

Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG

(Morphometric analyses as subsidy to the territorial zoning of the Itabirito River, tributary of the rio das Velhas, Minas Gerais, Brazil)

Clibson Alves dos Santos

Geógrafo/UNILESTE-Centro Universitário do Leste de MG. E-mail: clibsonsantos@yahoo.com.br

Frederico Garcia Sobreira

Depart. de Geologia/UFOP-Universidade Federal de Ouro Preto. E-mail: sobreira@degeo.ufop.br

Resumo

A região do Alto Rio das Velhas está inserida no contexto da província geológica do Quadrilátero Ferrífero, na região Central de Minas, sendo caracterizada pelo uso conflituoso dos terrenos, com intenso desenvolvimento da mineração, crescente ocupação urbana e forte expansão imobiliária. Os diversos processos erosivos, os mananciais assoreados e as áreas degradadas são outros problemas ambientais observados. Esse estudo analisou as características morfométricas da rede de drenagem e do relevo das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca, afluentes do rio Itabirito, tributário do rio das Velhas, visando a auxiliar na compreensão da vulnerabilidade natural dos terrenos às intervenções antrópicas, na compreensão dos processos erosivos e a na definição do zoneamento territorial, além de complementar análises realizadas em outros estudos, objetivando a compreensão da dinâmica superficial na área. As bacias do Córrego do Bação e Ribeirão Carioca mostraram índices morfométricos que as caracterizam como as mais vulneráveis às intervenções antrópicas e aos processos erosivos. Devido à morfologia suave, a bacia do ribeirão Carioca é a que apresenta condições menos restritivas à ocupação para fins imobiliários, principalmente para utilização para chacreamento. Conclui-se que parâmetros morfométricos contribuem para a compreensão da vulnerabilidade de terrenos à erosão, permitindo um melhor ordenamento territorial de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Rio Itabirito, rio das Velhas, processos erosivos, análise morfométrica, zoneamento territorial.

Abstract

The Upper Rio das Velhas region is part of the Quadrilátero Ferrífero geologic province, Central Minas Gerais State (Brazil), and is characterized by the conflicting use of the land, with intense mining development, increasing urban occupation and strong real estate expansion. The varied erosive processes, the silting of streams and general degradation are some of the problems that impact the environment. This study is the result of the analysis of morphometric characteristics of the drainage net and the relief of the Córrego Carioca, Córrego do Bação and Ribeirão Carioca basins; these streams are affluents of the Itabirito River, tributary of the rio das Velhas. The analysis aimed at the collection of information useful for the identification of the natural land which is vulnerable to human interventions, the understanding of erosive processes and the definition of the territorial zoning. This paper complements the analyses done in others studies which aims at the understanding of the superficial dynamics in the studied area. The Córrego do Bação and Ribeirão Carioca basins yielded morphometric indices that characterize them as the most vulnerable to human interventions and erosive processes. When it comes to real estate, the Ribeirão Carioca basin is the least restrictive to occupation. As it is characterized by a smooth relief, the development of small farms is recommended. We conclude that morphometric analyses contribute to understand the vulnerability of terrains to erosion, thus enabling a better territorial ordering of hydrographic basins.

Keywords: Rio Itabirito, rio das Velhas, erosive processes, morphometric analysis, territorial zoning.

1. Introdução

O rio das Velhas é afluente da margem superior esquerda do rio São Francisco (Figura 1), inserido na região metropolitana de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais. Segundo Camargos (2005), o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia do Rio das Velhas, elaborado pelo IGA-Instituto Mineiro de Gestão das Águas, considera a região do Alto Rio das Velhas como uma das principais regiões de conflito de uso dos terrenos e recursos hídricos, devido ao intenso desenvolvimento da atividade minerária, à crescente ocupação urbana e à forte expansão imobiliária por condomínios residenciais de classe alta. Essas características configuram um cenário, que tende a gerar conflitos de interesses inconciliáveis e de grandes repercussões socioeconômicas (Camargos, 2005). A grande concentração dos processos erosivos acelerados (Figura 2A), o assoreamento dos mananciais, o desmatamento das áreas de proteção permanente e áreas degradadas pela mineração são problemas característicos da região em análise.

A área estudada compreende as bacias do Córrego Carioca, Córrego do Baçõ e Ribeirão Carioca, afluentes do rio Itabirito, situado na margem esquerda das cabeceiras do rio das Velhas, tributário do rio São Francisco (Figuras 1 e 3). Essas bacias são utilizadas pelo SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito para o abastecimento público de água para a sede municipal e para os distritos de São Gonçalo do Baçõ e córrego do Baçõ.

