

## **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E HIDRÁULICA DE MESOHABITATS EM CÓRREGOS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON, OESTE DO PARANÁ**

Marcos Alexandre **ARNDT**

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Atua nas áreas de geociências, geomorfologia fluvial, com ênfase em drenagem urbana, geometria hidráulica e habitats aquáticos.

marcos.a.arndt@gmail.com

Oscar Vicente Quinonez **FERNANDEZ**

Doutor em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná

oscar.fernandez@unioeste.br

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo conhecer os aspectos morfológicos e hidráulicos de mesohabitats aquáticos nos córregos que drenam a sede urbana do município de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná. As características físicas e hidráulicas escolhidas para descrever os habitats são: largura, profundidade e velocidade do fluxo, comprimento do habitat, declividade da lâmina d'água e número de Froude. Foram identificados os seguintes tipos de habitats: corredeira (ou soleira), depressão (ou poço), cascata, degrau-depressão e seqüência de queda-depressão. De um total de 150 habitats mensurados, 50,0 % foram classificados como depressões, 35,3 % como corredeiras, 8,7 % como seqüência de queda-depressão e 6,0 % como cascatas e degrau-depressão.

As associações e dimensões dos mesohabitats refletem o resultado do trabalho fluvial realizado pelos cursos d'água inseridos num planalto basáltico submetido a um clima subtropical mesotérmico e a uma ocupação antrópica realizada desde a década de 1950, caracterizada pelo intenso desmatamento e posterior urbanização.

**Palavras-chave:** Habitats aquáticos. Córregos urbanos. Processos erosivos.

## **MORPHOLOGICAL AND HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF MESOHABITATS IN STREAMS OF MARECHAL CÂNDIDO RONDON, PARANÁ STATE, BRAZIL**

**ABSTRACT:** The study aimed to characterize aquatic habitats in scale mesohabitats in streams draining urban and peri-urban areas of Marechal Cândido Rondon city, Western region of Paraná state, Brazil. The aquatic habitat environments are formed by different combinations of width, depth and velocity of flow. The physical and hydraulic characteristics chosen to describe habitats are: width, depth and velocity of flow, total length of the habitat, stream gradient and Froude number. The choice of habitats to be measured was carried out according to two sampling criteria: first, were selected the most prominent habitats observed along the Guavira stream from the source to a distance of 4.5 km; the second selection criterion was the measurement of all habitats identified in four reaches along short distances (100-300 m) in the Guará, Matilde-cuê and Apepu streams. Four habitat types were identified: riffle, pool, cascade/step-pool and waterfall-pool sequence. A total of 150 measured habitats, 50.0% were classified as pool, 35.3% as riffle, 8.7% waterfall-pool sequence and 6.0% as cascades/step-pool. Pool and riffle are formed by erosive and depositional processes respectively. The associations and dimensions of the mesohabitats reflect the result of the river work carried out by the water courses inserted in a basaltic plateau submitted to a subtropical mesothermic climate and to an anthropic occupation realized from the decade of 1950, characterized by the intense deforestation and later urbanization.

**Keywords:** Aquatic habitats. Urban streams. Erosive processes.

## **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA E HIDRÁULICO DE MESOHABITATS EN RÍOS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON, REGIÓN OESTE DEL ESTADO DE PARANÁ, BRASIL**

**RESUMEN:** El trabajo trata sobre estudios de hábitats acuáticos en escala de mesohabitats en arroyos de los alrededores de la ciudad de Marechal Cândido Rondon, oeste del estado de Paraná. Las características físicas e hidráulicas elegidas para describir los hábitats son: ancho, profundidad y velocidad del flujo, longitud del hábitat, pendiente del flujo y el número de Froude. Fueron identificados los hábitats: rápidos, pozos (remanso o piscina), *cascade*, secuencia escalón-pozo y cascada-pozo. Entre los 150 hábitats estudiados, el 50,0% fueron

clasificados como pozo, el 35,3% como rápido, 8,7% como cascada-pozo y el 6,0% como *cascade* y secuencia escalón-pozo. Pozos y rápidos se forman por procesos erosivos y deposicionales, respectivamente. Las asociaciones y dimensiones de los mesohabitats reflejan el resultado del trabajo fluvial realizado por los cursos de agua insertados en una meseta basáltica sometida a un clima subtropical mesotérmico y una ocupación antrópica realizada a partir de una década de 1950, caracterizada por una intensiva deforestación y posterior urbanización

**Palabras clave:** Hábitats acuáticos. Ríos urbanos. Procesos erosivos.

## INTRODUÇÃO

Os habitats aquáticos em rios e córregos são ambientes formados por diferentes combinações de largura, profundidade e velocidade do fluxo, gerando segmentos com dimensões físicas e fluxo com condições energéticas diferentes. Conforme a escala de estudo dos habitats aquáticos, estes podem variar de centímetros (microhabitats) a quilômetros (bacia) (WIENS, 2002) e são alvos de inúmeros pesquisadores, que propuseram diversas terminologias e definições de habitats, em várias escalas espaciais, a exemplo dos estudos de Frissel *et al.* (1986), Grant *et al.* (1990), Mc Clain *et al.* (1990), Church (1992), Hawkins (1993), van Niekerk *et al.* (1995), Rowntree e Wadeson (1997), Poole *et al.* (1997), Zimmermann e Church (2001), Halwas e Church (2002), Lehotsky, (2004), Anlauf e Moffitt (2008), Hall *et al.* (2009), Tomčíková (2013).

O trabalho pioneiro de Frissel *et al.* (1986) é selecionado para exemplificar a classificação dos habitats aquáticos. A classificação em foco agrupa hierarquicamente as feições fluviais nas seguintes categorias: Microhabitat, Mesohabitat (ou Macrohabitat), Trecho, Segmento e Bacia Hidrográfica.

Os Microhabitats representam feições no leito fluvial cujos comprimentos podem variar de 0,1 a 1 vezes a largura do canal ativo do córrego. O canal ativo de um curso de água é representado pelas dimensões do fluxo, cuja vazão tem um intervalo de recorrência de pelo menos 1 ou 2 vezes por ano (WOODSMITH, 1996). A associação espacial dos Microhabitats forma os Mesohabitats, que podem ter comprimentos entre 1 a 10 vezes a largura do canal ativo. Por sua vez, a categoria Trecho é constituída pela junção de diversos Mesohabitats e seu comprimento pode variar de 100 a 1000 vezes a largura do canal ativo. A categoria Segmento é formada por uma sucessão de Trechos e, categoria Bacia Hidrográfica incorpora a

extensão total do canal fluvial e constitui a hierarquia máxima de habitats na classificação de Frissel *et al.* (1986).

As investigações dos efeitos da expansão urbana sobre o ambiente fluvial têm recebido atenção considerável por parte da comunidade científica. Alguns dos impactos associados a urbanização que mereceram maior atenção são os referentes às modificações dos ecossistemas aquáticos (PAUCHARD *et al.*, 2006), os problemas acarretados pelo aumento da vazão de pico (BLEDSOE e WATSON, 2001; PAUL e MEYER, 2001) e a perda da qualidade da água (HALL *et al.*, 1999, BOTELHO e SILVA, 2004) entre outros.

Silva *et al.* (2014) enfatizam que os inúmeros estudos de habitats aquáticos realizados em mesoescala, indicam que as feições identificadas nesta escala, podem ser utilizadas como unidades de análise em estudos ecológicos dos cursos d'água. Neste trabalho, foram realizados levantamentos das dimensões físicas e características hidráulicas de mesohabitats aquáticos em pequenos cursos d'água, afetados pela urbanização crescente. Parte-se da hipótese de que os ambientes fluviais são modificados gradualmente pelo aumento dos processos de desmatamento e posterior urbanização. Este trabalho pretende mostrar as condições dos habitats aquáticos após décadas de desmatamento e posterior urbanização e servir como referência para estudos posteriores.

O objetivo do presente trabalho foi conhecer os aspectos morfológicos e hidráulicos de mesohabitats aquáticos em córregos urbanos e periurbanos de 1ª e 2ª ordens (classificação de STRALHER, 1964) envolvidos pela expansão urbana da sede do município de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná.

