

**DINÂMICA HIDROSEDIMENTOLÓGICA E AMBIENTES DE CALHA FLUVIAL
EM UM CURSO D'ÁGUA SERRANO: O CASO DO CÓRREGO PONTE
QUEIMADA - BELO HORIZONTE/MG.**

Chrystiann Lavarini - Acadêmico em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais
(UFMG). E-mail: lavarini.c@gmail.com ;

Henrique Pesciotti - Acadêmico em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais
(UFMG). E-mail: hpesciotti@gmail.com;;

Lilian Coeli - Acadêmica em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais
(UFMG).E-mail: liliancoeli@gmail.com.

Antônio Pereira Magalhães Jr. - Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFMG.
Av. Antônio Carlos, 6627, 31.270-901, BH-MG. E-mail: magalhaesufmg@yahoo.com.br

RESUMO – O córrego Ponte Queimada está localizado em Belo Horizonte-MG dentro de uma Unidade de Conservação. Além disso, situa-se em área de cabeceiras de drenagem em contexto serrano, representando um tema ainda pouco abordado pela geomorfologia nacional. Este trabalho objetivou (i) interpretar as diversas formas de carga sedimentar transportada pelo córrego e a dinâmica sedimentológica correspondente; (ii) caracterizar o ambiente fluvial; (iii) verificar a influência dos processos de vertente na morfologia e dinâmica fluvial e (iv) entender as conseqüências denudacionais no contexto local. Dessa forma foram realizadas campanhas de campo onde percorreu-se a calha fluvial através da adaptação do método Pebble Count, envolvendo também, parâmetros morfométricos e hidráulicos, que posteriormente foram utilizados no Número de Froude e na classificação morfológica dos canais proposta por Montgomery e Buffington (1997). Em laboratório foram realizadas STD, SS e granulometria dos sedimentos de leito. Constatou-se que a morfologia dos canais variou grandemente, sendo classificados como coluviais, de leito rochoso e aluviais, tais como: cascatas e poços; degraus e poços; corredeiras e degraus; e trecho restaurado. Também percebeu-se que os trechos em degraus e poços transportam menos carga em suspensão relativa aos demais, em função do fluxo que, nesses trechos, é regulado pela granulometria.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica Hidrossedimentológica; Morfologias de Canal; Canais Serranos; Quadrilátero Ferrífero; Belo Horizonte-MG.

ABSTRACT: The stream Ponte Queimada is located in Belo Horizonte-MG in a conservation area. Besides, it is located in the headwaters area in the mountain context, that is a issue still not addressed by the national geomorphology. This study aimed to (i) interpret the various forms of the sediments transported by the stream and the corresponding sedimentological dynamics, (ii) to characterize the fluvial environment, (iii) verify the influence of the slope process morphology and fluvial dynamics and (iv) understand the denudational consequences in the local context. Thus field campaigns were conducted which

come to bed-stream by adapting the Pebble Count method, also involving, morphometric and hydraulic parameters, which were later used in the Froude number and the morphological classification of channels offered by Montgomery and Buffington (1997). In laboratory were TDS, SS and bed sediment grain size. It was found that the morphology of the channels varied greatly and are classified as colluvial, bedrock and alluvial such as: cascade-pools, step-pools; riffles-steps, and stretch restored. Also were noticed that the step-pools patch carry less suspended load than the others, because of the flow that, in these parts, is governed by particle size.

KEY-WORDS: Runoff-erosion Dynamics; Channel Morphology; Mountain Channels; Quadrilátero Ferrífero; Belo Horizonte-MG.

1. INTRODUÇÃO.

A dinâmica do escoamento superficial, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha significância na atuação exercida pelo fluxo sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito. Carreando água e detritos dos continentes para os oceanos, as redes hidrográficas são as principais vias para o transporte dos produtos elaborados pela meteorização (CHRISTOFOLETTI, 1981).

No que concerne ao fluxo, o material sedimentar transportado pelos cursos fluviais pode ser subdividido, em função dos seus mecanismos de transporte, em: (1) carga dissolvida, proveniente basicamente do intemperismo geoquímico dos minerais, (2) carga suspensa, composta de materiais de granulação mais fina como colóides, sendo mantidas em suspensão pelo fluxo turbulento das águas; e (3) carga de leito, caracterizada por apresentar sedimentos grosseiros, como seixos e matacões. Os meios de transporte destas cargas sedimentares são conhecidas, respectivamente, como saltação, rolamento e arraste (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991).

O conjunto destes meios de transporte corresponde à carga sedimentar total, que é um importante aspecto da denudação do relevo (EASTERBOOK, 1999) e possui intensidade que varia grandemente no espaço e no tempo (LEEDER, 1991 apud SALGADO, 2003). Dentro dessa perspectiva, o estudo das características hidrossedimentológicas dos cursos d'água revela não apenas uma série de dados descritivos, mas também auxiliam a compreender o ambiente fluvial e os mecanismos de esculturação do relevo.

A própria configuração morfológica do leito dos canais fluviais reflete, em parte, os processos denudacionais vigentes nas áreas a montante, que em associação a diferenças longitudinais e transversais na competência do fluxo, condicionam morfologias e padrões

específicos ao contexto da bacia. Em termos hidráulicos e sedimentológicos, Rubin e Topping (2001) diferem duas variáveis que controlam o transporte de sedimentos nos canais. O fluxo, quando este regula a variação granulométrica do material de leito (*flow-regulated transport*), e o papel da granulometria do leito (*bed-sediment regulated transport*) como regulador do transporte fluvial, sendo entendido, em muitos casos, como elemento-chave da dinâmica hidrossedimentológica local, muito embora poucos estudos abordem essa causalidade. Além dos fatores supracitados, é fundamental assinalar a ocorrência de eventos neotectônicos, que modelam a paisagem por meio de processos degradacionais ou agradacionais.