A extração ilegal de areia é outro problema que evidencia a má utilização dos terrenos, que, entre outros danos, prejudica a fauna e flora aquática (Figura 2B).

Diante do exposto, o presente estudo objetiva auxiliar na elaboração de planos de prevenção, conservação e recuperação dos solos e dos mananciais, por meio da caracterização morfométrica das bacias hidrográficas estudadas, visando a auxiliar na identificação de áreas mais susceptíveis ou de maior vulnerabilidade à ocorrência de processos erosivos e de enchentes.

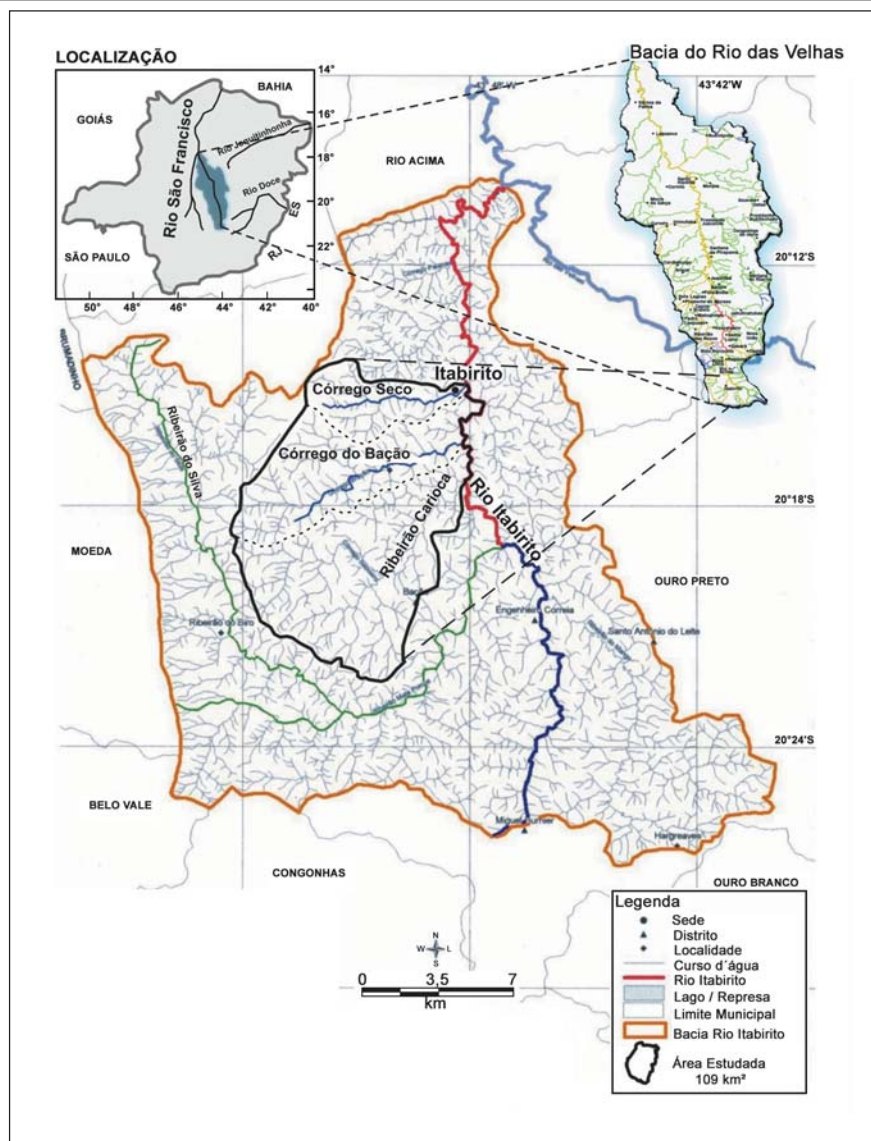


Figura 1 - Mapa de localização das bacias hidrográficas analisadas no contexto da região do Alto Rio das Velhas e do rio São Francisco.

Os resultados objetivam contribuir para a definição do zoneamento territorial das bacias em destaque e complementar as análises realizadas por Santos et al. (2004), Santos et al. (2006), Santos e Sobreira (2007a), Santos e Sobreira (2007b). Esses autores analisaram os aspectos relacionados ao meio físico das bacias anteriormente citadas, por meio do detalhamento da dinâmica do uso e ocupação do terreno e da cobertura vegetal, dos processos erosivos acelerados (ravinas e voçorocas) e da fragilidade natural dos terrenos aos processos erosivos, utilizando as metodologias propostas por Ross (1992; 1994) e Crepani et al. (1996; 2001).