## **MATERIAL E MÉTODO**

### **Área de estudo**

A área de estudo está situada na bacia hidrográfica do Paraná III, região Oeste do Paraná (Figura 1) que abarca 8.389 km<sup>2</sup> e inclui os cursos fluviais afluentes da margem esquerda do rio Paraná entre as bacias dos rios Piquiri (ao Norte) e Iguaçu (ao Sul) (ÁGUASPARANÁ, 2015).

Figura 1: Localização da cidade de Marechal Cândido Rondon, no Oeste Paranaense.



Fonte: IAPAR (1994)

Na região Oeste do Paraná afloram rochas basálticas da Formação Serra Geral de idade Cretácea (NARDY *et al.*, 2002) e está inserida na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), cujo relevo regional é caracterizado por um grau de dissecção média e alta, topos alongados com cristas e, vertentes convexas e retilíneas (SANTOS *et al.*, 2006; BADE, 2014). Os rios e córregos que compõem a bacia do Paraná III, são caracterizados por apresentar canais entalhados alternando segmentos aluviais e rochosos, predominando nos trechos rochosos as tipologias de leito associadas a declividades acentuadas leito plano, degrau-depressão e corredeiras (BALLER, 2014).

O clima no município de Marechal Cândido Rondon, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa, clima subtropical mesotérmico, subtropical úmido (IAPAR, 1994). A altitude média é de 420 m e o relevo é constituído por 15% de áreas planas, 45% de áreas com suave ondulação, 30% ondulado e 10% com forte ondulado (MORESCO, 2007). A área do município é de 748 km<sup>2</sup>, a população projetada para 2016 era de 51.306 habitantes, enquanto que a economia é baseada nas atividades agrícola (soja e milho) e pecuária (suínos e produção de leite) (IBGE, 2017).

A vegetação original da região é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, na qual a peroba (gênero *Aspidosperma*) e o ipê (gênero *Tabebuia*) são as espécies mais características, dominando um dossel elevado (30-40 m) e denso (RODERJAN *et al.*, 2002). Esta vegetação permaneceu intocada até a década de 1940, quando as terras foram adquiridas pela imobiliária gaúcha Industrial Madeireira e Colonizadora Rio Paraná S.A. (MARIPÁ) em 1946 (WACHOWICZ, 1987). A venda das terras para colonizadores catarinenses e gaúchos começou em 1949, permitindo a ocupação sistemática da região a partir de 1951 (SILVA *et al.*, 1988). Nas décadas seguintes, o intenso desmatamento e a mecanização das lavouras alteraram significativamente os ecossistemas fluviais com a aceleração dos processos erosivos e deposicionais nas vertentes e interflúvios (PFLUCK, 2009).

A expansão da área urbana da sede do município iniciou-se a partir da década de 1970 (PFLUCK, 2009) sendo o resultado da migração dos agricultores para a cidade em razão da mecanização no campo e, mais tarde, pela inundação de sítios e fazendas, localizadas à beira do rio Paraná, para formação do reservatório de Itaipu em 1982, no limite Oeste do município de Marechal Cândido Rondon. Segundo Gregory (2002) estes foram os fatores que aumentaram a urbanização e em parte a proletarização dos filhos de agricultores aos quais não restaram alternativas senão aderir à modernização ou se adaptar, emigrando para a sede urbana dos municípios da região ou para novas frentes de colonização em outros estados como Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, entre outros.

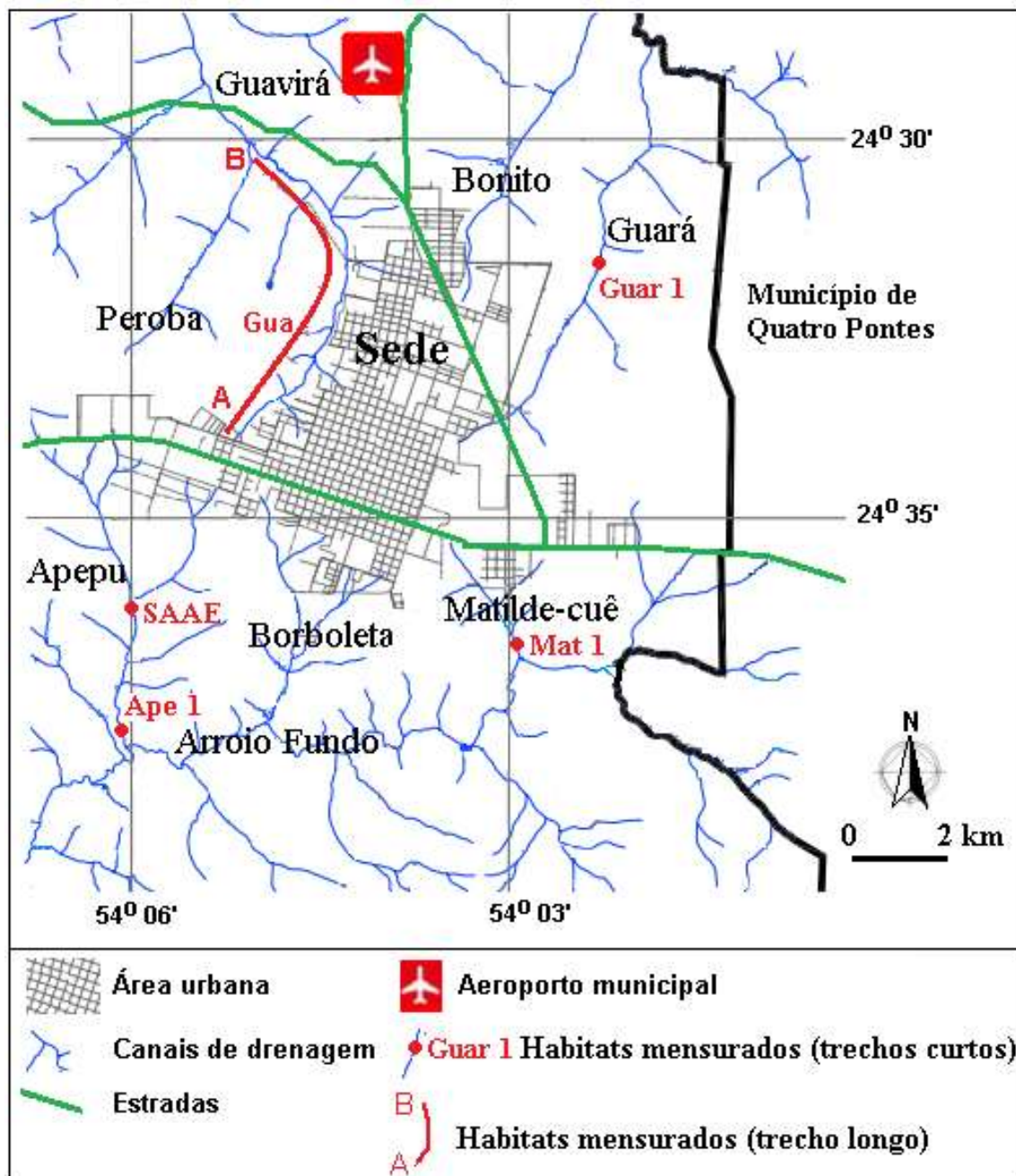
### **Procedimentos Operacionais**

Com auxílio de materiais bibliográficos e medições em campo, foram definidos e descritos os tipos de mesohabitats identificados nos córregos que drenam a área urbana e periurbana de Marechal Cândido Rondon.

A mensuração dos parâmetros morfológicos e hidráulicos nos macrohabitats foi realizada de acordo com duas abordagens. Na primeira delas, foram mensuradas as características morfológicas e hidráulicas dos mesohabitats mais notórios e representativos

identificados ao longo do Córrego Guavirá, desde sua nascente até a foz do afluente Córrego Peroba, perfazendo uma distancia de 4,5 km (Figura 2). A área da bacia do Córrego Guavirá até este ponto é de 11,05 km<sup>2</sup>.

Figura 2: Localização dos trechos fluviais estudados em torno da cidade de Marechal Cândido Rondon (PR): Córregos Guavirá (Gua, segmento A-B), Guará (Guar 1), Matilde-cuê (Mat 1) e Apepu (Ape 1 e SAAE).



Fonte: os autores.

