto foi medido com nível de bolha (nível de mangueira) ao longo de uma distância de 10 m. Os pontos foram situados na metade dessa distância, a qual

foi adotada como padrão para não invadir os domínios dos pontos contíguos. Em alguns casos, os pontos encontram-se separados por distâncias menores que 10 m.

Com base nos dados obtidos em campo foram estimadas para cada ponto as seguintes variáveis: área da seção molhada (A), velocidade de fluxo (V) e o número de Froude (Fr). A área da seção molhada (A) foi calculada pelo método das quadrículas. A velocidade do fluxo (V) foi calculada aplicando a seguinte equação:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

O número de Froude foi calculado aplicando a equação:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.Dh}} \quad (2)$$

Onde g=aceleração da gravidade e Dh= profundidade hidráulica. Dh é a razão entre a área molhada (A) e a largura superficial (W).

Figura 3 Precipitação acumulada na estação pluviométrica da Copagrill (Cooperativa Mista Agrícola Ltda.) em Marechal Cândido Rondon (PR) para o ano de 2001.

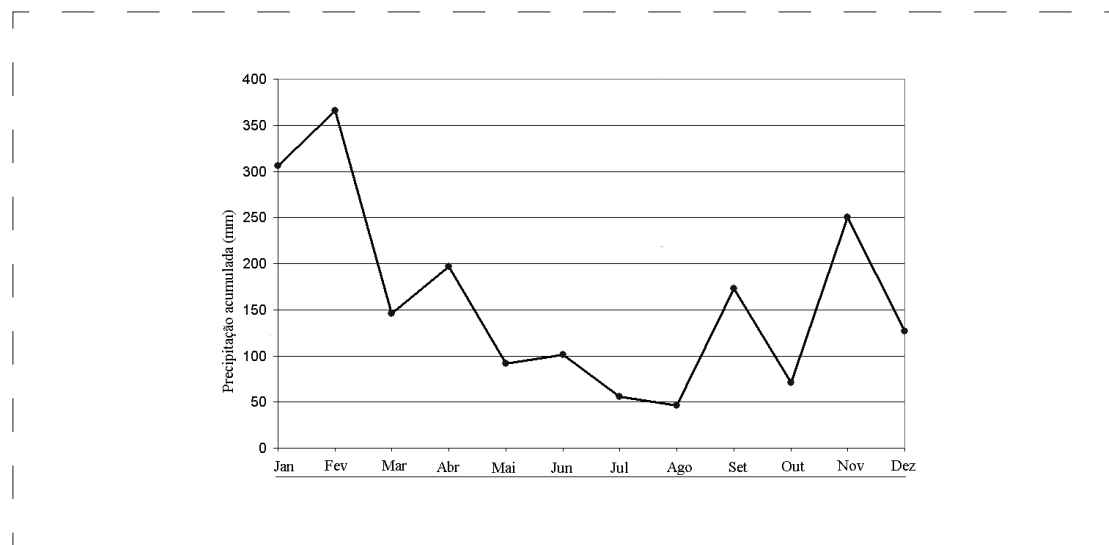


Figure 3: Accumulated precipitation in the meteorological observation station of Copagrill (Cooperativa Mista Agrícola Ltda.) in Marechal Cândido Rondon (PR) for the year of 2001.

Os sedimentos de fundo coletados nas corredeiras e depressões foram submetidos à análise granulométrica por peneiramento. As distribuições granulométricas obtidas foram utilizadas para calcular os parâmetros estatísticos granulométricos propostos por Folk e Ward (1957).

Figura 4 A) Traçado da linha das margens e localização das corredeiras e depressões no córrego Guavirá. As corredeiras e depressões são numeradas seqüencialmente de jusante para montante. B) Perfis longitudinais da borda da margem, lâmina d'água e talvegue.