2. Caracterização da área de estudo

A bacia do córrego Carioca é formada pelas sub-bacias do córrego Fazenda do Cocho e do córrego Sem Nome, que apresentam um relevo composto de morros alongados, com vertentes íngremes e vales encaixados recobertos por cambissolos háplicos (CXa) mais neossolos litólicos (AR4). Nessa bacia, a litologia é constituída, basicamente, por itabiritos (Fc-Formação Cauê), filitos (Fb-Formação Batatal), quartzitos (Fm-Formação Moeda) e xistos (Gnl-Grupo Nova



Figura 2 - Voçoroca (A) na bacia do Ribeirão Carioca e equipamento para extração de areia (B) às margens do ribeirão Saboeiro, afluente do ribeirão Carioca.

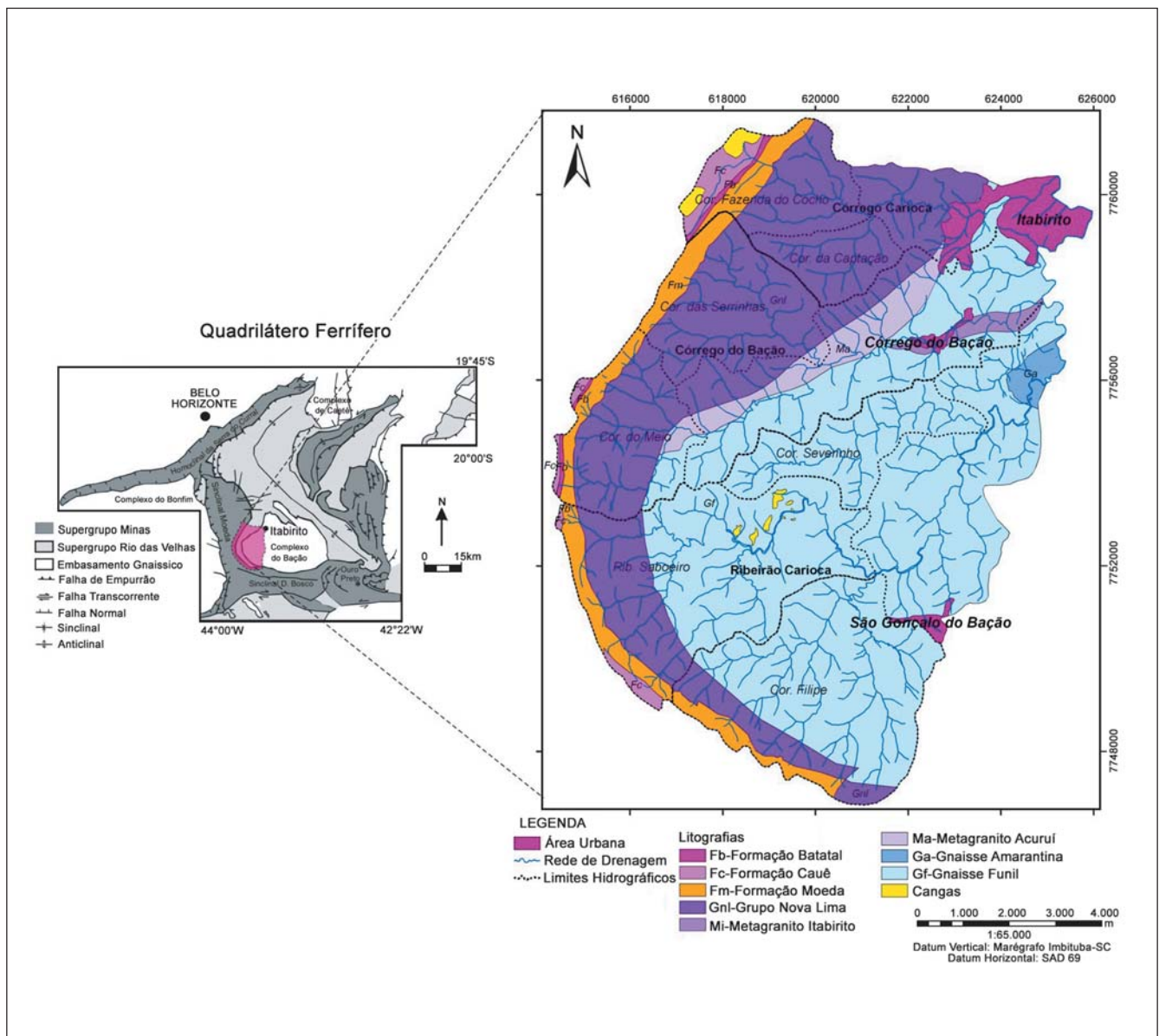


Figura 3 - Contexto geológico das bacias hidrográficas estudadas, inseridas no Quadrilátero Ferrífero-MG (modificado de Alkmim & Marshak, 1998).