Na segunda abordagem, foram objetos de mensuração todos os tipos de mesohabitats identificados em trechos curtos, cujas extensões variaram de 100 a 300 m. Este procedimento



foi adotado nos Córregos Matilde-cuê (trecho Mat 1), Apepu (trechos Ape1 e SAAE) e Guará (trecho Guar 1) (Figura 2), à jusante e à montante de seções transversais permanentes estabelecidos nestas bacias. A seção permanente consiste na instalação de estacas de madeira referenciais inseridas na superfície de ambas as margens demarcando os extremos da seção transversal e objetiva o monitoramento de processos erosivos e deposicionais no canal por meio de levantamentos periódicos do perfil transversal (FERNANDEZ *et al.*, 2001). A área das bacias até o exutório dos Córregos Matilde-cuê, Apepu e Guará é de 5,50; 8,17 e 14,13 km<sup>2</sup> respectivamente.

Nos mesohabitats escolhidos nas duas abordagens, foram levantadas a velocidade média do fluxo, declividade da lâmina de água, comprimento e largura dos habitats, tipo de material do leito e o número de Froude.

A velocidade média do fluxo (m/s) foi obtida executando a equação (1).

$$V_{med} = V_s \cdot K \quad (1)$$

Onde  $V_s$  é a velocidade superficial do fluxo medida pelo método do flutuador (CHRISTENSEN, 1994) e  $K$  é o fator de correção representado pela rugosidade do material do fundo. Foi adotado o valor de  $K=0,80$  para material rudáceo (seixo e blocos),  $K=0,85$  para material arenoso e  $K=0,90$  para material fino (silte e argila).

A declividade da lâmina d'água,  $D$  (%) foi medida em cada feição com auxílio do nível de bolha ao longo do comprimento dos habitats.

O comprimento e a largura dos habitats foram medidas com trena e, na segunda abordagem a direção do talvegue e a distância entre os habitats foram obtidas com bússola e trena. Estes dados foram utilizados para desenhar os croquis dos trechos levantados. Também foi registrada a classe granulométrica predominante no leito em cada habitats.

O número de Froude ( $Fr$ ) foi calculado efetuando a equação (2).

$$Fr = \frac{V_{med}}{\sqrt{g \cdot P}} \dots (2)$$

Onde  $g$  é a aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>) e  $P$  é a profundidade média (m).  $P$  representa a média aritmética das profundidades obtidas nas verticais ao longo da seção transversal instalada na parte central do mesohabitats (HARRELSON *et al.*, 1994).

Finalmente, para quantificar a relação entre os tipos de mesohabitats definidos em campo, foi aplicado o método classificatório multivariado de análise de agrupamento.



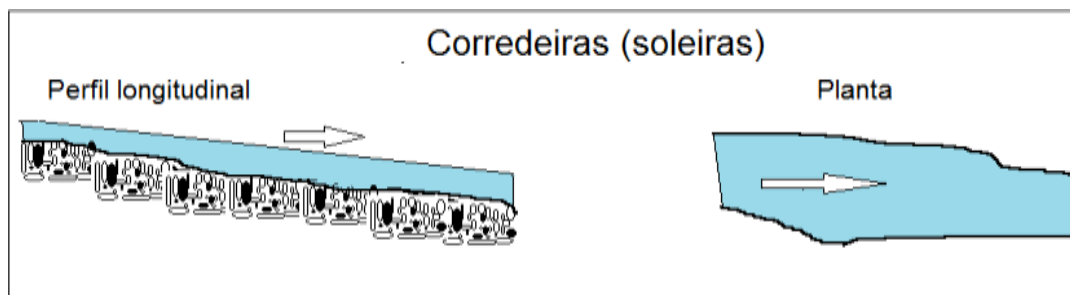
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Tipos de mesohabitats identificados nos córregos estudados

Baseado na literatura e nas características físicas e hidráulicas, as feições fluviais em mesoescala foram organizados nos seguintes grupos.

Corredeira ou Soleira (*riffle*): As áreas do canal fluvial topograficamente elevadas e fluxo convergente, com material de fundo formado por sedimentos grossos (grânulos e seixos) ou substrato rochoso e gradiente acentuado da lâmina d'água são denominados de corredeira (FERNANDEZ *et al.*, 2002) (Figuras 3 e 4).

Figura 3: Representação esquemática de corredeiras.



Fonte: os autores

Figura 4: Exemplo de mesohabitats no Córrego Guavirá: corredeira com rochas basálticas expostas no leito. Vista à montante.

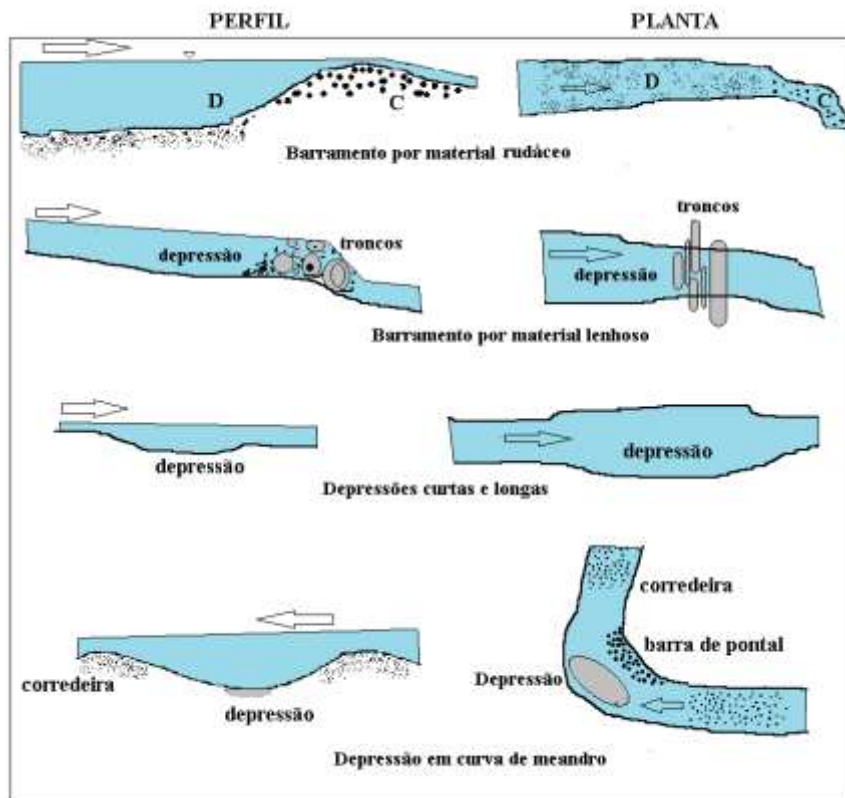


Fonte: os autores

Depressão, Poço ou Remanso (*pool*): os trechos de leito caracterizados pelo aprofundamento do canal formam as depressões, que são habitats com baixa velocidade da corrente, fluxo divergente, material do leito constituído por sedimentos arenosos e lamosos e, baixo gradiente da lâmina d'água. A gênese desta unidade é variada, podendo se formar a partir da erosão do leito (depressões longas e curtas), à montante de barragens naturais formadas pela deposição aleatória de detritos lenhosos ou sedimentos grossos (blocos e seixos) ou à jusante de obstáculos presentes no canal (afloramento da rocha basáltica, quedas d'água) (Figuras 5 e 6).

A formação de corredeiras e depressões (curtas e longas) é explicada por Keller (1971) por meio da hipótese da reversão da velocidade de fluxo (*hypothesis of velocity reversal*). Este fenômeno consiste na variação da velocidade d'água nas corredeiras e depressões conforme aumento da vazão. A velocidade do fluxo próximo ao leito é maior nas soleiras do que nas depressões nas baixas descargas. Por essa razão, os sedimentos finos são removidos das corredeiras e depositados nas depressões (remoção seletiva), dando como resultado, o seguinte quadro sedimentológico: as corredeiras são capeadas por sedimentos grossos e as depressões por sedimentos finos. Keller (1971) verificou que com o incremento da vazão, a taxa de aumento da velocidade é maior nas depressões do que nas corredeiras. Próximo a vazão de margens plenas, a velocidade do fluxo nas depressões ultrapassa a velocidade nas corredeiras, causando erosão nas depressões e deposição nas corredeiras.

