

FISIOGRAFIA DA SUB-BACIA DO RIO DAS PEDRAS, EM UBERLÂNDIA E TUPACIGUARA/MG: SUBSÍDIOS PARA GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS

Gabriel Albuquerque Ferreira

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia
gabriel.albuquerque.f@hotmail.com

Vanderlei de Oliveira Ferreira

Professor da Universidade Federal de Uberlândia
vanderlei@ig.ufu.br

Jorge Luís Silva Brito

Professor da Universidade Federal de Uberlândia
jbrito@ufu.br

RESUMO

O estudo da fisiografia de bacias hidrográficas rurais deve fornecer subsídios para o manejo eficiente dos recursos naturais, visando proteger o meio ambiente e o produtor. Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa dedicada à caracterização fisiográfica da sub-bacia do rio das Pedras, nos municípios de Uberlândia e Tupaciguara/MG. Utilizando-se de cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército na escala de 1:25.000, pôde-se obter uma série de dados morfométricos e informações temáticas através da vetorização manual, principalmente no Spring 5.1 e ArcGIS 9.2. A sub-bacia hidrográfica do rio das Pedras possui uma área de 422,02 km². Sua hierarquia fluvial máxima é de 5ª ordem de magnitude, apresentando uma drenagem predominantemente dendrítica, porém com alguns segmentos retangulares. Em sua área há predominância de relevo suavemente ondulado e ondulado, com declividade média de 9,3%. A bacia hidrográfica possui 50,9% de sua área na classe de altitude entre 800 e 850 metros. Seu formato é alongado, como comprova o fator de forma de 0,17, seu coeficiente de compacidade de 1,53 e índice de circularidade de 0,41. O valor da densidade de drenagem é de 0,99 km/km² e a frequência de rios é de 0,52 segmentos/km². Estes e outros aspectos relacionados à dinâmica geoambiental da sub-bacia foram destacados, proporcionando subsídios para futuras iniciativas de manejo sustentável dos recursos naturais disponíveis.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Mapeamento. Fisiografia. Recursos naturais

PHYSIOGRAPHY OF THE SUB-BASIN OF THE RIO DAS PEDRAS, IN UBERLÂNDIA AND TUPACIGUARA/MG: SUBSIDIES FOR MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES

ABSTRACT

The study of the physiography of watersheds rural should provide subsidies for the efficient management of the natural resources, in order to protect the environment and the producer. This article presents the results of a research dedicated to the characterization physiographic of the Pedra river sub-basin, in the municipalities of Uberlândia and Tupacigurara/MG. Using topographic maps of the Geographic Service Directory (DSG) of the army on the scale of 1:25.000, it was obtained a series of morphometric data and thematic information through of the manual vectorization, especially in Spring 5.1 and ArcGIS 9.2. The sub-basin of the Rio das Pedras has an area of 422.02 km². Its fluvial hierarchy maximum is of 5th order of magnitude, with a predominantly dendritic drainage, but with some rectangular segments. In your area

Recebido em 09/05/2012

Aprovado para publicação em 13/02/2013

there is predominance of gently rolling relief and wavy relief, with average slope of 9,3%. The watershed has 50.9% of its area in the class of altitude between 800 and 850 meters. Its format is elongated, as proves the form factor of 0,17, its coefficient compactness of 1,53 and circularity index of 0,41. The drainage density value is 0,99 km / km² and the frequency of river is of 0,52 segments/km². These and others aspects related to the dynamic geo-environmental sub-basin were highlighted, providing a subsidies for future initiatives in sustainable management of natural resources available.

Keywords: Watershed. Mapping. Physiography. Natural resources.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica representa a base territorial quase consensual a partir da qual se desenvolvem estudos que não só explicam a dinâmica hídrica e importantes processos morfogênicos da esculturação da paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1980), mas fornecem também subsídios para o manejo e conservação dos recursos naturais.

O conhecimento da declividade de uma determinada bacia hidrográfica e da sua dinâmica geomorfológica permite compreender a maneira como se estabelecem os padrões de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Através do estudo desses padrões pode-se inferir sobre a natureza dos terrenos, sobre a disposição das camadas rochosas e linhas de falhamentos e sobre os processos climáticos e fluviais mais importantes (CUNHA, 1995). Também podemos obter importantes informações sobre outros processos hidrológicos como infiltração, escoamento superficial e armazenamento subterrâneo.