Nas regiões de terras altas, nas proximidades das cabeceiras de drenagem, os cursos fluviais adquirem características específicas, tanto morfológicas quanto hidráulicas, refletindo a interação de processos geomorfológicos de vertentes e fluviais (CAINE E SWANSON, 1989; BENDA E DUNNE, 1997 *apud* BRUMMER E MONTGOMERY, 2003). Desse modo, essas áreas podem sofrer distúrbios causados por movimentos de massa, como desmoronamentos, deslizamentos e fluxos, que controlam o transporte e fornecimento de sedimentos dos canais de ordem mais baixa para aqueles de ordem hierárquica maior, condicionando a geometria dos canais, a morfologia do leito e as variáveis hidráulicas (DIETRICH AND DUNNE, 1978; BENDA, 1990; LANCASTER ET AL., 2001 *apud* BRUMMER E MONTGOMERY, 2003; HOWARD, 1998; GOMI; SIDLE AND SWANSTON, 2004).

No entanto, apesar das bacias de drenagem em áreas montanhosas ou serranas possuírem grande importância geomorfológica e biológica, devido à diversidade de habitats aquáticos e à dinâmica hidrossedimentar particular que condiciona todos os trechos fluviais à jusante (NEHLSSEN et al., 1991; FRISSELL, 1993; MILLIMAN E SYVITSKI, 1992; REID, 1993 *apud* MONTGOMERY e BUFFINGTON, 1997), ainda não há uma quantidade de estudos satisfatórios desse tema, tanto na literatura internacional sobre áreas montanhosas em margens passivas (HACK, 1957, 1960; HACK e GOODLETT, 1960 *apud* GOLDEN e SPRINGER, 2006), quanto na literatura nacional, mais especificamente em áreas de cabeceiras de drenagem e nascentes (LAVARINI et al., 2009; FELLIPE, 2009).

A importância demonstrada pela temática acima, especificamente no entendimento dos processos morfogenéticos e morfodinâmicos nas bacias de drenagem, reforça a relevância deste trabalho. O objetivo geral envolve o estudo das características hidrossedimentológicas e geomorfológicas vigentes no Córrego Ponte Queimada, zona sul de Belo Horizonte – MG, um típico curso fluvial das áreas serranas do espaço urbano da capital mineira. Buscou-se compreender a dinâmica hidrossedimentar do curso d'água e a configuração das morfologias

fluviais resultantes. Em termos de objetivos específicos o trabalho visa: (i) interpretar as diversas formas de carga sedimentar transportada pelo córrego e a dinâmica sedimentológica correspondente; (ii) caracterizar o ambiente fluvial, enfatizando, mais especificamente, as formas de leito; (iii) verificar a influência dos processos de vertente na morfologia e dinâmica fluvial atual e (iv) entender as possíveis conseqüências denudacionais no contexto geomorfológico local em face da esculturação exercida pelas atividades do canal fluvial e das encostas.

Para tal fim foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a temática, com observações em campanhas de campo associadas a análises laboratoriais e de gabinete de 25 pontos selecionados.

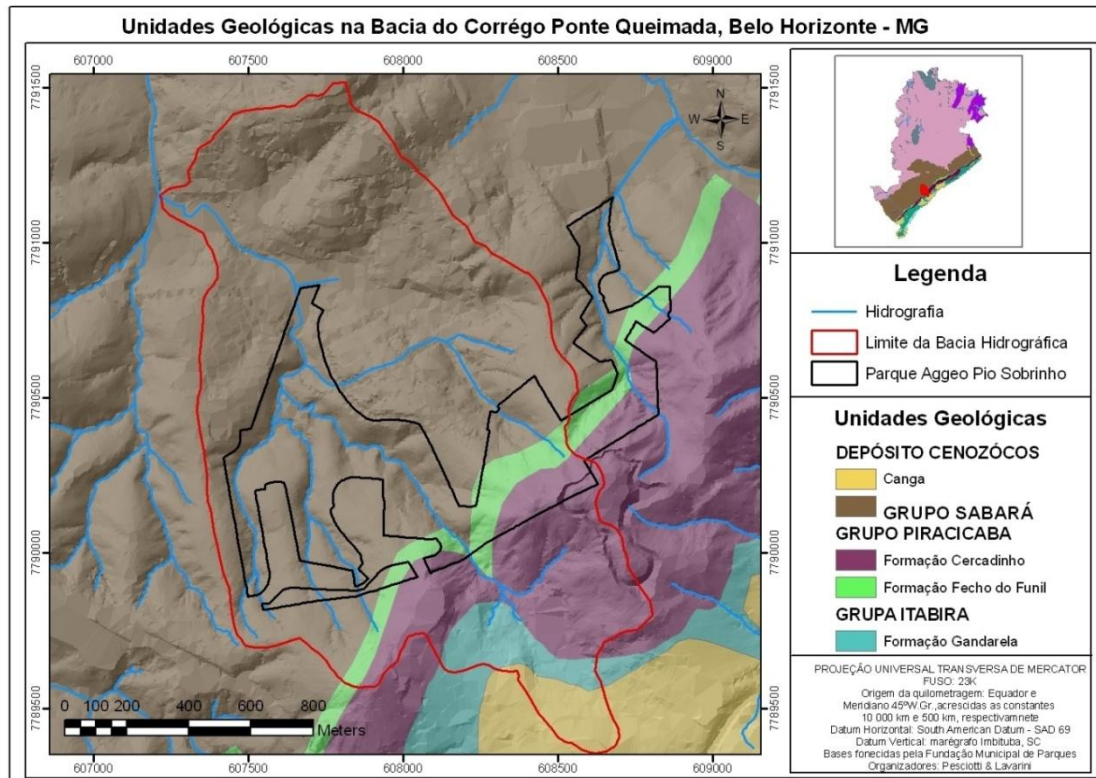
O trabalho se insere no conjunto de estudos sobre geomorfologia fluvial do Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Recursos Hídricos (CNPq), sediado no Instituto de Geociências da UFMG.