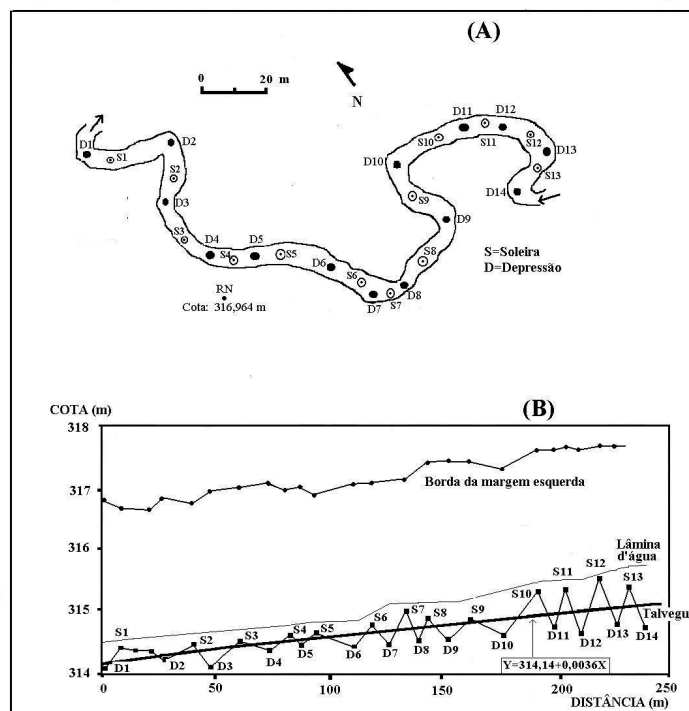


Figure 4: A) Map of the study reach showing the locations of pools and riffles identified by regression technique. B) Stream, water level and left bank height showed below.

Resultados

O levantamento foi realizado em 12 de julho de 2001, durante um período de estiagem (Figura 3). A vazão medida foi de 0,185 m³/s. O traçado das linhas das margens e a localização dos pontos rasos e profundos identificados em campo são mostrados na figura 4A. Na Figura 4B exibem-se os perfis longitudinais da borda da margem, do talvegue e da lâmina d'água.

Por definição, corredeiras e depressões constituem áreas rasas e profundas respectivamente e são considerados ambientes extremos de uma série contínua de habitats com diferentes características físicas e energéticas. Até a penúltima década do século XX, os estudos de habitats aquáticos em pequenos córregos objetivaram a descrição das condições físicas e hidráulicas dos ambientes extremos: corredeira e depressão (WOLMAN, 1955; LEOPOLD et al., 1964; YANG, 1971; RICHARDS, 1976; MOSLEY, 1982; O'NEIL e ABRAHAMS, 1984, entre outros). Projetos de recuperação ambiental de rios e córregos desenvolvidos nas últimas décadas justificam estudos mais detalhados de habitats intermediários entre corredeira e depressão (STATZNER et al., 1988; McKENNEY, 1997).

Os dados obtidos nos levantamentos topográficos, hidráulicos e sedimentológicos do córrego Guavirá foram utilizados para descrever e identificar os habitats aquáticos presentes no canal. Os critérios utilizados para tal fim são: a oscilação da topografia do leito, a comparação de variáveis geométricas e hidráulicas e as características granulométricas dos sedimentos de fundo.

Oscilação da Topografia do Leito

Duas técnicas utilizam a oscilação da topografia do leito para discriminar qual trecho deve ser classificado como corredeira ou depressão: regressão linear (RICHARDS, 1976) e forma de leito diferenciado (O'NEILL e ABRAHAMS, 1984). A primeira, adotada neste trabalho, consiste na determinação de uma função linear que relaciona as cotas do leito ao longo de uma seção longitudinal e a distribuição espacial das feições. A técnica foi aplicada no perfil longitudinal do leito mostrado na figura 3B. A reta é representada pela equação:

$$Y = 314,14 + 0,0036.X \quad (3)$$

Na equação (3) ($R^2=56,6\%$), Y representa a cota do leito no talvegue (m) e X a distância (m) a partir do ponto inicial de levantamento (jusante). Os trechos do leito localizados abaixo da reta de ajuste são classificados como depressões e as porções do leito acima da reta, corredeiras. Antes da confecção do perfil longitudinal do talvegue e da obtenção da reta de regressão linear, nenhum ponto raso ou profundo identificado em campo pode ser considerado corredeira ou depressão.

A reta de ajuste (Equação 3) discriminou 13 corredeiras e 14 depressões ao longo do trecho em estudo (240 m) (Figura 4B). A estatística dos parâmetros geométricos, hidráulicos e sedimentológicos obtidos nas corredeiras e depressões classificadas pela equação (3) é apresentada na tabela 1. A técnica de regressão linear foi aplicada por Fernandez et al. (2002) no mesmo trecho em foco, porém numa distância menor (105 m).

Tabela 1 Estatística dos parâmetros geométricos, hidráulicos e sedimentológicos obtidos nas corredeiras e depressões classificadas pela técnica de regressão linear.