Lima) (Figura 3). O baixo curso da bacia está sobre o Complexo Metamórfico do Bação, que, na área de estudo, é representado pelo Metagranito Itabirito (Mi), Metagranito Acuruí (Ma), Gnaiss Amaranthina (Ga) e Gnaiss Funil (Gf) (Figura 3). A cobertura vegetal encontra-se mais preservada do que no restante da área de estudo. Santos et al. (2004) mapearam sete ravinas estabilizadas nos limites da bacia.

Os aspectos físicos da bacia do Córrego do Bação são semelhantes aos da bacia do Córrego Carioca, sendo diferenciados somente pela maior ocorrência litológica do Gnaiss Funil (Ga) (Figura 3) na bacia do Córrego Carioca. Os latossolos vermelhos-amarelos (LVAd) situam-se, predominantemente, sobre o Gnaiss Funil (Ga) (Figura 3), apresentando profundidade de, aproximadamente, 40 metros. Nessa bacia, observam-se onze formas erosivas (ravinas e voçorocas), sendo que, (tirar vírgula) nove estão já estabilizadas, pois apresentam cobertura vegetal desenvolvida no seu interior, não sendo observada a ocorrência de fluxos superficiais ou subterrâneos (piping) de água (Santos et al. 2004).

A bacia do Ribeirão Carioca é marcada pelo uso predominante de atividades agropastoris e pelo agroturismo. A litologia é constituída, basicamente, pelo Gnaiss Funil, sendo que, na região das cabeceiras da bacia, ocorrem xistos do Grupo Nova Lima (Gnl) e quartzitos da Formação Moeda (Fm). O relevo dessa bacia é caracterizado por colinas, planícies e terraços fluviais e pelo predomínio dos latossolos vermelhos-amarelos (LVAd). Esse ambiente é marcado por processos erosivos acelerados em forma de ravinas e voçorocas (Figura 2A), sendo mapeadas e classificadas 129 feições erosivas, conforme descrito em Santos et al. (2004). No restante da área de estudo, principalmente sobre os xistos do Grupo Nova Lima (Gnl), o relevo é composto, basicamente, de morrotes e solos do tipo cambissolos háplicos (CXa).

3. Metodologia

A análise morfométrica das bacias foi feita a partir da avaliação das variáveis morfométricas da rede de drenagem e do relevo. Esses parâmetros vêm sendo utilizados por diversos pesquisadores para a compreensão de fenômenos naturais e antrópicos. Diversos estudos abordam essa temática, destacando-se os trabalhos realizados por Freitas (1952), Gandolfi (1971), Christofolletti (1969), Carvalho (1977), Politano (1980), Collares (2000), entre outros.

No presente trabalho, foram analisados os seguintes parâmetros: densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), índice de forma (K), índice de sinuosidade (Is), coeficiente de manutenção (Cm), extensão do percurso superficial (Eps), textura topográfica (Tt), gradiente de canais (Gc) e relação de relevo (Rr) (Tabela 1). Além desses, foram calculados atributos, tais como: ordem dos canais (segundo Strahler, 1952), área e perímetro da bacia, número e comprimento dos canais, altitude máxima, mínima e média dos cursos (Tabela 2).

Os parâmetros foram definidos e calculados sobre a base cartográfica do trabalho, digitalizada e georreferenciada a partir das Folhas de Itabirito e Barra do Gentio (DSG/Exército/SECT/IGA-MG, 1986) na escala de 1:25.000. Essas análises foram complementadas e/ou corrigidas pela fointerpretação de fotografias aéreas na escala de 1: 40.000 e da banda 8 da imagem do sensor satélite Landsat 7 ETM+, além de observações de campo.

4. Resultados e discussões

A Tabela 2 mostra os dados de caracterização básica das bacias e dos canais de drenagem estudados.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados que definem o padrão e forma das bacias e as características do relevo.

Córrego Carioca

A bacia do Córrego Carioca é de 5ª ordem, com área de 16,3 km² e amplitude altimétrica de 700 m, apresentando 311 canais de drenagem com extensão total de 92,9 km e extensão do canal principal de 11,6 km (Tabela 2). A Tabela 4 apresenta os demais parâmetros calculados.