2. MATERIAIS E MÉTODOS.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – Situada no Município de Belo Horizonte – MG dentro do Parque Municipal Aggeio Pio Sobrinho, a bacia do córrego Ponte Queimada está inserida em uma área de aproximadamente 543.650 metros quadrados, correspondendo a uma das maiores áreas de conservação da cidade e o segundo maior parque municipal. A vegetação nativa ocupa, aproximadamente, 95% da área do parque, sendo descrita como floresta estacional semidecidual com manchas de savana localizadas no topo das vertentes. Os córregos apresentam mata galeria em bom estado de preservação (CALLISTO et al., 2001). Apesar de boa parte vegetada, a bacia de drenagem do córrego estudado possui próximo aos seus interflúvios, uma área residencial verticalizada de ocupação urbana recente. Coexistem também, no entorno do parque, feições erosivas aceleradas e impermeabilização de áreas de recarga (asfaltos e construções). Há também modificações nos ambientes fluviais, tanto na sua confluência no médio curso do rio com o Córrego Cercadinho (trecho restaurado artificialmente), quanto próximo a sua nascente (pequena barragem para contenção de água pluvial). Tais impactos contribuem, obviamente, para a alteração da dinâmica hidrossedimentológica local e, por conseqüência, repercute na rede de drenagem.

A região está inserida na borda norte do Quadrilátero Ferrífero, sobre três unidades geológicas distintas: Grupo Sabará, Formação Fecho Funil e Formação Cercadinho (Mapa 1). No entanto, no recorte da área de estudo no qual foram realizadas as coletas de dados predominam as rochas do Grupo Sabará, essencialmente xistos, filitos, metarenitos,

metavulcanoclásticas, metaconglomerados e metadiamicritos, sendo tal grupo a unidade geológica mais recente do Supergrupo Minas. (REIS et al., 2002).



Mapa 1: Unidades Geológicas na bacia do Córrego Ponte Queimada, Belo Horizonte-MG.

Fonte: Bases cartográficas cedidas pela fundação de Parques Municipais.

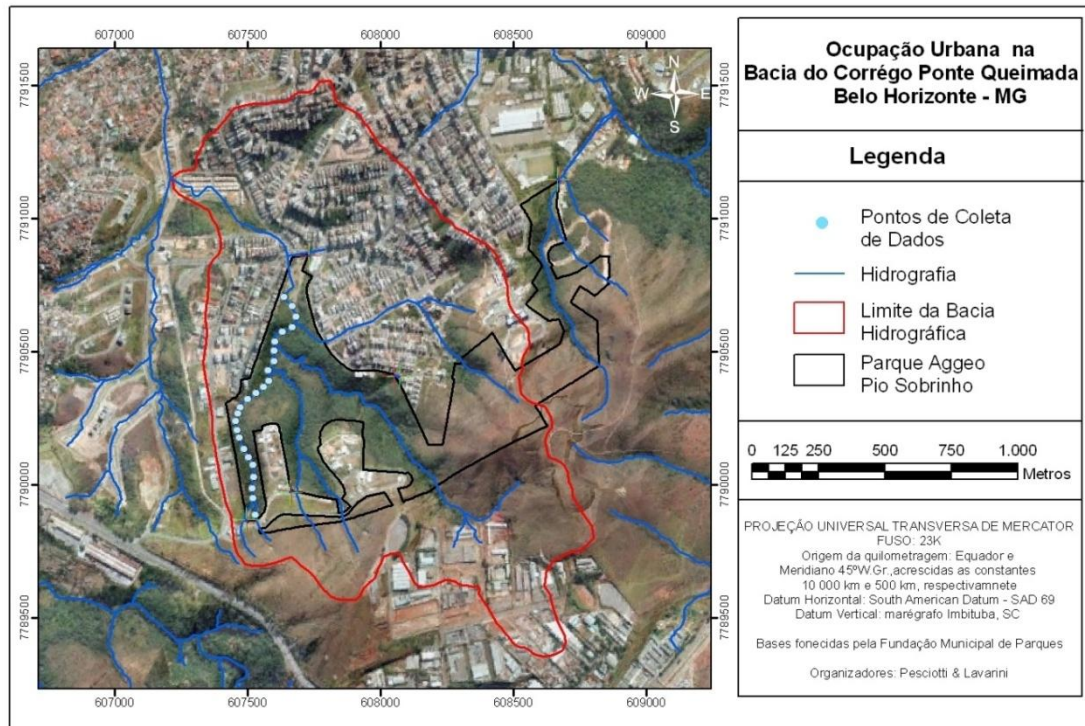
Em face do detalhamento necessário à pesquisa optou-se pela focalização do Córrego Ponte Queimada, afluente do Córrego Cercadinho que por sua vez é tributário do Ribeirão Arrudas, o principal curso d'água que corta a cidade de Belo Horizonte. Situado em um vale serrano, em região de cabeceiras, a área de estudo é uma das poucas na região metropolitana de Belo Horizonte em estado de conservação razoável. A bacia possui uma área de aproximadamente 2,14 km² e parte dela situa-se fora da área de proteção do parque, com altitudes variando entre 905 – 1235 metros. O clima correspondente a área é do tipo Cwa (tropical de altitude), segundo a classificação climática de Köppen.