Figura 5: Representação em perfil longitudinal (esquerda) e em planta (direita) dos diversos tipos de depressões.



Fonte: os autores

Figura 6: Exemplos de mesohabitats no Córrego Guavirá: depressões em curva de meandro (A) e depressões formadas por barragem composta de detritos lenhosos (B). Vista à montante.

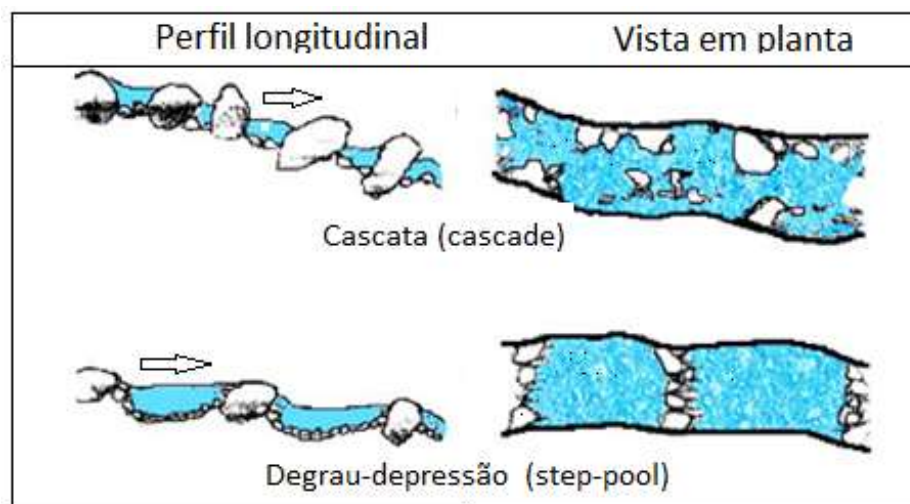


Fonte: os autores

Degrau-depressão (*step-pool*): habitats com declividade entre 3 e 10%, compostos por blocos e seixos organizados segundo um padrão retilíneo transversal à direção do fluxo. Os blocos formam pequenos degraus que favorecem a aparição de ressaltos hidráulicos e a consequente geração de depressões à jusante (Figuras 7 e 8).

Cascata (*cascade*): habitats com declividade entre 10 e 30% formados por blocos e matações espalhados aleatoriamente. A movimentação destes sedimentos ocorre durante as grandes enchentes, enquanto que os sedimentos finos são removidos durante os fluxos moderados. Os sedimentos são fornecidos por movimentos de massa nas vertentes adjacentes (Figuras 4 e 6).

Figura 7: Representação em perfil longitudinal e planta de cascata e degraudepressão.



Fonte: Montgomery e Buffington, 1997

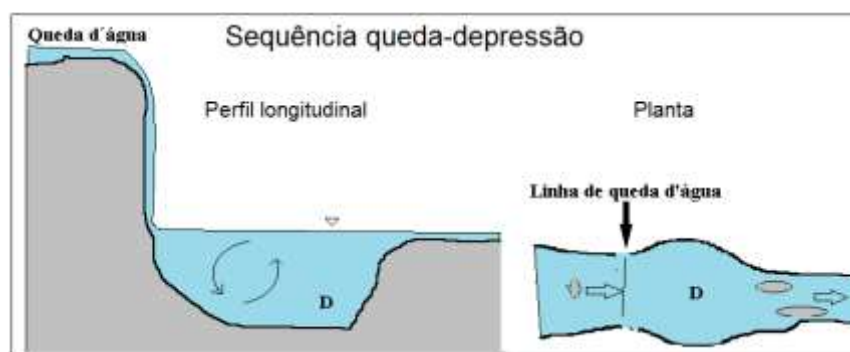
Figura 8: Exemplos de mesohabitats no Córrego Guavirá: cascata (A) e degrau-depressão (B). Vista à montante.



Fonte: os autores

Seqüência de queda-depressão: a erosão do leito expõe rochas basálticas no canal fluvial e nos trechos mais íngremes formam-se quedas d'água por solapamento. As lavas basálticas formaram derrames diferenciados principalmente dos tipos tabulares e lobados (compostos e simples) (WAICHEL *et al.*, 2006). Os derrames tabulares, mais espessos, apresentam sete níveis: a) nível superior com basalto vesicular-amigdalóide, b) nível superior com disjunção colunar, c) nível superior com disjunção tabular, d) nível central com disjunção colunar, e) nível inferior com disjunção colunar, f) nível inferior com disjunção tabular e, g) nível inferior com basalto vesicular-amigdalóide (ARIOLI *et al.*, 2008). Quando o córrego corta os níveis de disjunção colunar, a remoção dos níveis inferiores provoca o solapamento e por processo de regressão paralela dos níveis com disjunção colunar formam-se as quedas d'água (Figura 9). Na base das quedas, o efeito vórtice do fluxo durante as enchentes gera profundas depressões (D na Figura 10).

Figura 9: Representação esquemática da seqüência queda d'água-depressão em perfil longitudinal e em planta.



Fonte: os autores



Figura 10: Exemplos de mesohabitats no Córrego Guavirá: sequência queda-depressão.



Fonte: os autores

### **Características físicas e hidráulicas dos mesohabitats**

O número de mesohabitats mensurado totaliza 150 unidades, sendo 104 feições selecionadas no trecho Gua (Córrego Guavirá), 12 habitats no trecho Guar 1 (Córrego Guará), 12 habitats no trecho Mat 1 (Córrego Matilde-cuê), 15 habitats no trecho Ape 1 e 7 no trecho SAAE (Córrego Apepu) (Figura 2). O trecho SAAE localiza-se nas proximidades do poço de abastecimento de água Gaúcha III pertencente ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), autarquia municipal de Marechal Cândido Rondon.

Na tabela 1 são apresentados os valores médios das variáveis morfológicas e hidráulicas mensuradas em 104 feições selecionadas no Córrego Guavirá (trecho Gua), ao longo de 4,5 km de distancia, desde a cabeceira até a foz do Córrego Peroba (Figura 2). Nesta tabela destaca-se o grande número de depressões encontradas no trecho totalizando 47,6 %.

Nas tabelas 2, 3, 4 e 5 são mostrados os resultados das medições realizadas em cada mesohabitats nos Córregos Guará, Matilde-cuê e Apepu, seguindo a abordagem do levantamento contínuo em todas as feições identificadas ao longo do trecho monitorado. Nos croquis da figuras 11 e 12 são representados os traçados dos talvegues e a localização dos mesohabitats nos Córregos Guara, Matilde-cuê e Apepu respectivamente (Conforme as tabelas 2 ao 5).

Tabela 1. Valores médios das variáveis morfológicas e hidráulicas de mesohabitats aquáticos nos 104 pontos descritos no trecho Gua do Córrego Guavirá.

Tipos de mesohabitats	Valores médios						
	N	L (m)	P (m)	C (m)	Vmed (m/s)	D (%)	Nº de Froude
Corredeira D< 2%	12	3,23	0,177	23,27	0,382	0,787	0,327
Corredeira 2%<D<4%	17	3,13	0,122	9,31	0,481	2,707	0,444
Corredeira D>4%	6	3,68	0,141	8,26	0,400	4,86	0,375
Depressões curtas	11	2,59	0,494	7,72	0,157	0,309	0,071
Depressões longas	8	3,57	0,442	17,16	0,082	0,107	0,045
Depressão por barramento	13	3,52	0,525	11,78	0,131	0,233	0,062
Depressão de curva de meandro	17	4,48	0,714	12,26	0,122	0,112	0,089
Cascata/Degrau-depressão	7	3,00	0,253	25,68	0,284	6,705	0,271
Queda-depressão	13	4,77	0,602	12,08	-	-	-
Total	104						

N=quantidade de habitats, L=largura, P=profundidade, C=comprimento, Vmed=velocidade média do fluxo e D=declividade da lâmina d'água. Altura média das quedas d'água é igual a 0,810 m.

Org.: os autores

Tabela 2. Variáveis morfológicas e hidráulicas de mesohabitats nas imediações da seção permanente Guar 1 no Córrego Guará.