O córrego da Captação apresenta um comportamento diferenciado, com altos valores de Dd e Dh, indicando menor potencial à infiltração e maior favorecimento a escoamentos superficiais (Tabela 4). Os valores de Cm e Eps confirmam essa tendência, pois, em solos mais permeáveis, esses índices são elevados, fato confirmado pelo valor elevado da Tt, que tem comportamento inverso àqueles índices. Os solos poucos permeáveis são observados em toda a bacia do Córrego Carioca, pois apresentam valores elevados de Rb e Rpb (8,4).

Os índices de Gc e Rr mostram declividades mais acentuadas que o restante da bacia do Córrego Carioca. Esse comportamento, associado ao uso do solo, favorece o escoamento superficial e a erosão laminar. As características do relevo e da cobertura vegetal enquadram essa bacia como de baixa vulnerabilidade. No entanto, o uso desordenado dos solos pode desencadear processos erosivos, como os observados por Santos et al. (2004).

Córrego do Bação

É uma bacia de 6ª ordem, com área de 35 km² e perímetro de 35,4 km. A amplitude altimétrica é de 500 m, constituída por 707 canais de drenagem com extensão total de 196,4 km e extensão do canal principal de 15 km (Tabela 2). A Tabela 5 apresenta os valores calculados nessa bacia.

Os resultados apontam um comportamento homogêneo para todas as subbacias do Córrego do Bação. As componentes do relevo (Gc e Rr) mostram declividades menos acentuadas e formas mais próximas de bacias circulares (K), que, nesse estudo, estão associadas aos

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros morfométricos da rede de drenagem e do relevo utilizados na área de estudo, destacando a descrição das fórmulas e o significado de cada parâmetro morfométrico.

Padrão e Forma da Bacia			
Parâmetro	Fórmula	Descrição	Significado
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = comprimento total de canais. A = Área da bacia	Os valores elevados indicam áreas de pouca infiltração e melhor esculturação dos canais (Christofolletti, 1969).
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{Nt}{A}$	Nt = Nº total de canais A = Área da bacia	Indica a capacidade em gerar novos cursos d'água (Christofolletti, 1969).
Índice de Forma (K)	$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$	P = Perímetro da bacia A = Área da bacia	Valores próximos da unidade 1,0, a bacia tende a ser circular (Gandolfi, 1971).
Índice de Sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{Lv}$	L = Comprimento do canal principal Lv = Comprimento vetorial do canal principal	Valores < 1,0 = canais retilíneos Valores > 2,0 = canais sinuosos (Freitas, 1952).
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$	Dd = Densidade de drenagem	Indica a área mínima necessária para existir um metro de canal de escoamento = a capacidade de manter cursos perenes (Schumm, 1956).
Extensão do Percurso superficial (Eps)	$Eps = \frac{1}{2 \cdot Dd} \cdot 1000$	Dd = Densidade de drenagem	Representa a distância média percorrida pelas águas pluviais (Horton, 1945).
Características do Relevo			
Parâmetro	Fórmula	Descrição	Significado
Textura topográfica (Tt)	$\text{Log Tt} = 0,219649 + 1,115 \log Dd$	Dd = Densidade de Drenagem	Grau de entalhamento e dissecação do relevo e fornecendo uma indicação do estágio erosivo de uma região (Freitas, 1952).
Gradiente dos canais (Gc) (%)	$Gc = \frac{\text{Alt. max}}{L}$	Alt. Máx = Altitude máxima L = comprimento do canal principal	Indica a declividade dos cursos d'água (Freitas, 1952).
Relação de Relevo (Rr)	$Rr = \frac{Hm}{L}$	Hm = Amplitude Altimétrica máxima	Quanto maior o valor, maior será o desnível entre a cabeceira e a foz e maior a declividade média da bacia (Schumm, 1956).
Relação de Bifurcação (Rb)	$Rb = \frac{Nw}{Nw + 1}$	Nw = nº de canais de uma ordem Nw+1 = nº de canais de ordem imediatamente superior	Bacias de drenagem muito dissecadas apresentam valores entre 3 e 4, enquanto em bacias colinosas, esses valores são próximos de 2 (Horton, 1945).
Relação Ponderada de Bifurcação (Rpb)	Multiplica-se a relação de bifurcação de cada conjunto de duas ordens pelo número total de canais envolvidos.		Tem a finalidade de encontrar um índice de bifurcação mais representativo (Schumm, 1956, citado por Christofolletti, 1969).