A rede de drenagem possui padrão geral dendrítico, com vales encaixados e sem presença de planícies de inundação. Este encaixamento pode ser de tal magnitude, que o talvegue encontra-se geralmente no substrato rochoso, e os taludes marginais podem atingir altitudes próximas a oito metros. Como resultado do processo de encaixamento, alguns segmentos de vertentes são altas e íngremes. Matacões e seixos são encontrados tanto no leito fluvial quanto nos taludes marginais. É possível, ao longo de vários trechos do córrego,

identificar diversas feições erosivas nas encostas, desde pequenos sulcos a voçorocas de magnitude expressiva.

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – Muitas das técnicas existentes para a compreensão e estimativa das taxas de transporte fluviais são de difícil aplicação, tendo em vista os altos custos, a pouca praticidade e a margem de confiabilidade nos resultados. A partir do preposto, foi selecionada uma série de técnicas e procedimentos descritos na literatura científica, que tomados em conjunto, permitiram um bom nível de compreensão das características fluviais e geomorfológicas da bacia pesquisada. Esses procedimentos podem ser subdivididos entre procedimentos de campo, de laboratório e gabinete.

Foram realizadas duas campanhas de campo nos dias 02 e 03/03/2010, onde se percorreu toda a calha fluvial do Córrego Ponte Queimada, desde seu trecho restaurado (nas proximidades de sua confluência com o Córrego Cercadinho) até a nascente principal da sua margem esquerda, próxima ao limite SW do Parque. O percurso foi feito seguindo-se uma adaptação do método original proposto por Bevenger e King (1995), conhecido como Pebble Count. Ao invés de realizar um percurso de sete passos em ziguezague, coletar e medir aleatoriamente os seixos da carga de leito como o método propõe, optou-se por percorrer apenas o talvegue numa seqüência de 50 passos (aproximadamente 35 metros) e mensurar três seixos aleatoriamente (Mapa 2). Essa adaptação ocorreu em função da pequena variação granulométrica do perfil longitudinal do rio, da maior heterogeneidade da carga de fundo em perfil transversal e também em função da considerável distância a ser percorrida. Concomitantemente à amostragem de seixos, foram analisados alguns parâmetros morfométricos e hidrométricos, dimensionando-se a velocidade do fluxo (v), a largura (w) e a profundidade (h), estimando-se posteriormente, a área do canal (A_c), a área de setor (A_s) e a vazão (Q). Além dos dados já descritos, foram coletadas amostras de água à profundidade média e sedimentos das camadas superficiais do leito. Todos os procedimentos de campo acima mencionados perfizeram 25 perfis transversais onde foram realizadas tais interpretações.



Mapa 2: Pontos de Amostragem. Fonte: Bases cartográficas cedidas pela fundação de Parques Municipais.

Posteriormente, no Laboratório Geomorfologia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), foi realizada a mensuração da carga dissolvida (STD) através da secagem em estufa de amostras d'água de 100 ml previamente filtradas com filtros de papel de 6 µm de porosidade (marca Whatman) e pesadas em balanças de precisão. Também foram secas em estufa as amostras dos mesmos pontos, porém sem filtração, obtendo, portanto, o valor de sólidos totais (ST). A partir desses dois valores foram estimados os sólidos em suspensão (SS), sabendo que $SS = STD - ST$. As amostras de sedimentos correspondentes à camada superficial da carga de leito foram peneiradas e separadas nas seguintes frações: cascalho; areia muito grossa, grossa, média e fina; silte e argila (através do método de pipetagem).

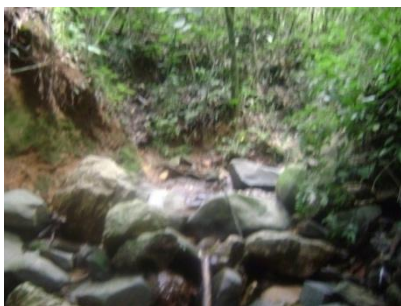
Na caracterização morfológica do canal utilizou-se a metodologia proposta por Montgomery e Buffington (1997) para classificações de canais em bacias montanhosas. Paralelamente, foram interpretados os dados obtidos nas análises sedimentológicas do leito, e também os tipos de fluxo correspondente a cada ponto, a partir do número de Froude (Fr), na qual $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Rh}}$; onde v = velocidade do fluxo; g = aceleração da gravidade; e Rh = raio hidráulico.

O conjunto de métodos utilizados foi essencial na delimitação de ambientes fluviais, que aparentemente homogêneos, apresentavam variações hidráulicas ou sedimentológicas que os tornava diferenciados em função da dinâmica apresentada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Em relação à morfologia dos canais foi possível reconhecer grande parte das descrições realizadas por Montgomery e Buffington (1997) prevalecendo, em sua maioria, classificações intermediárias (Quadro 1). Dos 25 pontos de análise, nove obtiveram classificações intermediárias pelo fato de não corresponderem a uma morfologia específica. Também não foram encontrados trechos de canais com configuração característica de poços/corredeiras (*pool-riffle*); de leito plano (*bed plane*); e de canais em cascata (*cascade*).