Parâmetros	CORREDEIRA (Número de corredeiras: 13)				DEPRESSÃO (Número de depressões=14)			
	Média	Desvio padrão	Min.	Max.	Média	Desvio padrão	Min.	Max.
Largura superficial, W (m)	3,488	0,488	2,550	4,300	3,258	0,587	2,230	4,150
Profundidade média, D (m)	0,162	0,042	0,097	0,236	0,377	0,125	0,173	0,551
Velocidade do fluxo, V (m/s)	0,339	0,091	0,217	0,559	0,197	0,116	0,090	0,430
Área da seção molhada, A (m ²)	0,577	0,138	0,330	0,850	1,226	0,569	0,430	2,040
Perímetro molhado, P (m)	3,860	0,467	3,007	4,780	3,925	0,801	2,800	4,950
Raio hidráulico, Rh (m)	0,150	0,034	0,097	0,204	0,302	0,102	0,112	0,414
Declividade da linha d'água, Sw (m/m)	0,0049	0,0053	0,0002	0,016	0,0013	0,0010	0,0002	0,004
Número de Froude, Fr	0,274	0,109	0,150	0,496	0,151	0,126	0,041	0,420
Diâmetro médio dos sedimentos de fundo, Mz (Escala phi)	-4,21	1,35	0,350	-6,25	-2,15	2,39	1,205	-6,12

A técnica de regressão linear apresenta melhores resultados quando aplicada em distancias curtas (algumas centenas de metros) e quando o leito estiver formado por material aluvial. A técnica mostra-se inapropriada quando existem longos afloramentos rochosos no leito (RICHARDS, 1976) ou intervenção humana no canal (barragem). Neste trabalho, a maioria dos pontos rasos e profundos selecionados em campo foi classificada como corredeira ou depressão pela reta de regressão. A exceção foi observada no tramo inferior do trecho em estudo, onde a reta de ajuste classificou o primeiro ponto situado a montante de S1 como corredeira, embora a observação preliminar realizada em campo tenha levado o autor a classificá-lo preliminarmente como depressão, por encontrar-se numa posição topograficamente inferior a S1 (Figura 4). O ponto S1 assim como os dois pontos situados imediatamente a montante de S1 estão localizados numa curta faixa de afloramento de rocha basáltica (~15 m).

Comparação de variáveis geométricas e hidráulicas.

Vários autores utilizaram variáveis geométricas e hidráulicas do canal para discriminar quantitativamente habitats aquáticos em rios e córregos (JOWETT, 1993; YU e PETERS, 1997). A técnica de regressão linear agrupa os ambientes aquáticos somente em dois grandes grupos. Uma tentativa de diferenciação quantitativa de outros ambientes aquáticos, além das corredeiras e depressões, é realizada neste trabalho, confrontando a profundidade, velocidade do fluxo e o número de Froude.

O número de Froude (Fr) é um parâmetro adimensional extremamente importante em Hidráulica e é utilizado para descrever as condições do fluxo. Fr representa a razão entre as forças inerciais e gravitacionais que atuam no escoamento. Quando $Fr < 1$ predominam as forças gravitacionais, o fluxo é tranqüilo e o regime é denominado fluvial ou subcrítico; se $Fr > 1$ predominam as forças inerciais, o fluxo é rápido e o regime é designado torrencial ou supercrítico. O regime crítico ($Fr = 1$) corresponde à condição de equilíbrio entre as duas forças. Recentemente, os biólogos começaram a usar o número de Froude e outras variáveis hidráulicas para analisar as condições energéticas de diferentes habitats em canais abertos (STATZNER e HIGLER, 1986; MOIR et al., 2002). Os valores de Fr indicam o tipo de habitat e o desvio padrão do Fr reflete a complexidade do habitat. Valores significativos de desvio padrão de Fr sugerem condições heterogêneas nos ambientes, o que pode resultar numa maior diversidade da fauna (JOWETT, 1993).

Figura 5 Diagrama de dispersão entre a profundidade do fluxo e o número de Froude nas corredeiras e depressões. Vazão=0,185 m³/s. (julho de 2001).