Tipo de mesohabitats	L (m)	P (m)	C (m)	Vmed (m/s)	D (%)	Nº Froude	Material de fundo
1. Corredeira	3,60	0,12	14,00	0,440	2,5	0,406	Blocos
2. Depressão longa	3,40	0,66	21,50	0,115	0,29	0,045	Silte e argila
3. Corredeira	3,40	0,11	8,30	0,405	1,700	0,389	Bloco
4. Depressão de barragem (mat. lenhoso)	3,90	0,89	8,80	0,126	0,057	0,042	Seixo e areia

5. Corredeira	2,50	0,14	10,10	0,414	1,300	0,357	Blocos
6. Depressão curva de meandro	3,0	0,56	10,80	0,117	0,079	0,050	Seixo
7. Depressão longa	3,50	0,60	20,00	0,094	0,048	0,039	Areia
8. Corredeira	3,30	0,16	15,00	0,640	0,600	0,505	Seixo
9. Depressão em curva de meandro	3,60	0,55	7,70	0,169	0,178	0,073	Seixo- areia
10. Corredeira	3,20	0,11	6,90	0,599	2,600	0,564	Seixo
11. Corredeira	2,90	0,12	6,60	0,566	2,000	0,522	Seixo
12. Depressão longa	2,80	0,45	12,10	0,110	0,143	0,052	Seixo

Org.: os autores

Tabela 3. Variáveis morfológicas e hidráulicas de mesohabitats à montante da seção permanente Mat 1 no Córrego Matilde-cuê.

Tipo de mesohabitats	L (m)	P (m)	C (m)	Vmed (m/s)	D (%)	Nº Froude	Material de fundo
1. Corredeira em rocha	3,80	0,103	105	0,53	4,00	0,530	Rocha
2. Depressão em rocha	5,60	0,32	11,4	0,079	0,19	0,045	Rocha
3. Depressão longa	4,10	0,523	22,2	0,066	0,074	0,029	Areia
4. Depressão longa	2,90	0,415	18,0	0,098	0,139	0,048	Areia
5. Cascata/Degrau-depressão	5,30	0,13	11,0	0,264	5,90	0,234	Bloco
6. Depressão curta	2,40	0,2167	5,20	0,131	0,064	0,090	Seixos
7. Cascata/Degrau-depressão	4,70	0,123	8,20	0,342	3,80	0,311	Blocos
8. Depressão em curva de meandro	5,70	0,653	8,90	0,099	0,058	0,039	Areia
9. Corredeira	1,50	0,185	16,0	0,284	0,75	0,211	Blocos
10. Depressão curta	1,90	0,475	6,10	0,183	0,10	0,085	Areia
11. Depressão em curva de meandro	3,0	0,383	8,60	0,102	0,065	0,052	Areia
12. Corredeira	1,40	0,205	9,40	0,406	0,75	0,286	Blocos

Org.: os autores



Tabela 4. Variáveis morfológicas e hidráulicas de mesohabitats em torno da seção permanente Ape 1, no Córrego Apepu.

Tipo de habitats	L (m)	P (m)	C (m)	Vmed (m/s)	D (%)	Nº Froude	Material de fundo
1. Corredeira	1,90	0,05	19,50	0,178	1,56	0,36	Seixo
2. Depressão curta	2,80	0,205	6,50	0,1138	0,147	0,080	Seixo
3. Depressão curta	2,70	0,433	5,20	0,034	0,063	0,017	Seixo
4. Depressão curta	1,30	0,397	5,70	0,518	0,218	0,013	Seixo
5. Depressão curta	2,10	0,343	7,70	0,088	0,17	0,048	Areia
6. Corredeira	1,0	0,05	5,10	0,288	2,37	0,41	Seixos
7. Depressão em curva de meandro	3,90	0,364	7,40	0,0668	0,061	0,035	Silte-argila
8. Depressão em curva de meandro	2,75	0,33	14,70	0,030	0,089	0,017	Silte-argila
9. Depressão curta	3,70	0,15	8,70	0,039	0,04	0,032	Seixo
10. Corredeira	1,40	0,0475	2,80	0,205	1,80	0,300	Seixo
11. Depressão longa	2,60	0,297	10,80	0,015	0,088	0,009	Seixo
12. Corredeira	1,65	0,047	3,80	0,282	4,33	0,417	Seixo
13. Depressão em curva de meandro	4,0	0,302	14,80	0,0288	0,05	0,017	Areia
14. Depressão em rocha	2,70	0,257	9,30	0,043	0,127	0,013	Rocha
15. Corredeira em rocha	1,40	0,833	9,20	0,253	1,42	0,281	Rocha

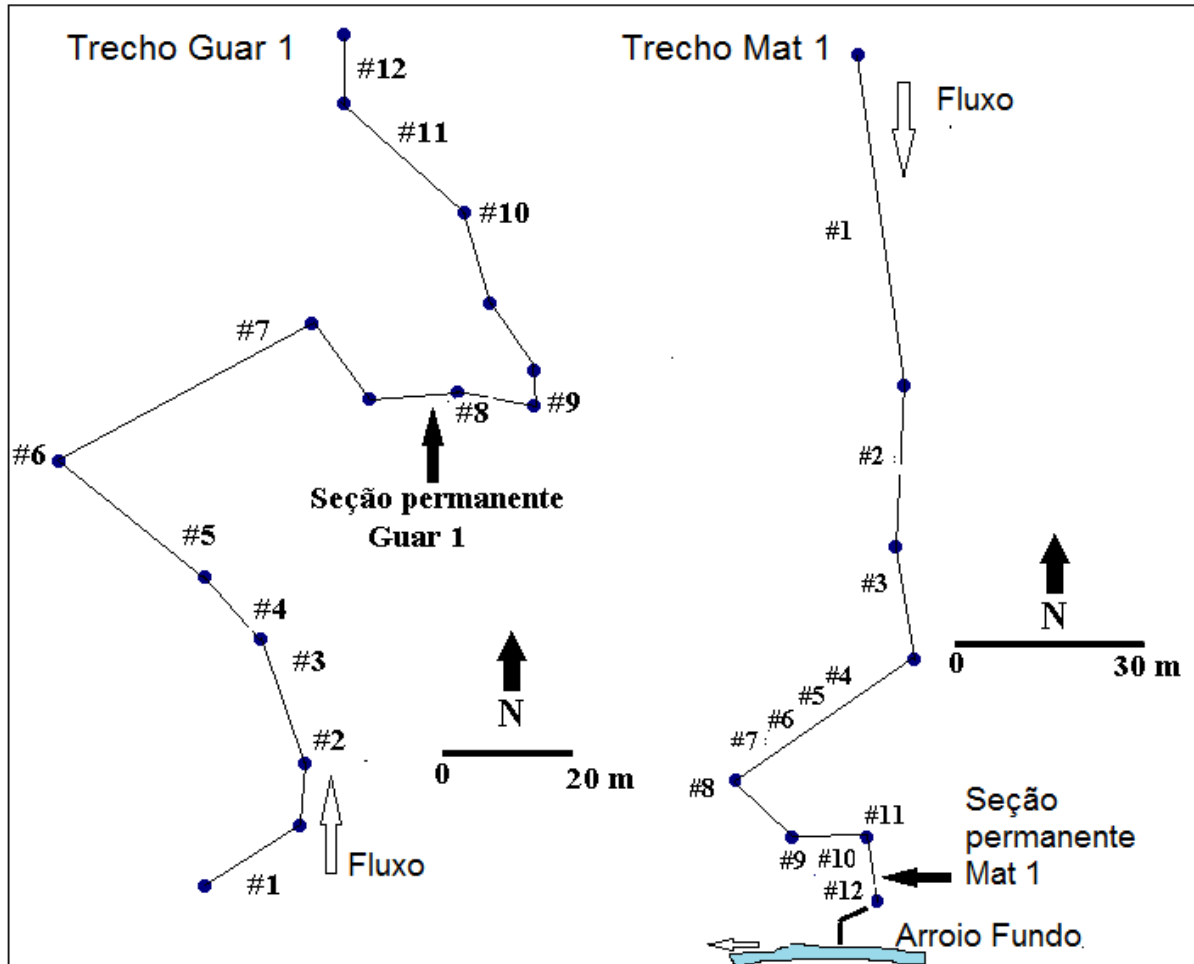
Org.: os autores

Tabela 5. Variáveis morfológicas e hidráulicas de mesohabitats aquáticos no ponto SAAE, Córrego Apepú