A bacia hidrográfica do rio das Pedras situa-se nos municípios de Uberlândia e Tupaciguara, na Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, oeste do estado de Minas Gerais. Apesar de se localizar próximo ao centro urbano de Uberlândia, existem poucos estudos a seu respeito que demonstrem sua caracterização ou mesmo as transformações de origem antrópica. O rio das Pedras é um importante afluente do Rio Uberabinha. O rio Uberabinha, por sua vez, tem grande importância para o município de Uberlândia, visto ser a fonte principal de abastecimento urbano. Neste contexto, a presente pesquisa objetiva contribuir para o estudo das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio das Pedras, procurando fornecer subsídios para a gestão de seus recursos naturais.

FUNDAMENTOS CONCEITUAIS E TEÓRICOS

Para a fundamentação teórica e conceitual dessa pesquisa, foram escolhidas três obras. São livros que reúnem idéias, conceitos e resultados de pesquisa bibliográfica sobre o assunto. As primeiras obras utilizadas como base conceitual para esse trabalho são os livros "Geomorfologia Fluvial" e "Geomorfologia", ambos de Antonio Christofolletti.

O livro "Geomorfologia Fluvial" foi escrito com o propósito de suprir a necessidade de material que fundamentasse a introdução da disciplina específica sobre Geomorfologia Fluvial na Unesp de Rio Claro, onde Christofolletti lecionava. A obra é dividida em dois volumes, que contemplam o conteúdo relacionado ao estudo dos rios e bacias hidrográficas. O livro reúne diversas abordagens conceituais e procura mostrar um pouco do desenvolvimento histórico da geomorfologia fluvial, um dos temas mais importantes na geomorfologia, visto que o trabalho dos rios sempre foi uma preocupação na história das geociências (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Essa obra facilita a compreensão da dinâmica do modelado terrestre, atentando para a capacidade que os cursos d'água têm de construir e modificar a paisagem mostrando, inclusive, como o equilíbrio da paisagem é frágil e pode ser perturbado se forem rompidas as circunstâncias ambientais que o mantém. O primeiro volume trata dos processos e mecanismos do canal fluvial, colocando o rio como unidade de referência. Assuntos como o transporte fluvial de sedimentos, geometria dos canais fluviais, perfil longitudinal dos cursos de água, tipologia de canais e formas de relevo presentes nas paisagens são explorados detalhadamente. Já o segundo volume é focado na análise da rede de canais e das bacias hidrográficas, descrevendo importantes instrumentos de caracterização.

O livro “Geomorfologia” é uma obra anterior que trata sobre toda a área da geomorfologia. É um trabalho mais resumido e objetivo. O capítulo de mais relevância para a realização da presente pesquisa é dedicado à geomorfologia fluvial, destacando instrumentos metodológicos para estudo do trabalho dos rios e caracterização de bacias.

A outra obra utilizada como base conceitual da pesquisa aqui relatada é o livro “Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos”, organizado por Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. O livro conta com contribuições de vários geógrafos e geólogos que desenvolveram pesquisas na área de Geomorfologia, trazendo temas como a evolução e desenvolvimento da geomorfologia, os processos endogenéticos na formação do relevo, a hidrologia de encosta e os processos erosivos, entre outros. O capítulo de maior relevância para o presente trabalho é “Geomorfologia Fluvial”, escrito por Sandra Baptista da Cunha. A autora trata dos processos fluviais, da fisiografia das bacias e da dinâmica das águas correntes, trazendo uma atualização dos conceitos e estudos dessa área. Ela lembra inclusive da importância que a Geomorfologia Fluvial assume na ciência geomorfológica, visto que desde as grandes civilizações antigas o homem se estabeleceu às margens de rios (CUNHA, 1995).

Um dos aspectos a ser observado na caracterização fisiográfica das bacias é a hierarquia da rede de drenagem, propriedade que demonstra o grau de complexidade da rede de canais fluviais. A hierarquia fluvial é caracterizada pelo

[...] processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106).

Esses critérios foram propostos por Horton (1945 *apud* CUNHA, 1995) e posteriormente modificados Strahler (1952), ao estabelecer que

[...] os segmentos de canais formadores, sem tributários, são denominados de primeira ordem; da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais de segunda ordem que só recebem afluentes de ordem inferior (segmentos de canais de primeira ordem). Da confluência de dois segmentos de canais de segunda ordem surgem os segmentos de terceira ordem que recebem afluentes de ordens inferiores (STRAHLER, 1952 *apud* CUNHA 1995, p. 223).

Para compreensão das características da bacia hidrográfica é importante reconhecer, também, os padrões de drenagem, ou seja, a disposição espacial dos rios, controlada fundamentalmente pela estrutura geológica (HOWARD, 1967 *apud* CUNHA, 1995). Esses padrões de drenagem podem ser classificados a partir do escoamento, da gênese ou da sua geometria particular. No que diz respeito ao escoamento, a bacia de drenagem pode ser classificada como

[...] exorréica, quando a drenagem se dirige para o mar; endorréica, quando a drenagem se dirige para uma depressão (*playa* ou lago) ou dissipa-se nas areias do deserto, ou se perde nas depressões cársticas. O padrão arréico expressa uma drenagem sem estruturação em bacia hidrográfica, sendo o caso das áreas desérticas, onde a precipitação é insignificante, e a atividade dunária, intensa. Quando as bacias são subterrâneas, como nas áreas cársticas, são conhecidas como criptorréicas (CUNHA, 1995, p. 224).