A compartimentação longitudinal dos trechos classificados parece guardar relação com as características geomorfológicas e geológicas da bacia, como a declividade dos canais e das vertentes, o quadro litológico e estrutural, as taxas de fornecimento de sedimentos, a vazão e os distúrbios históricos, assim como observado por Montgomery e Buffington (1997) em outras bacias hidrográficas. Em consonância ao mencionado, a montante da nascente do córrego Ponte Queimada, o canal apresenta substrato coluvial, enquanto logo a jusante o fluxo situa-se em leito aluvial com morfologia intermediária do tipo cascata e poços (*cascade-pool*). Prevalencem matacões e blocos angulosos onde, em determinados trechos, há geração de fluxo semelhante ao de cascata, concomitante à existência de poços espaçados (Fig.1). Progressivamente no sentido do fluxo, o canal adquire formas de degraus e poços (*step-pool*), como constatados nos pontos 22 e 23, alterando em alguns trechos subseqüentes para canal de leito rochoso. É fundamental assinalar que esse trecho do canal fluvial está em posição altimétrica elevada em relação à porção de jusante por um desnível abrupto de aproximadamente cinco metros, o que evidencia o ganho de energia local necessário ao processo de entalhamento da calha e exposição do substrato rochoso (Fig. 2).



¹ Fig. 1: Trecho do Ponto 24. Fonte: arquivo dos autores.

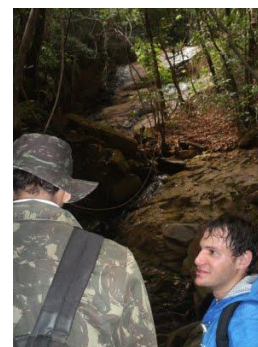


Fig. 2: Desnível abrupto do canal. Fonte: arquivo dos autores.



Seção	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	N. de Froude	Pebble Count D50(mm)	TDS (g/L)	SS (g/L)	Morfologia do Leito
1	0,30846	0,832842	0,34837006	39	0,106	0,046	Restaurado (degraus)
2	0,08047	0,2180737	0,047733355	28	0,118	0,055	Restaurado (degraus)
3	0,05812	0,1011288	0,061885843	32	0,113	9,254	Restaurado (degraus)
4	0,0546	0,120666	0,046613916	26	0,09	0,131	Restaurado (sem degraus)
5	0,05364	0,042912	0,042836674	60	0,075	0,107	Restaurado (sem degraus)
6	0,08494	0,1044762	0,106424726	71	0,064	0,078	Restaurado (sem degraus)
7	0,15646	0,4161836	0,111757143	41	0,084	0,095	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
8	0,23246	0,58115	0,27114685	73,3	0,084	0,064	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
9	0,10430839	0,286848073	0,074505993	24	0,09	0,066	Degraus e Poços
10	0,348448687	0,961718377	0,454412396	60	0,062	0,087	Degraus e Poços
11	0,092449923	0,181201849	0,062962531	40	0,07	0,084	Degraus e Poços
12	0,057927658	0,084574381	0,041376899	30	0,064	0,11	Degraus e Poços
13	0,121437423	0,10929368	0,132278809	44	0,111	10,024	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
14	0,489130435	0,611413043	0,809016227	145	0,074	0,039	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
15	0,115761354	0,196794301	0,471151092	65	0,091	0,076	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
16	0,029683507	0,038588559	0,024815655	65	0,096	0,086	Corredeiras e Degraus (leito plano/escadaria)
17	0,199192463	0,153378197	0,284560661	76	0,088	0,074	Degraus e Poços
18	0,282511211	0,316412556	0,363607048	45	0,069	0,054	Cascatas e Poços (Degraus e Poços/Cascata)
19	0,039857421	0,051416073	0,031829965	80	0,076	0,025	Leito rochoso
20	0,014544641	0,030398299	0,009905551	47,5	0,092	0,052	Leito rochoso (com sedimentos finos acumulados)
21	0,398550725	0,019927536	0,154388913	Não Foi possível	0,059	0,179	Leito rochoso
22	0,043324492	0,160300619	0,028488162	40	0,034	1,108	Degraus e Poços
23	0,266343826	0,487409201	0,38049118	116,6	0,099	0,193	Degraus e Poços
24	0,057862491	0,098366236	0,031242809	42,5	0,081	0,13	Cascatas e Poços (Degraus e Poços/Cascata)
25	0,735294118	0,647058824	1,001536333	47,8	0,048	0,106	Cascatas e Poços (Degraus e Poços/Cascata)

Quadro 1: Descrições Hidráulicas e Morfológicas dos pontos amostrados.



Mais a jusante, o ambiente de calha fluvial foi especificado como de cascatas e poços, o que diferenciava das classificações de Montgomery e Buffington (1997), uma vez que nas suas bacias esta classificação foi reconhecida apenas nas porções superiores do canal, seguindo-se com diminuição granulométrica e modificação morfológica nos trechos de jusante. Esta modificação consiste na evolução de substrato coluvial para substratos aluviais, seqüencialmente, do tipo cascata; degraus e poços; leito plano; poços e corredeiras; e ondulações-dunas. Entende-se assim, que a existência de um compartimento sobrelevado na bacia do córrego Ponte Queimada, modifica fortemente os processos fluviais locais, contribuindo no fornecimento de material mais grosseiro – tanto pela dinâmica fluvial quanto pelos processos de encosta – que repercutem na elaboração de uma morfologia típica de regiões de cabeceira de drenagem com alta declividade, como é característico dos ambientes de cascatas e poços (*cascade-pool*).