Tipo de hábitat	L (m)	P (m)	C (m)	Vmed (m/s)	D (%)	Nº Froude	Material de fundo
1. Corredeira	0,67	0,033	10,0	0,3256	7,90	0,570	Rocha
2. Depressão curta	2,60	0,1767	2,60	0,01568	0,125	0,012	Rocha
3. Corredeira	0,85	0,0133	6,80	0,6355	11,3	1,759	Rocha
4. Depressão curta	3,20	0,2025	4,10	0,0111	0,074	0,008	Rocha
5. Corredeira	1,10	0,0366	13,50	0,1787	4,77	0,298	Rocha
6. Corredeira	1,60	0,0125	33,80	0,360	4,22	1,028	Rocha
7. Depressão curta	2,60	0,180	7,40	0,0154	0,054	0,012	Silte+argila

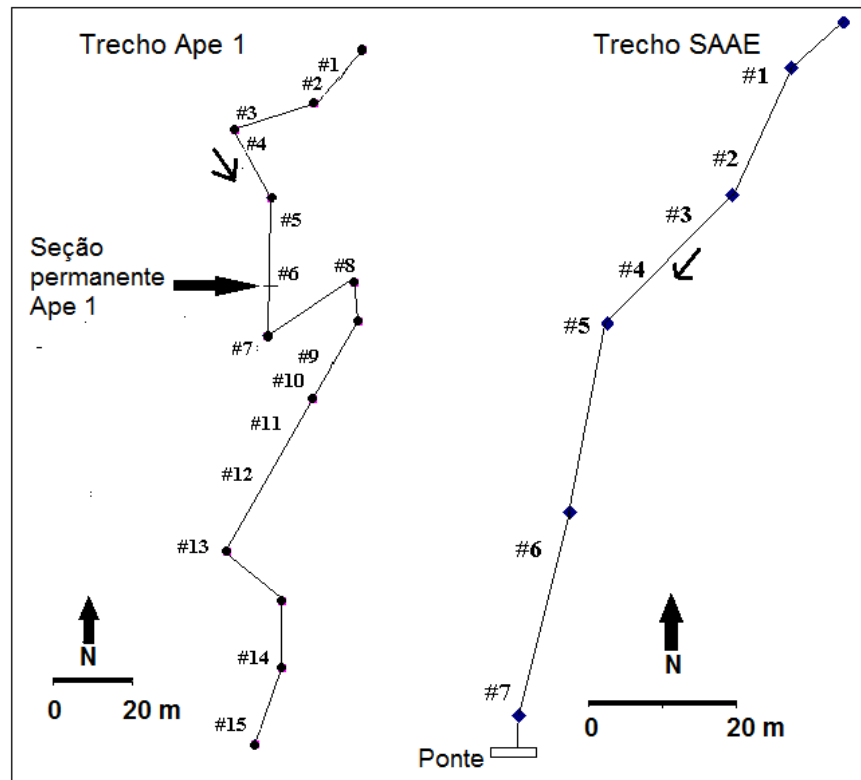
Org.: os autores

Figura 11: Croquis do traçado do talvegue e a localização dos mesohabitats descritos nos Córregos Guará (trecho Guar 1) e Matilde-cuê (trecho Mat 1) (Tabelas 2 e 3, figura 2). As coordenadas geográficas da seção permanente Guar 1 são:  $54^{\circ} 01' 21''$  W e  $24^{\circ} 31' 54''$  S (cota 338 m) e Mat 1 são:  $54^{\circ} 02' 11''$  W e  $24^{\circ} 34' 53''$  S (cota 318 m).



Fonte: os autores

Figura 12: Croquis do traçado do talvegue e a localização dos habitats descritos no córrego Apepu (trechos Ape 1 e SAAE) (Tabelas 4 e 5, figura 2). As coordenadas geográficas da seção permanente Ape 1 são: 54° 05'43" W e 24° 35'52" S (cota 258 m) e da ponte no trecho SAAE são: 24° 34' 79" S e 54° 05' 29" W (cota 308 m).



Fonte: os autores

A depressão é a feição mais comum, totalizando 50,0% dos habitats levantados em todos os trechos, as corredeiras totalizam 35,3%, as cascatas e degrau-depressão e, as seqüências queda-depressão constituem 6,0% e 8,7% respectivamente. O predomínio das depressões pode ser creditado aos múltiplos processos que dão origem a estes mesohabitats, já que podem ser formados pela erosão do leito nos trechos retilíneos, pela velocidade secundária do fluxo nos meandros (CHRISTOFOLETTI, 1980) e pelo acúmulo de escombros lenhosos (BINDA, 2009) ou sedimentos rudáceos. O último processo citado origina depressões em qualquer trecho do canal, não guardando relação com as condições de fluxo. Os detritos lenhosos são aportados pela vegetação ripária e os sedimentos grossos são fornecidos pela erosão marginal e eventuais movimentos de massa.

Para entender o papel do fluxo na formação dos habitats, foi organizada a tabela 6, na qual é mostrado a porcentagem de depressões (excetuando as depressões por barragem) e as

corredeiras. Nesta comparação, o número de depressões e corredeiras é similar no córrego Guavirá (Gua). Esta comparação pode ser pouco significativa porque neste trecho, nem todos os habitats foram selecionados para medição. Nos demais trechos, todos os habitats foram medidos, dando maior representação a sequência dos habitats. A porcentagem de depressões é mais alta nos trechos Mat 1 e Ape 1, ambos localizados próximo ao exutório das bacias (Figura 2). A vazão de pico nos períodos chuvosos nestes trechos finais das bacias, poderia ensejar uma maior taxa erosiva no canal, favorecendo a formação de depressões. Por outro lado, nos trechos Guar 1 e SAAE a porcentagem de corredeiras é maior, sugerindo o predomínio da deposição no segmento intermediário das bacias.

Tabela 6: Comparação entre o número de depressões e corredeiras nos trechos estudados nos córregos de Marechal Cândido Rondon.

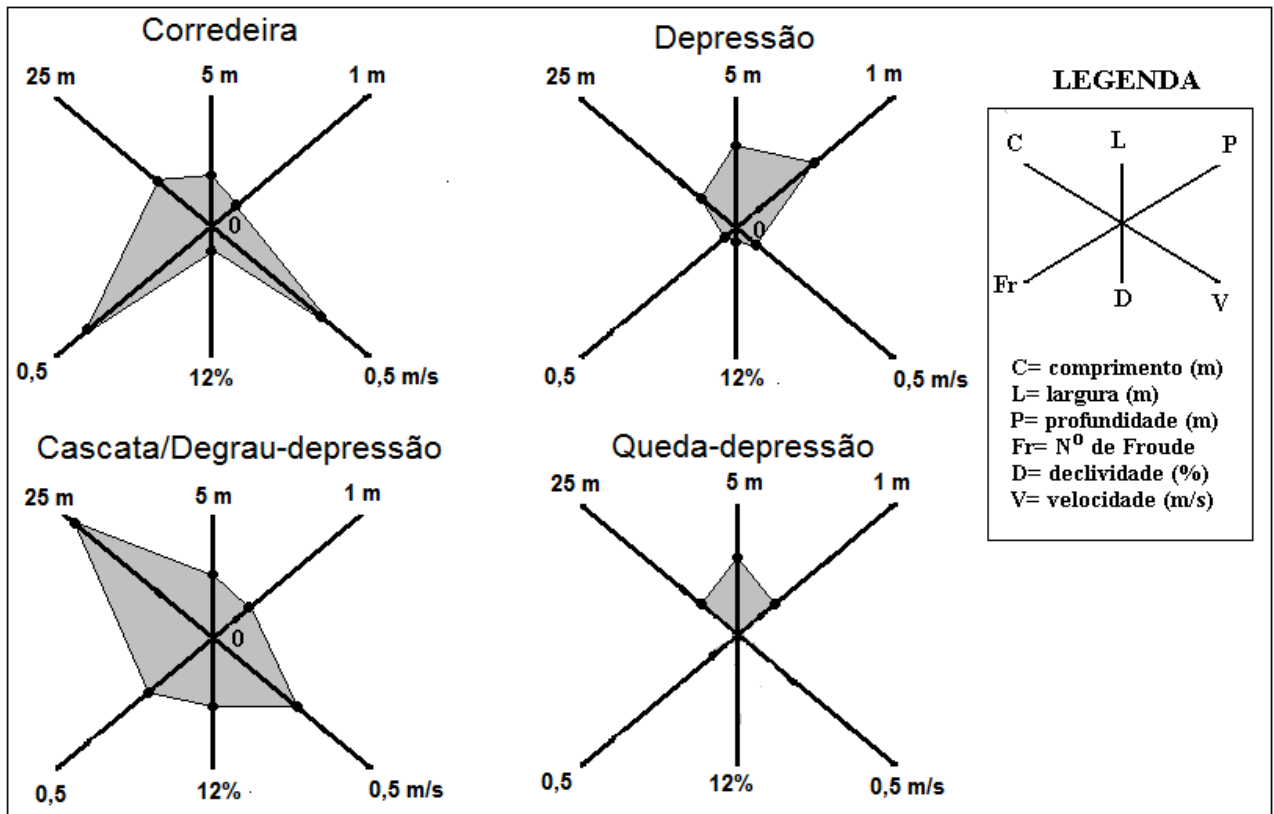
Trecho	Quantidade de habitats medido	Depressões curtas, longas e em curva de meandro (%)	Todas as corredeiras (%)	Demais habitats (%)
Gua	104	35	34	31
Guar 1	12	42	50	8
Mat 1	12	50	25	25
Ape 1	15	67	33	00
SAAE	7	43	57	0