Tabela 2 - Dados básicos das bacias hidrográficas e dos canais de drenagem analisados.

Dados Básicos	Unidades	Bacia		
		Córrego Carioca	Córrego do Bação	Ribeirão Carioca
Área	km	16,3	35	57,3
Perímetro	km	22,3	35,4	39
Número de Canais	-	311	708	844
Comprimento Total dos Canais	km	92,9	196,4	273
Altitude Máxima da Bacia	m	1550	1400	1350
Amplitude Altimétrica da Bacia	m	700	500	500
Comprimento do Canal Principal	km	11,6	15	22,5
Distância Vetorial do Canal Principal	km	8	10,25	10,87
Ordem da Bacia (Straler, 1952)	-	5 ^o	6 ^o	6 ^o

Tabela 3 - Parâmetros morfométricos que definem o padrão, a forma e as características do relevo nas bacias estudadas.

Parâmetros Morfométricos		Unid.	Bacias		
			Córrego Carioca	Córrego do Bação	Ribeirão Carioca
Padrão e Forma da Bacia de Drenagem	Densidade de Drenagem	Dd - km/km ²	5.70	5.61	4.78
	Densidade Hidrográfica	Dh - canais/km ²	19.08	20.17	14.76
	Índice de Forma	K	1.55	1.69	1.45
	Índice de Sinuosidade	Is	1.45	1.46	2.12
	Coeficiente de Manutenção	Cm - m ² /m	175.5	178.2	209.1
	Extensão do Percurso Superficial	Eps - m	87.8	89.3	104.6
Relevo	Textura Topográfica	Tt	11.6	11.3	9.5
	Gradiente de canais	Gc - %	0.13	0.09	0.06
	Relação de Relevo	Rr	0.060	0.033	0.022

aspectos litológicos conferidos pelos xistos do Grupo Nova Lima. Os valores de Dd, Dh, Cm, Eps, Tt, Rb e Rpb (6.9) caracterizam os solos da bacia como pouco permeáveis, favorecendo o escoamento superficial (Tabela 6).

Segundo Santos et al. (2004), a bacia do Córrego do Bação apresenta onze locais com processos erosivos acelerados, em sua maioria estabilizados. Esse comportamento, aliado às características morfométricas, confere a essa bacia um grau de susceptibilidade à erosão maior do que a do córrego Carioca. A crescen-

te expansão de atividades agropecuárias e do agroturismo evidencia a necessidade do uso ordenado do solo, a fim de inibir o surgimento de novas feições erosivas.

Ribeirão Carioca

Trata-se de uma bacia de 6^a ordem, com área de 57 km² e perímetro de 39 km. A amplitude altimétrica observada na bacia é de 500 m, ocorrendo um total de 844 canais de drenagem, com extensão total de 273 km e extensão do canal prin-

cipal de 22,5 km (Tabela 2). A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos nos afluentes do ribeirão Carioca.

A sub-bacia do Córrego Severino apresenta forma mais alongada (K - 1,78) e a do Córrego do Filipe, circular. O ribeirão Saboeiro é o que apresenta canais mais sinuosos. Os valores mais elevados de Cm e Eps são descritos na bacia do Córrego Severino e são seguidos pelos valores da bacia do Ribeirão Saboeiro. O córrego Filipe apresenta valores mais acentuados de Tt, Gc e Rr, característico de bacia com intenso escoamen-

Tabela 4 - Dados morfométricos das sub-bacias dos córregos Fazenda do Cocho e da Captação, afluentes do córrego Carioca.

	Parâmetros Morfométricos	Unidades	Sub-Bacias		Córrego Carioca
			Fazenda do Cocho	Da Captação	
Padrão e Forma da Bacia de Drenagem	Densidade de Drenagem	Dd - km/km ²	5.10	7.00	5.70
	Densidade Hidrográfica	Dh - canais/km ²	16.45	27.87	19.08
	Índice de Forma	K	1.35	1.32	1.55
	Índice de Sinuosidade	Is	1.50	1.20	1.45
	Coefficiente de Manutenção	Cm - m ² /m	196.01	142.83	175.5
	Extensão do Percurso Superficial	Eps - m	98.0	71.42	87.8
Relevo	Textura Topográfica	Tt	10.20	14.52	11.6
	Gradiente de canais	Gc - %	0.27	0.45	0.13
	Relação de Relevo	Rr	0.090	0.12	0.060

Tabela 5 - Dados morfométricos da bacia do Córrego do Bação.