Seguindo a direção do fluxo, o canal adquire somente mais duas tipologias de morfologia de calha, uma como canal em degraus e poços, e a outra em corredeiras e degraus. Os trechos correspondentes às corredeiras e degraus (*riffle-step*) estão relacionados às porções de menor declividade e irregularidade do leito, como nas proximidades do trecho restaurado, e entre os pontos 13 e 16, onde o confinamento do vale e a quantidade de carga grosseira é menos pronunciada. Por outro lado é marcante a presença de trechos em degraus e poços (*step-pool*) bem delimitados na porção média do canal aluvial, com granulometria extremamente variada (Fig.3).

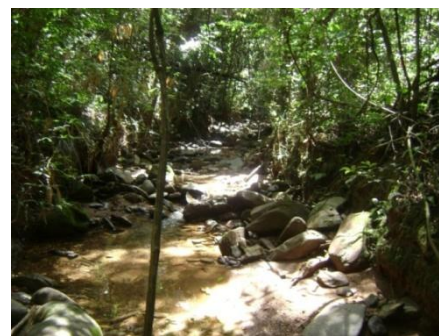


Figura 1: Trecho de Degraus e Poços.
Fonte: arquivos dos autores.

Estas diferenças morfológicas estão relacionadas, obviamente, à dinâmica do fluxo, mas também à dinâmica das vertentes. Apesar da pequena variação apresentada longitudinalmente pelos cascalhos, seixos e blocos mensurados pelo método *Pebble Count*, podem ser encontrados matacões e blocos dentro da calha fluvial, nos taludes marginais e encostas (Fig. 4). Tendo em vista a localização do curso fluvial na porção serrana, próximo as cabeceiras de drenagem, pode-se deduzir que dificilmente os blocos encontrados no fundo do vale são exclusivamente de origem fluvial. Como salientado por outros estudos em regiões montanhosas (DIETRICH E DUNNE, 1978; BENDA, 1990; LANCASTER ET AL., 2001; CAINE AND SWANSON, 1989; BENDA AND DUNNE, 1997 APUD BRUMMER E MONTGOMERY, 2003), o grandes fornecedores de material grosseiro nesses casos advém



de processos de encosta como movimentos de massa, com destaque à atuação das quedas de blocos e dos fluxos de detritos (*debris flow*).

Tendo em vista que a maioria desses sedimentos podem ser mobilizados somente em eventos raros e de grande magnitude, o fluxo fica assim condicionado pelos sedimentos do leito (*flow-regulated*), que não podendo transportá-los, tem sua dinâmica hidrossedimentológica determinada (RUBIN E TOPPING, 2001). Além disso, os sedimentos mais grosseiros funcionam eventualmente como obstáculos ao transporte da carga fluvial suspensa, devido ao efeito de represamento do fluxo. Este fato, em conjunto com o descrito anteriormente, pode explicar os baixos valores mensurados de carga suspensa nos 25 pontos amostrados, à exceção dos trechos 09 e, especialmente, o 13. Este último apresenta valores mais elevados em função de sua localização como último trecho numa seqüência de rugosidade relativamente menor (intermediária entre leito plano e de degraus/poços), possuindo condições de transporte de sedimentos superior aos dos demais segmentos fluviais.



Figura 2: Matacões e blocos no talude marginal. Fonte: Arquivos dos autores.

As condições do fluxo, por seu turno, foram umas das variáveis que apresentaram resultados bastante expressivos na delimitação dos ambientes fluviais. Pelo número de Froude pôde-se realizar uma classificação mais precisa do que a de larga escala proposta por Montgomery e Buffington (1997) em função do maior nível de detalhamento e o envolvimento de variáveis hidráulicas. Assim sendo, foram classificados os padrões de fluxo em cascata; degraus, corredeiras e rápidos; poços e leito plano (Gráfico1).

Conjuntamente com as observações morfológicas em campo, percebeu-se que os valores do número de Froude situados entre zero e 0,2 correspondem exclusivamente a áreas aluviais de remanso e fluxo relativamente lento, especificamente poços ou trechos planos de baixa energia que em sua maioria compõem o trecho restaurado do canal fluvial. Apenas uma seção situada em leito rochoso possui grande redução da declividade local e baixo valor do número de Froude, sendo classificada como poço. Os valores no intervalo de 0,2 e 0,6 são característicos de trechos de degraus, corredeiras e rápidos (muitas vezes em substrato



rochoso), com fluxo relativamente mais competente se comparado aos valores anteriores. Tais números correspondem especificamente a sete seções do conjunto total analisado.

Os valores mais elevados (entre 0,6 e 1,1) correspondem aos fluxos mais próximos ao padrão encachoeirado, sendo aqui denominados de fluxo em cascata, de maneira análoga a Montgomery e Buffington (1997).

Este tipo de fluxo possui alto poder erosivo e de esculturação da calha fluvial, repercutindo também na morfologia das vertentes e no modelado da bacia de drenagem. Foram registrados apenas dois pontos nessa categoria: o ponto 25, mais próximo da cabeceira de drenagem, e o ponto 14, que corresponde a um trecho do canal com encaixamento considerável e presença de matacões expressivos (alguns chegando, inclusive, a 1 m de diâmetro), o que, conjuntamente, tende a gerar fluxos de cascata.