Fonte: os autores

Os valores médios das variáveis morfológicas e hidráulicas em cada tipo de mesohabitats foram resumidos nos gráficos da figura 13. As depressões se destacam pela maior largura e profundidade, as corredeiras pela maior velocidade do fluxo e, por conseguinte elevado número de Froude e, os mesohabitats cascata e degrau-depressão se destacam pelo maior comprimento e acentuada declividade.

Para quantificar a relação entre os tipos de mesohabitats definidos em campo, foi aplicado o método classificatório multivariado de análise de agrupamento. Inicialmente, foram empregados os valores médios das variáveis. O resultado mostrou-se insatisfatório, em razão da existência de valores numéricos extremos na matriz de dados, como por exemplo, os valores do comprimento das feições e os números de Froude. Conforme Moita Neto e Ciaramella (1998), quando não é realizado o pré-tratamento, as variáveis com valores numéricos altos serão mais importantes no cálculo que as variáveis com valores numéricos baixos, mascarando as relações matemáticas entre os objetos em estudo.

Figura 13: Valores médios dos parâmetros morfológicos e hidráulicos mensurados nos mesohabitats monitorados nos córregos de Marechal Cândido Rondon, PR.



Fonte: os autores

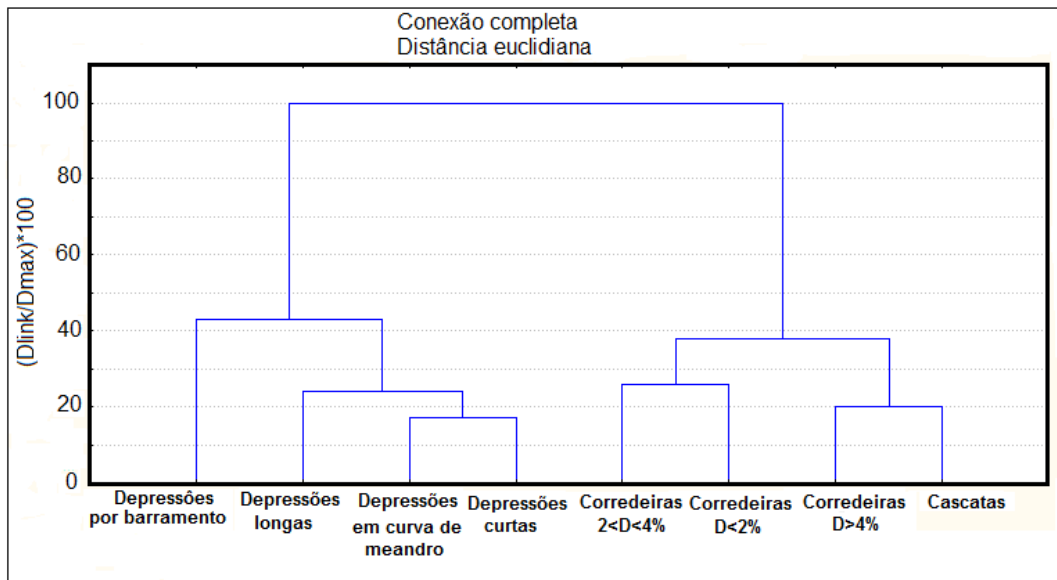
No presente trabalho, o pré-tratamento realizado foi através do uso do logaritmo dos valores médios das variáveis em substituição dos valores absolutos (Tabela 7). Utilizando os dados logaritmizados obteve-se o dendograma da figura 14. A classificação oferecida pela análise de agrupamento corrobora a diferenciação dos mesohabitats realizada em campo, separando em dois grandes grupos: as corredeiras/cascatas/degrau-depressão e as depressões. No primeiro, distinguem-se os subgrupos com declividade  $D > 4\%$  e  $D < 4\%$ . Entre as depressões, destaca-se o sub-grupo das depressões curtas, longas e curvas de meandro. As depressões por barramento apresentam-se separadas no sub-grupo das depressões, justificando a sua origem, formada pela existência ocasional das barragens de detritos lenhosos ou sedimentos rudáceos, cujas acumulações não guardam relação com a morfologia do canal.

Tabela 7. Logaritmos das médias das variáveis morfológicas e hidráulicas levantadas nos habitats.

	Cascatas	Corredeiras			Depressões			
		D <2%	2<D<4%	D>4%	Curta	Longa	Curva de meandro	'Barramento
Comprimento	1,19	1,23	1,04	1,016	0,84	1,22	1,052	1,007
Largura	0,597	0,42	0,44	0,38	0,41	0,550	0,61	0,62
Profundidade	-0,75	-0,685	-0,98	-0,73	-0,43	-0,35	-0,25	-0,17
Nº de Fr	-0,58	-0,476	-0,356	-0,27	-1,29	-1,38	-1,22	-1,29
Declividade	0,76	-0,014	0,39	0,74	-0,69	-0,91	-0,80	-0,058
Velocidade	-0,53	-0,424	-0,347	-0,41	-0,88	-1,086	-0,83	-0,89

Org.: os autores

Figura 14: Dendograma referente a classificação dos mesohabitats aquáticos baseada em 150 habitats monitorados nesta pesquisa.



Fonte: os autores

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho descreveu os aspectos morfológicos e hidráulicos de mesohabitats aquáticos nos córregos do planalto basáltico paraense, tendo como recorte os cursos de água que drenam a sede urbana de Marechal Cândido Rondon. Dentre os mesohabitats identificados, se destacam as depressões, seguida das corredeiras, sequência queda-depressão e o binômio degrau-depressão/cascata. O predomínio das depressões é atribuído ao fato de que estes habitats são formados por vários processos e por tanto são mais numerosos. Estas feições podem ser originadas pela erosão do leito (depressões curtas e longas), pela deposição

de detritos lenhosos ou rudáceos (depressões por barramento) ou controlados pela geometria da trajetória do canal (depressões em curva de meandro). As associações e dimensões dos mesohabitats constituem o resultado do trabalho fluvial realizado pelos cursos d'água inseridos numa região com determinadas características geomorfológicas (planalto), geológicas (substrato basáltico), climáticas (subtropical mesotérmico) e uma ocupação antrópica caracterizada pelo intenso desmatamento nas décadas de 1950 e 1960, seguido de um processo de urbanização crescente a partir da década de 1970.

A magnitude das modificações na morfologia e nas condições hidráulicas dos habitats aquáticos pelas atividades antrópicas nas bacias estudadas (desmatamento e posterior urbanização), podem ser elucidadas realizando levantamentos similares em bacias hidrográficas em condições prístinas ou minimamente impactadas situadas em unidades de conservação, tanto de proteção integral como de uso sustentável, na região Oeste paranaense.