	Parâmetros Morfométricos	Unidades	Sub-Bacias		Córrego do Bação
			Córrego do Meio	Córrego das Serrinhas	
Padrão e Forma da Bacia de Drenagem	Densidade de Drenagem	Dd - km/km ²	6.43	5.82	5.61
	Densidade Hidrográfica	Dh - canais/km ²	23.18	23.82	20.17
	Índice de Forma	K	1.19	1.23	1.69
	Índice de Sinuosidade	Is	1.47	1.63	1.46
	Coefficiente de Manutenção	Cm - m ² /m	155.4	171.7	178.2
	Extensão do Percurso Superficial	Eps - m	77.7	85.85	89.3
Relevo	Textura Topográfica	Tt	11.85	11.82	11.3
	Gradiente de canais	Gc - %	0.29	0.28	0.09
	Relação de Relevo	Rr	0.06	0.08	0.033

Tabela 6 - Dados morfométricos da bacia do Ribeirão Carioca.

	Parâmetros Morfométricos	Unidades	Sub-Bacias			Ribeirão Carioca
			Córrego Severino	Córrego Filipe	Ribeirão Saboeiro	
Padrão e Forma da Bacia de Drenagem	Densidade de Drenagem	Dd - km/km ²	4,26	4,92	4,66	4,78
	Densidade Hidrográfica	Dh - canais/km ²	11,93	12,54	16,05	14,76
	Índice de Forma	K	1,78	1,27	1,4	1,45
	Índice de Sinuosidade	Is	1,51	1,23	1,77	2,12
	Coefficiente de Manutenção	Cm - m ² /m	234,75	203,37	214,44	209,1
	Extensão do Percurso Superficial	Eps - m	117,38	101,68	107,22	104,6
Relevo	Textura Topográfica	Tt	8,35	9,8	9,22	9,5
	Gradiente de canais	Gc - %	0,14	0,26	0,08	0,06
	Relação de Relevo	Rr	0,03	0,06	0,02	0,022

to superficial. O ribeirão Saboeiro é o que apresenta a maior quantidade de feições erosivas (63), seguido do córrego Filipe com 37 formas (Santos et al., 2004). Os resultados de Dd e Dh são os mais baixos em relação às demais bacias, portanto o ribeirão Carioca apresenta o maior potencial para escoamento superficial e susceptibilidade à erosão.

No geral, as bacias do Córrego Carioca e Córrego do Bação apresentam menor susceptibilidade à erosão do que a bacia do Ribeião Carioca, que se encontra mais degradada, conforme já verificado por Santos et al. (2004). Os parâmetros morfométricos analisados evidenciam a maior susceptibilidade à erosão do ribeirão Carioca, o que corrobora com os resultados da análise de vulnerabilidade à erosão encontrados por Santos e Sobreira (2007b) com base na metodologia de Crepani et al. (1996; 2001). Nesse estudo, o ribeirão Carioca foi classificado como de médio grau de vulnerabilidade, apesar da grande concentração de processos erosivos acelerados. Resultado semelhante foi obtido por Santos e Sobreira (2007a), que analisaram a fragilidade natural dos terrenos por meio da metodologia de Ross (1992; 1994). Nesse trabalho, o ribeirão Carioca é classificado como de fragilidade emergente média. Santos et al. (2006) concluíram que a morfologia dessa bacia favorece o surgimento de novas feições erosivas. Portanto verifica-se que a análise morfométrica contribuiu para uma melhor compreensão da dinâmica superficial da área de estudo, o que auxiliará na definição de planos de conservação e de manejo ordenado dos terrenos.

5. Conclusões

Observa-se que os parâmetros morfométricos analisados, principalmente os índices de Dd, Dh, Tt, Gc e Rr, sofrem forte influência das componentes litológicas mais suaves representam as rochas menos resistentes ao intemperismo, sendo que, em áreas mais íngremes, ocorre o contrário.

Segundo os parâmetros analisados, o córrego do Filipe e o ribeirão Saboeiro são as sub-bacias que apresentam maior susceptibilidade à erosão na área estudada. O uso e a ocupação atual dos solos, nessas sub-bacias, agravam o problema dos processos erosivos. Localmente, os valores de K, associados aos de Gc e Rr, mostram que as sub-bacias dos córregos das Serrinhas e do Meio, afluentes do córrego do Bação, e as sub-bacias do Ribeião Saboeiro e Córrego Filipe, afluentes do ribeirão Carioca, apresentam maior probabilidade de ocorrência de enchentes devido às formas circulares e aos declives relativamente baixos.