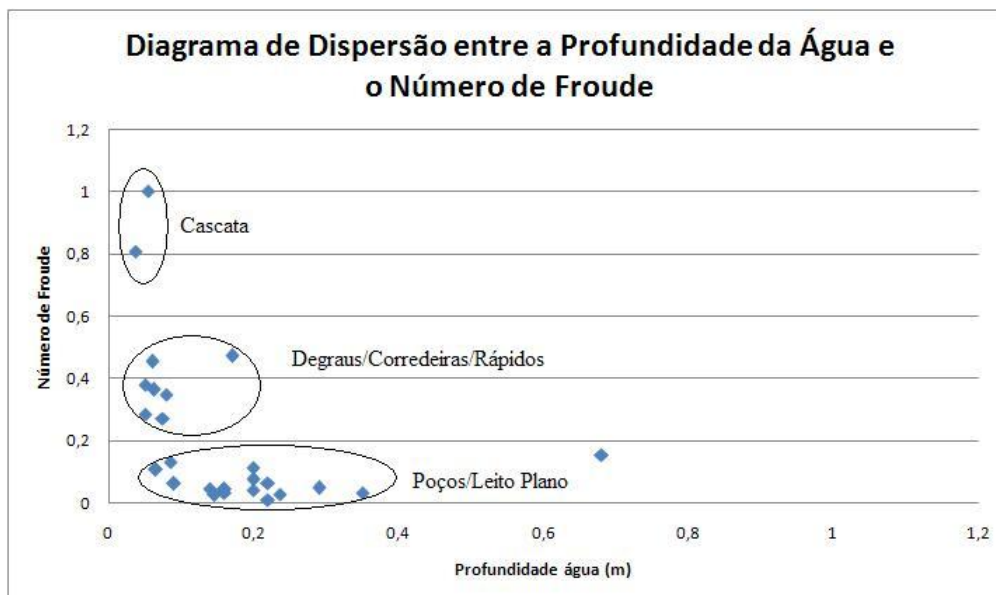


Gráfico 1: Diagrama de Dispersão da Profundidade da Água x Número de Froude.

Comparando as análises granulométricas dos sedimentos de leito com a classificação morfológica de Montgomery e Buffington (1997), os resultados reafirmam novamente a nítida relação entre as morfologias de leito e a dinâmica hidrossedimentológica dos trechos investigados. Ao tomar, por exemplo, os valores de areia muito grossa (2,0 a 1,0 mm) percebe-se que o menor percentual se restringe exatamente ao trecho de cascatas e poços (pontos 25 e 24). Sequencialmente os valores sofrem um rápido aumento entre os pontos 23 e 21, correspondendo em sua maioria a degraus e poços. A jusante localizam-se trechos de leito rochoso, de cascatas-poços, de degraus-poços, e predominantemente morfologias de corredeiras e degraus. A partir do ponto 11, o percentual dessa fração de areia aumenta



novamente, correspondendo a degraus e poços na parte superior, corredeiras e poços na porção intermediária e ao trecho restaurado nas proximidades do exutório da bacia.

Compreendendo a influência exercida pela disposição e granulometria dos sedimentos de leito, bem como das variáveis hidráulicas no fluxo, sabe-se que a dinâmica local dos trechos de maior rugosidade (especialmente de degraus e poços) favorece a deposição de quantidades significativas de carga sedimentar no leito em função da própria barreira representada pelos blocos e matacões. Os trechos com menor percentual dessa fração de areia constituem (apesar de possuírem matacões no leito) áreas em que o fluxo supera a atuação desses elementos. Em condições intermediárias, encontram-se majoritariamente trechos de corredeiras e poços (que já representam uma transição de degraus para o leito plano), leito rochoso e alguns pontos de cascatas-poços, e degraus-poços. Tais correntes são relativamente mais competentes se comparadas àquelas em que granulometria exerce um papel predominante na regulação do fluxo (*flow-regulated*). De forma análoga à influência do material de leito, é imprescindível considerar que a redução da declividade do canal auxilia a entender parcialmente a dinâmica sedimentológica diferenciada desses trechos.