**Trabalho enviado em dezembro de 2016**  
**Trabalho aceito em abril de 2017**

## REFERÊNCIAS

ÁGUASPARANÁ (Instituto das Águas do Paraná). Disponível em: [http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PUBLICACOES/parana\\_III.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PUBLICACOES/parana_III.pdf). Acesso em 19/09/2015.

ANLAUF, K.J.; MOFFITT, C.M. Models of stream habitat characteristics associated with tubificid populations in an intermountain watershed. **Hydrobiologia**, v. 603, p. 147-158, 2008.

ARIOLI, E.E.; LICHT, O.A.B.; VASCONCELLOS, E.M.G.; BONNET, K.L.; SANTOS, E.M. Faciologia vulcânica da Formação Serra Geral na Região de Guarapuava, Paraná. In: IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, 4, Foz do Iguaçu, **Anais**, 2008.

BADE, M.R. **Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai)**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, (PR), 2014.

BALLER, L. **Caracterização de perfis longitudinais nas bacias hidrográficas do Paraná III (Brasil) e Alto Paraná (Paraguai)**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014.



BINDA, A.L. **A influência de detritos lenhosos na morfologia e na sedimentologia de leito no Rio Guabiroba, Guarapuava-PR.** 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2009.

BLEDSON, B.P.; WATSON, C.C. Effects of urbanization on channel instability. **Journal American Water Resources Association**, v. 47, p. 255-270, 2001.

BOTELHO, R.G.M., SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (Orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, pp.153-192. 2004.

CHRISTENSEN, B.A. Velocity measurement by the one-orange method. In: American Society of Civil Engineers, **Symposium Proceedings**, Fundamentals and Advancements in Hydraulic Measurements and Experimentation, Buffalo, New York, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: editora Edgard Blucher, 1980.

CHURCH, M. Channel morphology and typology. In: P. Carlow; G.E. Petts (Orgs.) **The Rivers Handbook**, Blackwell Science, Malden, Mass. p. 126-143, 1992.

FERNANDEZ, O.V.Q.; REBELATTO, G.; SANDER, C. Análise quantitativa de seções transversais em pequenos canais fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n.1, p. 85-92, 2001.

FERNANDEZ, O.V.Q.; SANDER, C.; REBELATTO, G. Sequência de soleiras e depressões no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 3, n. 1, p. 49-57, 2002.

FRISSEL, C.A.; LISS, W.J.; WARREN, C.E.; HURLEY, M.D. A hierarchical framework for stream classification viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**, v. 10, p. 199-214, 1986.

GRANT, G.E.; SWANSON, F.; WOLMAN, M.G. Pattern and origin of stepped-bed morphology in high-gradient streams, Western Cascades, Oregon. **Geological Society of America Bulletin**, v. 102, p. 340-352, 1990.

GREGORY, V. **Os eurobrasileiros e o espaço colonial: migrações no Oeste do Paraná (1940 a 1970).** Cascavel: Edunioeste. 2002.

HALL, R.I.; LEAVITT, P.R.; QUINLAN, R.; DIXIT, A.S.; SMOL, J.P. Effects of agriculture, urbanization, and climate on water quality in the northern Great Plains. **Limnology and Oceanography**, v. 44, n. 3, p. 739-756, 1999.

HALL, R.L.; HEGGEM, D.T.; JONES, K.B.; KAUFMANN, P.R.; MOORE, S.B.; GREGORY, S.J. Quantifying structural physical habitat attributes using LIDAR and hyperspectral imagery. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 159, p. 63-83, 2009.

HALWAS, K.; CHURCH, M. Channel units in small, high gradient streams on Vancouver Island, British Columbia. **Geomorphology**, v. 43, p. 243-256, 2002.

HARRELSON, C.C.; RAWLINS, C.L.; POTYONDY, J.P. **Stream channel reference sites: an illustrated guide to field technique**. General Report No RM-245. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Fort Collins, Colorado, 61 p., 1994.

HAWKINS, C.P.; KERSHNER, J.L.; BISSON, P.A.; BRYANT, M.D.; DECKER, L.M.; GREGORY, S.V.; McCULLOUGH, D.A.; OVERTON, C.K.; REEVES, G.H.; TEEDMAN, R.J.; YOUNG, M.K. A hierarchical approach to classifying stream habitat features. **Fisheries**, v. 18, n. 6, p. 3-12, 1993.

IAPAR (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná) **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba, 49 p., 1994.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Censo populacional. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/marechal-candido-rondon/panorama>>. Acesso em: 11/06/2017.

KELLER, E.A. Areal sorting of bed material: the hypothesis of velocity reversal. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 82, p. 753-756, 1971.

LEHOTSKY, M. River morphology hierarchical classification (RMHC). **Acta Universitatis Carolinae**, v. 1, p. 33-45, 2004.

MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

Mc CLAIN, M; FULLER, D., DEKER, L., OVERTON K. **Stream habitat classification and inventory procedures for northern California**. FHC Currents. No.1. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Pacific Southwest Region, 1990.

MOITA NETO, J.M.; CIARAMELLA, G. Uma Introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 21, p. 4, p. 467-469, 1998.

MONTGOMERY, D.R.; BUFFINGTON, J.M. Channel reach morphology in mountain drainage basins. **Geological Society of America Bulletin**, v. 109, p. 596-611, 1997.

MORESCO, M.D. **Estudos de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon - PR**. 2007, 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, 2007.

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. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 1/2, p. 15-32, 2002.

PAUCHARD, A.; AGUAYO, M.; PEÑA, E.; URRUTIA, R. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fastgrowing metropolitan área (Concepción, Chile). **Biological Conservation**, v. 127, n. 3, p. 272-281, 2006.

PAUL, M.J.; MEYER, J.L. Streams in the urban landscape. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 333-365, 2001.

PFLUCK, L.D. **Riscos ambientais: enxurradas e desabamentos na cidade de Marechal Cândido Rondon-PR, 1980 a 2007**. 2009, 274 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

POOLE, G.C., FRISSELL, C.A; RALPH, S.C. In-stream habitat unit classification: Inadequacies for monitoring and some consequences for management. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 33, n. 4, p. 231-245, 1997.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n.1, p. 1-16, 2002.

ROWNTREE, K.M.; WADESON, R.A. A hierarchical model for the assessment of instream flow requirements. **Geoöko Plus**, v. 4, p. 85-100, 1997.

SANTOS, L.J.C.; FIORI, C.O. CANALI, N.E. FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T. da; SILVA, J.M.F. da; ROSS, J.L.S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SILVA, O.; BRAGAGNOLLO, R.; MACIEL, C.F. **Toledo e sua história**. Toledo: Editora Prefeitura de Toledo, 1988.

SILVA, D.R.O.; LIGEIRO, R.; HUGHES, R.; CALLISTO, M. Visually determined streams mesohabitats influence benthic macroinvertebrate assessments in headwater streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 9, p. 5479-5488, 2014.

STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: V.T. Chow (Ed.). **Handbook of Applied Hydrology**. McGraw-Hill Book Co., New York, p. 39-76, 1964.

TOMČÍKOVÁ, I. Zones and segments as taxa used in the hierarchical classification of riverine landscapes: a case study of the Smrečianka brook, Slovak Republic. **Moravian Geographical Reports**, v. 21, n. 4, p. 27-37, 2013.

Van NIEKERK, A.W.; HERITAGE, G.L.; MOON, B.P. River classification for management: the geomorphology of the Sabie river in the eastern Transvaal. **South African Geographical Journal**, v. 77, p. 68-76, 1995.

WACHOWICZ, R. **Obrageros, mensus e colonos: história do oeste do Paraná**. Curitiba, ed. Vicentina. 1987.

WAICHEL, B.L.; LIMA, E.F.; SOMER, C.A. Tipos de derrame e reconhecimento de estruturas nos basaltos da Formação Serra Geral: terminologia e aspectos de campo. **Pesquisas em Geociências**, v. 33, n. 2, 123-133, 2006.

WIENS, J.A. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 501-515, 2002.

WOODSMITH, R.D. Multivariate geomorphic analysis of forest streams: implications for assessment of land use impacts on channel condition. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 21, p. 377-393, 1996.

ZIMMERMANN, A.; CHURCH, M. Channel morphology, gradient profiles and bed stresses during a flood in a step-pool channel. **Geomorphology**, v. 40, p. 311-327, 2001.