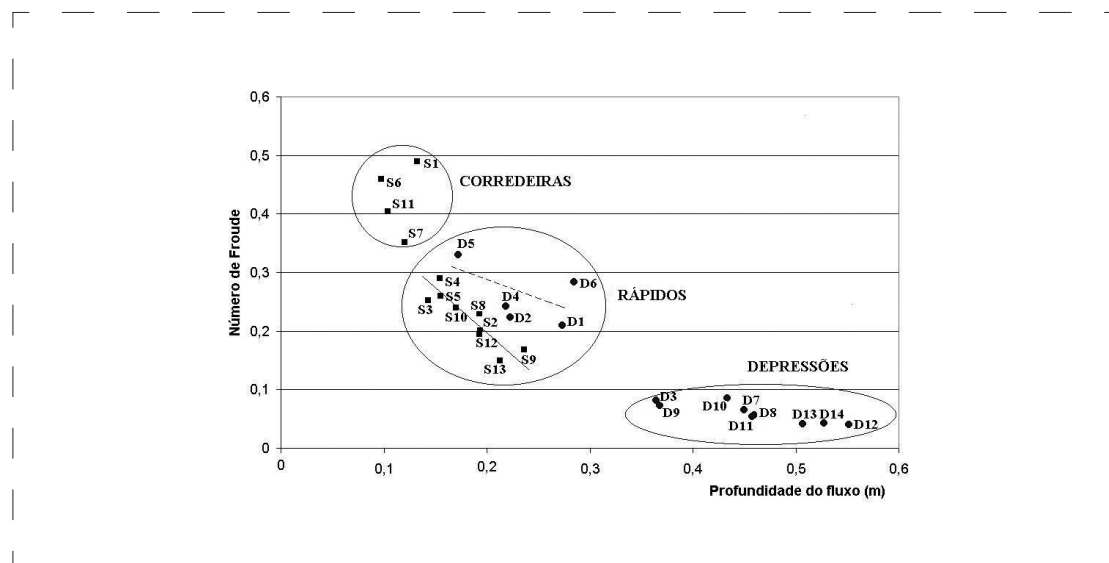


Figure 5: Classification of riffle and pool habitats by water depth and Froude number. Discharge=0,185 m³/s - July 2001.

Figura 6 Diagrama de dispersão entre a razão velocidade/profundidade (V/d) e número de Froude nas corredeiras e depressões. Vazão=0,185 m³/s. (julho de 2001).

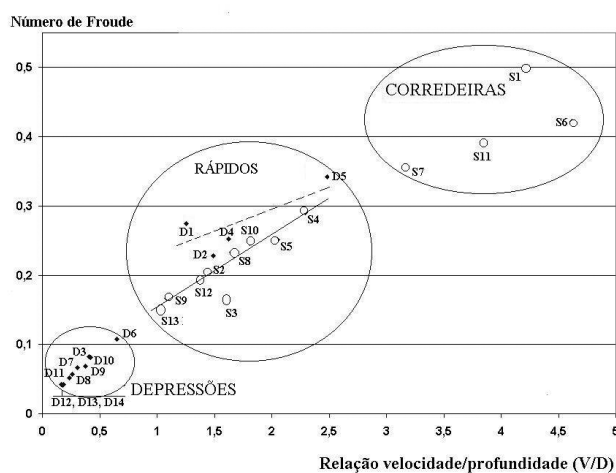


Figure 6: Classification of riffle and pool habitats by velocity/depth ratio and Froude number. Discharge=0,185 m³/s - July 2001.

As figuras 5 e 6 mostram diagramas de dispersão entre o número de Froude, a profundidade do fluxo e a relação velocidade/profundidade. Em ambas as figuras, observa-se a concentração dos 27 pontos em três campos. A dispersão das feições indica dois habitats (depressão e corredeira) com valores extremos no número de Froude (Fr) e um grupo intermediário denominado de rápido. As corredeiras apresentam valores de $Fr > 0,35$ e profundidade $< 0,15$ m e, as depressões $Fr < 0,1$ e profundidade $> 0,35$ m. Os rápidos (chamados de *run* por Lisle, 1982) correspondem a habitats com características intermediárias entre corredeiras e depressões em termos de profundidade e declividade da lâmina d'água.

Nas figuras 5 e 6, as corredeiras S7, S11, S6 e S1 estão situadas no extremo da seqüência; por outro lado, as depressões D12, D13, D14, D11, D7, D8, D9, D10 e D3 ocupam a posição oposta. Analisando o perfil longitudinal da Figura 6, observa-se que as feições supracitadas encontram-se em posições altimétricas extremas e, portanto, distanciadas da reta de regressão (equação 4). As feições classificadas como rápidos se situam em torno da reta.