Utilizando o critério da geometria, os padrões de drenagem podem ser classificados nos seguintes tipos: dendrítico, retangular, paralelo, radial, anelar e irregular. Segundo Cunha (1995, p. 225):

A drenagem dendrítica é conhecida como arborescente pela sua semelhança com os falhos de uma árvore. Esse padrão desenvolve-se sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. A drenagem retangular está adaptada às condições estruturais e tectônicas que originam confluências em ângulos quase retos. Na drenagem paralela, os rios são pouco ramificados e mantêm espaçamento regular entre si, originado pelos controles estruturais. Ocorre em áreas com declividade acentuada (camadas resistentes de inclinação uniforme) ou em locais de presença de falhas

paralelas, ou, ainda, lineamentos topográficos paralelos. A drenagem radial desenvolve-se em diferentes embasamentos e estruturas. Quando os rios nascem próximos de um ponto comum e se irradiam para todas as direções, a drenagem é classificada como radial centrífuga (domos, cones vulcânicos, morros isolados). Ao contrário, quando a drenagem converge para um ponto comum, em posição mais baixa, é classificada como radial centrípeta (crateras vulcânicas, depressões topográficas). A drenagem anelar (anular) é típica de áreas dômicas profundamente entalhadas (domos dissecados, cones vulcânicos estratificados). Por fim, a drenagem irregular surge em áreas de recente sedimentação, erosão ou levantamento, onde a drenagem não teve tempo suficiente para se organizar.

Outro aspecto importante, normalmente adotado nas caracterizações de bacias, diz respeito aos tipos de canais. Segundo Christofolletti (1980), o tipo de canal refere-se ao arranjo espacial que o leito apresenta no decorrer do rio. Normalmente são assumidos três tipos de padrões de canais: canais retilíneos, canais anastomosados e canais meandantes. Os canais retilíneos são raros na natureza, salvo os casos daqueles determinados por linhas de falhas tectônicas e daqueles localizados em planícies de restingas ou deltaicas (CUNHA, 1995). Têm como característica fundamental o trajeto retilíneo que não se distancia de sua trajetória normal em direção à foz (CHRISTOFOLLETTI, 1980). Segundo Leopold e Wolman (1957 *apud* CUNHA, 1995, p. 215) os canais retos, com extensão superior a 10 vezes a sua largura são extremamente raros na natureza. Para a existência de canais retilíneos, é tomada como condição necessária a associação com leitos rochosos homogêneos que oferecem resistência igual à atuação da água (CUNHA, 1995).

Os canais anastomosados, por outro lado, possuem elevado volume de carga no fundo, o que aliado às flutuações de descarga, geram ramificações e canais sucessivos que se subdividem e se encontram, gerando ilhas assimétricas e barras arenosas (CUNHA, 1995). Os canais anastomosados são

[...] formados em condições especiais, altamente relacionadas com a carga sedimentar do leito. Quando o rio transporta material grosseiro em grandes quantidades e não tem potência suficiente para conduzi-lo até o seu nível de base final, deposita-o no próprio leito. O obstáculo natural que então se forma, pela rugosidade e saliências, faz com que o rio se ramifique em múltiplos canais, pequenos e rasos, e desordenados devido às constantes migrações entre ilhotas. (CHRISTOFOLLETTI, 1980, p. 87).

Segundo Cunha (1995), os canais meandantes são frequentemente encontrados em áreas úmidas cobertas por vegetação ciliar, apresentando curvas sinuosas e semelhantes entre si. Diferem-se de outros padrões por possuir um índice de sinuosidade igual ou superior a 1,5, índice representado pela relação entre comprimento do canal e a distância do eixo do vale (DURY, 1969 *apud* CUNHA, 1995). Os canais meândricos são caracterizados por rios que

[...] descrevem curvas sinuosas, largas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava, ponto de maior velocidade da corrente, e de deposição na margem convexa, ponto de menor velocidade (CHRISTOFOLLETTI, 1980, p. 88).

Existem ainda outros tipos de canais intermediários na natureza e outras classificações formuladas por outros autores. Dury (1969 *apud* CUNHA, 1995) dividiu os tipos de canais em sete padrões: meandrante, anastomosado, reto, deltaico, ramificado, reticulado e irregular, abrangendo situações intermediárias. Kellerhals et.al (1976, *apud* CUNHA, 1995) criaram outro tipo de classificação direcionada aos profissionais que trabalham com obras de engenharia, especialmente canalizações.