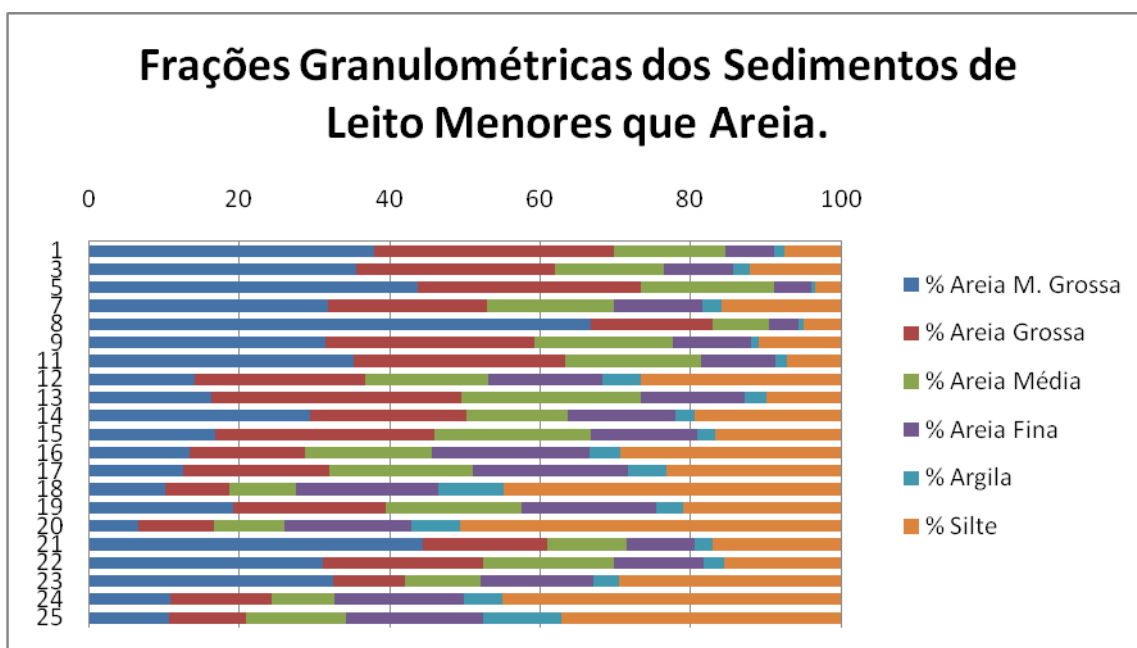


Gráfico 2: Frações Granulométricas dos Sedimentos de Leito menores que areia.

Por fim, a carga dissolvida (TDS) não apresentou modificações expressivas no perfil longitudinal do curso d'água, evidenciando assim, que a influência das diferentes morfologias da calha fluvial se fez de forma bem menos pronunciada no transporte de elementos químicos em solução.



4. CONCLUSÕES.

O curso d'água investigado apresentou variações morfológicas e hidráulicas expressivas em trechos relativamente curtos, como é próprio de ambientes serranos próximos a cabeceiras de drenagem. É importante destacar também, a regulação exercida pelos clastos do leito sobre a dinâmica fluvial contemporânea, revelando que nem sempre a variação granulométrica da carga de fundo é uma variável dependente do fluxo, como tradicionalmente é relatada nos estudos de geomorfologia fluvial e hidrologia.

Não obstante, as características geomorfológicas próprias do vale repercutiram nas morfologias de leito, gerando diferenças tipológicas que escapavam à seqüência de classificações propostas para condições semelhantes. Outro fator de fundamental importância são os processos de vertente condicionadores da dinâmica fluvial, como as quedas de blocos e os movimentos de massa. Na área estudada, a dinâmica de encostas parece ter condicionado de modo importante a dinâmica fluvial e a configuração das formas de canal.

Acredita-se que estudos hidrossedimentológicos e geomorfológicos de canais serranos são fundamentais no entendimento dos processos e formas das porções fluviais de jusante, bem como na evolução do relevo em diferentes escalas de análise. Verifica-se no Brasil uma quantidade relativamente pequena de estudos de ambientes fluviais serranos, fato ainda mais marcante quando se considera as áreas urbanas como a de Belo Horizonte. Espera-se que esse trabalho possa contribuir aos estudos de canais serranos em ambiente tropical úmido, especialmente do Quadrilátero Ferrífero, onde a pesquisa se insere.

AGRADECIMENTOS – ao Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Recursos Hídricos (CNPq) – IGC/UFMG; ao Laboratório de Geomorfologia do IGC/UFMG; ao Programa PRONOTURNO pela bolsa de pesquisa (UFMG); à FAPEMIG pela bolsa de pesquisa e pelo auxílio financeiro.

5. Referências Bibliográficas.

BEVENGER, G. S.; KING, R. M. **A Pebble Count Procedure for Assessing Watershed Cumulative Effects**. USDA Forest Service, pg.1-16, 1995.

BRUMMER, C. J.; MONTGOMERY, D. R. **Downstream coarsening in headwater channels**. Water R. Research, vol. 39, núm. 10, pg. 1-14, 2003.



CALLISTO, M. MORETTI, M e GOULART, M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.6, n.1 Jan/Mar, pag. 71-82, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial**. Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1981.

EASTERBOOK, D. J. **Surface Processes and Landforms**. Ed. Prentice Hall, Londres, 1999.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GOLDEN, L.A.; SPRINGER, G.S. **Channel geometry, median grain size, and stream power in small mountain streams**. *Geomorphology*, vol. 78 pgs. 64–76, 2006.

GOMI, T.; SIDLE, R. C.; SWANSTON, D. N. **Hydrogeomorphic linkages of sediment transport in headwater streams, Maybeso Experimental Forest, southeast Alaska**. *Hydrol. Process.* Vol. 18, pgs. 667–683, 2004.

HOWARD, A. D. **Long Profile of Development of BedRock Channels: Interactions of Weathering, Mass Wasting, Bed Erosion and Sediment Transport**. *Geophysical Monograph*, vol. 107, pgs.297-319, 1998.

LAVARINI, C; FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P. **Panorama do estudo de nascentes e cabeceiras de drenagem em periódicos nacionais**. Anais: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa, 2009.

MONTGOMERY, D.R.; BUFFINGTON, J.M. **Channel-reach morphology in mountain drainage basins**. *GSA Bulletin*, v. 109; n. 5; p. 596–611, 1997.

REIS, L.A.; MARTINS-NETO, M.A.; GOMES, N.S.; ENDO, I.; JORDT-EVANGELISTA, H. **A bacia de antepaís Paleoproterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. *R.B. de Geociências*, v. 32, n. 1, 2002.

RUBIN, D. M.; TOPPING, D. J. **Quantifying the relative importance of flow regulation and grain size regulation of suspended sediment transport and tracking changes in grain size of bed sediment β** . *Water R. Research*, vol. 37, no. 1, pgs. 133–146, 2001.

SALGADO, A. A. R. ; VALADÃO, R. C. **Contribuição da Desnudação Geoquímica para a Erosão diferencial no Espinhaço Meridional/MG (Depressão de Gouveia)**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Goiânia, v. 4, n. 2, p. 31-45, 2003.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. Prentice Hall, Londres, 1991.