No grupo de rápidos enquadram-se algumas feições classificadas como depressões pela técnica da regressão linear (exemplo D1, D2, D4, D5 e D6) e como corredeiras (S2, S3, S4, S5, S8, S9, S10, S12 e S13). No agrupamento dos rápidos, pode ser observado que os rápidos inicialmente classificadas como depressões, pela técnica de regressão linear, possuem um padrão de dispersão diferente das corredeiras (Figuras 5 e 6). Tal tendência pode ser destacada traçando retas de ajustes para ambos subgrupos: linha tracejada para o subgrupo constituído por depressões e linha contínua para as corredeiras (Figuras 5 e 6).

Características granulométricas do material de fundo

Os parâmetros estatísticos granulométricos também foram utilizados na discriminação de corredeiras e depressões. A dinâmica sedimentar, nessas feições, foi pesquisada por inúmeros autores (THINKLER, 1970; KELLER, 1971; MILNE, 1982; CLIFFORD e RICHARDS, 1992; SEAR, 1996, entre tantos outros).

Já no início do século XX, Gilbert (1914, apud KELLER, 1971) observou disparidade textural nos sedimentos de fundo oriundos de corredeiras e depressões. Via de regra, as corredeiras apresentam sedimentos mais grossos e as depressões sedimentos mais finos. Keller (1971) explicou esse fato através da hipótese da reversão da velocidade do fluxo.

A Tabela 2 sumaria a estatística dos parâmetros granulométricos correspondentes aos sedimentos coletados em corredeiras e depressões classificadas pela técnica de regressão linear. No levantamento foi constatado que os sedimentos de fundo, oriundos de corredeiras e depressões apresentam diferenças significativas no diâmetro médio e na assimetria. Os sedimentos nas corredeiras são mais grossos e possuem assimetria muito positiva. Em termos de grau de seleção e curtose, os sedimentos apresentaram-se pobremente selecionados e com distribuição leptocúrtica. As condições hidráulicas predominantes nos períodos de estiagem permitem que a energia do fluxo seja maior nas corredeiras do que nas depressões, favorecendo a contínua remoção de sedimentos finos (silte e areia), depositados nas corredeiras, em direção à depressão localizada à jusante. Tal processo permite a concentração de sedimentos grossos nas corredeiras e sedimentos mais finos nas depressões.

Tabela 2 Valores da média aritmética e desvio padrão (entre parênteses), dos parâmetros granulométricos de Folk & Ward (1957) referentes aos sedimentos coletados nas corredeiras e depressões no córrego Guavirá.

Parâmetros Sedimentológicos	CORREDEIRA	DEPRESSÃO
Diâmetro médio (escala phi)	-4,21 (1,35) Seixo	-2,15 (2,39) Seixo
Grau de seleção (escala phi)	1,90 (0,78) pobremente selecionado	1,66 (0,69) pobremente selecionado
Assimetria	0,44 (0,26) assimetria muito positiva	0,04 (0,32) aproximadamente simétrica
Curtose	1,15 (0,47) leptocúrtica	1,28 (0,67) leptocúrtica

A textura dos sedimentos de fundo depende de dois fatores: o tamanho de sedimentos disponíveis e a energia do fluxo (FOLK, 1968).

A alteração da rocha basáltica gera principalmente sedimentos argilosos. Os minerais primários resistentes à alteração, como a magnetita, constituem os principais sedimentos de tamanho areia. A decomposição esferoidal do basalto origina clastos com diâmetro do eixo intermediário superior a $-2\ \phi$ (4 mm). O processo de meteorização inicia-se devido à compartimentação da rocha em blocos devido ao sistema de fraturamento. Os blocos sofrem alteração progressiva a partir de seus bordos e a expansão diferencial da porção alterada produz esfoliações concêntricas. Os núcleos

dos blocos preservam forma aproximadamente esférica e sofrem profundas alterações químicas (POPP, 1988). A densidade dos núcleos diminui de 2,8 g/cm³ (basalto inalterado) para 1,7 g/cm³ (FERNANDEZ et al., 2001). Com a remoção do manto de intemperismo, os núcleos transformados em clastos concentram-se nos canais fluviais. Em períodos de baixa vazão, a energia do fluxo é notoriamente maior nas corredeiras (Vide Tabela 1), o que favorece a remoção de sedimentos finos das corredeiras em direção às depressões.