Levando em consideração os parâmetros morfométricos analisados e o uso desordenado dos solos, a bacia do Ribeião Carioca pode ser considerada como a mais vulnerável às intervenções antrópicas e/ou à erosão, já que apresenta índices de Dh e Dd mais baixos, resultantes de bacias com maior potencial ao escoamento superficial.

Mesmo sendo considerada como mais vulnerável, a bacia do Ribeião Carioca é a que apresenta as condições mais favoráveis para utilização imobiliária, devido, principalmente, à morfologia suave do terreno e o uso ser basicamente de atividades agropastoris, conforme observado por Santos et al. (2004).

No entanto, a grande ocorrência de processos erosivos torna imperativa a necessidade de a ocupação do terreno ser realizada de forma ordenada, visando à prevenção ao surgimento de novas feições erosivas e/ou a auxiliar no processo de estabilização das existentes.

Por meio de estudos do meio físico (dinâmica do uso e ocupação do terreno, cobertura vegetal, processos erosivos, vulnerabilidade e fragilidade dos terrenos à erosão), Santos et al. (2004), Santos et al. (2006), Santos e Sobreira (2007a) e Santos e Sobreira (2007b) observaram que a bacia do Ribeião Carioca apresenta potencial intermediário à ocorrência de processos erosivos, mesmo com a grande concentração de ravinhas e voçorocas e o uso desordenado dos solos.

Os parâmetros analisados, no presente estudo, possibilitam uma melhor compreensão da vulnerabilidade natural à erosão dos terrenos, que, juntamente com as análises realizadas pelos autores anteriormente citados, são informações valiosas na definição do zoneamento e ordenamento territorial das bacias hidrográficas estudadas.

6. Agradecimentos

À FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais pelo suporte financeiro ao segundo autor (Projeto CRA - 962/01).

Ao SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito, pelo apoio técnico-logístico.

7. Referências Bibliográficas

- ALKMIM, F. F., MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, n. 90, p.29-58, 1998.
- CAMARGOS, L. M. M. *Plano-diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005. 228p.
- CARVALHO, W. A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de rede de drenagem de solos com horizonte B textural*. Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, 1977. 126 f. (Tese de Doutorado).
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. *Not. Geomorfol.*, v. 9, n. 18, p.36-64, 1969.
- COLLARES, E. G. *Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari-SP*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000, 194 f. (Tese de Doutorado).

- CREPANI, E. MEDEIROS, J. S., AZAVEDO, L. G., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., FLORENZANO, T., BARBOSA, C. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos-SP: INPE, 2000.
- CREPANI, E. MEDEIROS, J. S., AZAVEDO, L. G., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., FLORENZANO, T. *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos-SP: INPE, 1996.
- FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*. n.11, p.53-57, 1952.
- GANDOLFI, N. *Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Mogi-Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe*. São Carlos-SP: EESC-USP, 1971. 108p. (Geologia n. 15).
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, n.56, p.275-370, 1945.
- POLITANO, W. *Estudo fotointerpretativo sobre a morfometria das áreas de dois solos podzólicos vermelhos-amarelos*. Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 1980. 169 f. (Tese de Doutorado).
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP*. São Paulo. n. 8, 1994.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da toxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP*. São Paulo. n. 6, 1992.
- SANTOS, C. A., SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial na região do Alto Rio das Velhas-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL - ABGE, 6. Uberlândia-MG. 2007a. *CD Anais...* São Paulo: ABGE, 2007a.
- SANTOS, C. A., SOBREIRA, F. G. Unidades territoriais básicas como subsídio ao ordenamento territorial em Itabirito - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12. Natal-RN. 2007b. *CD Anais...* UFRN, 2007b.
- SANTOS, C. A., SOBREIRA, F. G., SILVA, S. P. Cartografia geomorfológica como subsídio ao ordenamento territorial das bacias do Ribeirão Carioca, Córrego do Bação e Córrego Carioca, Itabirito, MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6. *CD Anais...* Goiânia-GO: UGB, 2006.
- SANTOS, C. A., SOBREIRA, F. G., MERGAREJO NETO, M. Condicionantes do meio físico nas formas erosivas das bacias do Ribeirão Carioca, Córrego do Bação e Córrego Carioca, no município de Itabirito, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL - ABGE, 5. *CD Anais...* São Paulo: ABGE, 2004.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Am.*, n. 67, p.597-646, 1956.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am.*, n. 63, p.111-1141, 1952.

**Artigo recebido em 21/12/2006 e
aprovado em 18/07/2007.**

**REM - Revista Escola de Minas
72 anos
divulgando CIÊNCIA.**

www.rem.com.br