Na figura 7, é ilustrada a distribuição granulométrica dos sedimentos em cada corredeira e depressão identificadas pela técnica de regressão linear, através da representação dos percentis ϕ_{16} , ϕ_{50} e ϕ_{84} . O gráfico evidencia que na maioria das feições classificadas pela técnica de regressão linear como corredeira, a mediana da distribuição (ϕ_{50}) situa-se na classe seixo; nas depressões, a mediana localiza-se nas classes areia e grânulo. Em algumas feições, tais como os pontos S13, D2, D5, D6, D14 esta tendência não foi observada. A mediana no ponto S13 deveria estar localizada na faixa de seixo e os demais pontos nas classes areia ou grânulo. Tais resultados vêm corroborar as conclusões de Richards (1976) e Milne (1982), ao confirmarem que, embora existam diferenças texturais entre sedimentos depositados em corredeiras e depressões, as discrepâncias não alcançam níveis estatisticamente significativos.

Figura 7 Valores da mediana (D₅₀) e dos percentis D₈₄ e D₁₆ correspondentes às amostras de sedimento de fundo coletadas em corredeiras (S) e depressões (D) no córrego Guavirá (julho de 2001).

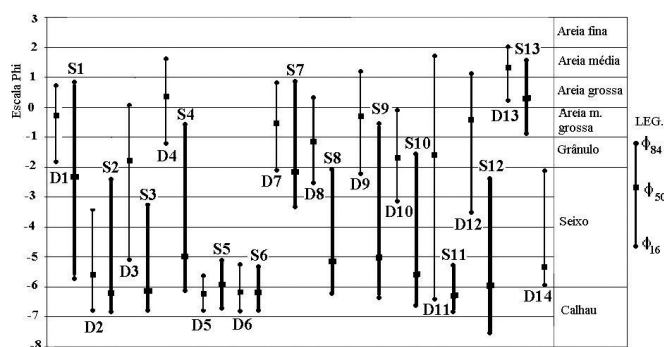


Figure 7: Values of median (D₅₀) and percentiles D₈₄ and D₁₆ relative to bottom sediments collected in riffle (S) and pool (D) habitats, Guavira stream, Parana State, Brazil.

As diferenças texturais também dependem do histórico de eventos hidrológicos ocorridos na bacia, já que baixas vazões imperantes nos períodos de estiagens e enchentes relâmpagos ocasionadas por fortes temporais reorganizam constantemente os sedimentos de fundo.

Considerações finais

Num trecho de 240 m, definido na cabeceira do córrego Guavirá, foram executados levantamentos de campo que forneceram um quadro detalhado das condições morfológicas, hidráulicas e sedimentológicas imperantes durante um período de estiagem. Tais informações foram utilizadas para ensaiar uma discriminação de corredeiras e depressões tendo como referências diversos critérios adotados com frequência na literatura internacional. Neste trabalho, foram adotados três critérios: a oscilação da topografia do talvegue, as relações entre variáveis hidráulicas e as características granulométricas dos sedimentos de fundo.

A oscilação da topografia é um dos critérios mais utilizados na classificação de corredeiras e depressões. Mediante a técnica de regressão linear foram identificadas no trecho em estudo, 13 corredeiras e 14 depressões. A técnica apresenta dificuldade para classificar corretamente as feições posicionadas em torno da reta de regressão. Esta deficiência, reconhecida pelo proponente da técnica (RICHARDS, 1976) pode, por exemplo, classificar um hábitat com pouca profundidade e velocidade do fluxo moderada (características próprias de corredeiras) como depressão, quando situada abaixo da reta de regressão. Para elucidar dúvidas dessa natureza, foram usadas comparações entre variáveis geométricas e hidráulicas, como número de Froude, profundidade do fluxo e razão velocidade/profundidade. O confronto entre essas variáveis delineou concentrações de feições com características extremas denominadas de corredeiras e depressões, e um terceiro grupo intermediário denominado de rápido. Isso ocorre porque a técnica de regressão linear emprega somente as informações altimétricas do leito (oscilação vertical). Os parâmetros estatísticos granulométricos, correspondentes aos sedimentos de fundo, apresentam as maiores diferenças no diâmetro médio e na assimetria. As amostras oriundas das corredeiras são, em média, mais grossas (-4,21 phi) e possuem assimetria muito positiva enquanto as provenientes das depressões são menos grossas (-2,15 phi) e apresentam distribuições simétricas. Algumas amostras do córrego Guavirá não se enquadraram na tendência definida acima. Deve ser salientado que a textura dos sedimentos é modificada constantemente por eventos hidrológicos, os quais limitam o seu uso como critério discriminante. Por essa razão, as características granulométricas dos sedimentos de fundo devem ser usadas com cuidado ao se estabelecer distinção entre corredeiras e depressões.

Em suma, a técnica de regressão linear classifica de maneira confiável habitat com extremo desenvolvimento topográfico (muito profundo ou muito raso), quando aplicada ao longo de uma distância de algumas centenas de metros em córregos com leito móvel. A comparação de variáveis geométricas e hidráulicas e parâmetros estatísticos granulométricos podem ser usados como elementos auxiliares na classificação de corredeiras e depressões.

Referencias bibliográficas

- ANDREWS, E.D. 1979. Scour and fill in a stream channel: East Fork River, Western Wyoming. *United States Geological Survey Professional Paper*, 1117.
- BATHURST, J.C. 1982. Channel bars in gravel-bed rivers. Discussion. In: Hey, R.D.; Bathurst, J.C. & Thorne, C.R. (Eds.) *Gravel-bed Rivers*, Wiley, pp. 330-331.
- BECKER, F.G. 2002. *Distribuição e abundância de peixes de corredeiras e sua relações com características de habitat local, bacia de drenagem e posição espacial em riachos de Mata Atlântica (Bacia d rio Maquiné, RS, Brasil)*. São Carlos (SP), Universidade Federal de São Carlos, tese de doutorado, 190 p.
- BHOWMIK, N.G. e DEMISSIE, M. 1982. Bed material sorting in pools and riffles. *Journal Hydraulic Engineering, American Soc. Civil Engineering*, 108: 1227-1231.
- BROOKES, A. 1990. Restoration and enhancement of engineered British river channels: some European experiences. *Reg. Rivers Research Management*, 5: 45-56.
- BROOKES, A. 1992. Recovery and restoration of some engineered British river channels. In: Boon, P.J.; Calow, P. & Petts, G.E. (Eds.) *River Conservation and Management*. Wiley, Chichester, pp. 337-352.
- BROWN, A.V. e BRUSSOCK, P.P. 1991. Comparison of benthic invertebrates between riffles and pools. *Hydrobiologia* 220: 99-108.
- CALLISTO, M; MORETTI, M. e GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6 (1): 71-82.
- CLIFFORD, N.J e RICHARD, K.S. 1992. The reversal hypothesis and the maintenance of riffle-pool sequences. In: *Lowland Floodplain River*, Carling, P.A. & Petts, G.E. (Eds.), p. 43-70.
- FERNANDEZ, O.V.Q. e ARNDT, M.A. 2005. Características físicas e hidráulicas de habitats aquáticos no trecho superior do córrego Guavirá em Marechal Cândido Rondon (PR). XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, São Paulo (SP). Anais em Cd-rom, 234-239 p.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; SANDER, C. e REBELAITTO, G. 2001. Granulometria e forma de sedimentos rudáceos na bacia do córrego Guavirá, Mal. C. Rondon, PR. In: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Jornada Científica da Uniãoeste, 1, Cascavel (PR), novembro de 2001. 1 CD-ROM.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; SANDER, C. e REBELAITTO, G. 2002. Sequência de soleiras e depressões no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 3: 49-57.
- FOLK, R.L. 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin (Texas), Hemphill's Bookstore. 170 p.
- FOLK, R.L. e WARD, W.C. 1957. Brazos river bar, a study in the significance of grain-size parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, 27 (1): 2-26.
- GILBERT, G.K. 1914. The transportation of debris by running water. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 86: 363 p.
- HINDI, E.C.; ROSA FILHO, E.F.; BITENCOURT, A.V. e GIUSTI, D. A. 1998. Determinação da descarga de rios por diluição de cloreto de sódio (método de integração). *Boletim Paranaense de Geociências*, 46: 151-161.
- IAPAR (Fundação Instituto Agrônomo do Paraná) 1994. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*, Curitiba (PR), 49p.
- JACKSON, W.L. e BECHTA, R.L. 1981. A model of two-phase bedload transport in an Oregon Coast range stream. *Earth Surface Processes and Landforms*, 7: 517-527.
- JÖNK, C.K. 2005. *Influencia de uma queda de água, composição e estrutura trófica da fauna de dois remansos de um rio da mata atlântica*. Curitiba, Programa de Pós-graduação em Ecologia e conservação, UFPR, Dissertação de mestrado, 45 p.
- JOWETT, I.G. 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27: 241-248.
- KELLER, E.A. 1971. Areal sorting of bed load material: the hypothesis of velocity reversal. *Bulletin of the Geological Society of America*, 82: 753-756.
- KELLER, E.A. e MELHORN, W.N. 1978. Rhythmic spacing and origin of pools and riffles. *Geological Society of America Bulletin*, 89: 723-730.
- LANA, C. E. 2004. *Cartografia Integrada de Ecossistemas Lóticos (Fluviais) no Alto Curso do Rio das Velhas, MG*. Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 175 p.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. e MILLER, J.P. 1964. *Fluvial processes in Geomorphology*. San Francisco, Ed. Freeman, 522 p.
- LISLE, T. 1979. A sorting mechanism for a riffle-pool sequence: summary. *Bulletin Geological Society American*, 90: 616-617.
- LISLE, T.E. 1982. Effects of aggradation and degradation on riffle-pool morphology in natural gravel channels, northwestern California. *Water Resources Research*, 18 (6): 1643-1651.

- LOGAN, P. e BROOKER, M.P. 1983. The macroinvertebrate faunas in riffles and pools. *Water Research* 17: 263-270.
- MAGALHÃES Jr., A.P.; dos SANTOS, G.B. e CHEREM, L.F.S. 2008. Processos de encorçamento da calha do Alto Rio das Velhas e seus reflexos na dinâmica fluvial moderna, Quadrilátero Ferrífero, MG. VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Belo Horizonte (MG), Anais em Cd-rom.
- McKENNEY, R. 1997. Formation and maintenance of hydraulic habitat units in the streams of the Ozark Plateaus. PH.D Dissertation, Pennsylvania State University, State College, Pennsylvania, 340 p.
- MILNE, J.A. 1982. Bed-material size and the riffle-pool sequence. *Sedimentology*, 29: 267-278.
- MOIR, H.J.; SOULSBY, C. e YOUNGSON, A.F. 2002. Hydraulic and sedimentary controls on the availability and use of Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning habitat in the river Dee system, north-east Scotland. *Geomorphology* (3-4): 291-308.
- MOSLEY, M.P. 1982. A procedure for characterising river channels. Water and Soil Miscellaneous Publication 32, Ministry of Works and Development, Wellington, 90 p.
- NARDY, A.J.R.; OLIVEIRA, M.A.F.; BETANCOURT, R.H.S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F.B. 2002. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. *Geociências* (Unesp, São Paulo): 21: 15-32.
- O'CONNOR, J.E.; WEBB, R.H. e BAKER, V.R. 1986. Paleohydrology of pool and riffle pattern development: Boulder creek, Utah. *Geological Society Bulletin*, 97: 410-420.
- O'NEILL, M.P. e ABRAHAMS, A.D. 1984. Objective identification of pools and riffles. *Water Resources Research*, 20 (7): 921-926.
- PETTI, F. 1987. The relationship between shear stress and the shaping of the bed of a pebble-loaded river, La Rulles-Ardenne. *Catena*, 14: 453-468.
- PRIDMORE, R.D. e ROPER, D.S. 1985. Comparison of the macroinvertebrate faunas of runs and riffles in three New Zealand streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 19: 283-291.
- POPP, J.H. 1988. *Geologia Geral*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora. 4ª ed. 299 p.
- RICHARDS, K.S. 1976. The morphology of riffle-pool sequences. *Earth Surface Processes*, 1: 71-88.
- SEAR, D.A. 1996. Sediment transport processes in pool-riffle sequences. *Earth Surface and Landforms*, 21: 241-262.
- STATZNER, B. e HIGLER, B. 1986. Stream hydraulic as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology*, 16: 127-139.
- STATZNER, B.; GORE, J. e RESH, V. 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential application. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 307-360.
- TEISSYRE, A.K. 1984. The river Bobr in the Blazkowa study reach (central Sudetes): a case study in fluvial processes and fluvial sedimentology. *Geological Sudetica*, 19: 7-71.
- THOMPSON, D.M.; WOHL, E.E. e JARRET, R.D. 1999. Velocity reversal and sediment sorting in pools and riffles controlled by channel constrictions. *Geomorphology*, 27: 229-241.
- THINKLER, K.J. 1970. Pools, riffles and meanders. *Bulletin Geological Society American*, 81: 547-552.
- WADESON, R.A. 1994. A geomorphological approach to the identification and classification of instream flow environments. *South Africa Journal Aquatic Science* 20, 38-61.
- WOLMAN, M.G. 1955. The natural channel of Brandywine creek, Pennsylvania. U.S. Geological Survey Professional Paper N° 271.
- YANG, T.C. 1971. Formation of riffles and pools. *Water Resources Research*, 7: 1567-1574.
- YU, S.L. e PETERS, E.J. 1997. Use of froude number to determine habitat selection by fish. *Rivers*, 6 (1): 10-18.