Além das propriedades anteriormente mencionadas, a pesquisa aqui relatada teve o propósito de obter diversos dados referentes aos parâmetros morfométricos e dimensionais da sub-bacia do rio das Pedras. São parâmetros físicos destinados ao entendimento do funcionamento da bacia, uma vez que expressam quantitativamente as suas características (LIMA, 2008). Atualmente, esses métodos quantitativos tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que

[...] a maioria dos trabalhos científicos acerca de bacias hidrográficas evidenciam qualitativamente os aspectos de forma o que, em geral é

insuficiente para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo (ALVES & CASTRO, 2003, p. 117).

Além disso, é importante ressaltar que as técnicas associadas à realização da caracterização fisiográfica favorecem a qualificação das alterações ambientais nas bacias (ALVES & CASTRO, 2003) assim como podem proporcionar

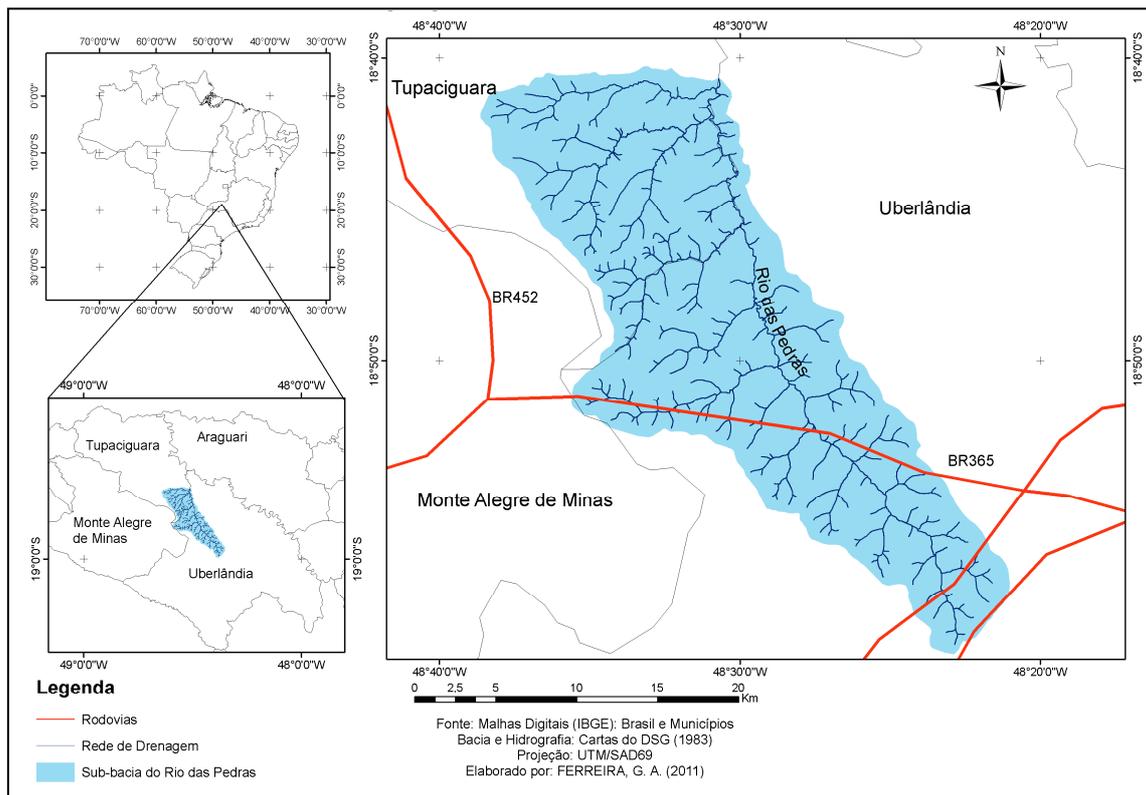
[...] a integração e conseqüentemente a espacialização de um grande número de variáveis, diminuindo a subjetividade nas metodologias de análise e permitindo a visualização dos dados e a espacialização dos resultados na forma de mapas temáticos (MACEDO et al., 2010, p. 163).

Para a caracterização fisiográfica da bacia do rio das Pedras foram selecionadas várias propriedades dimensionais, tais como o comprimento do curso principal, o comprimento total da rede, a frequência de rios, a densidade de drenagem, o fator de forma, a hierarquização da drenagem. Essas propriedades serão mais bem explicadas no item referente aos procedimentos metodológicos.

ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia hidrográfica do Rio das Pedras situa-se nas porções noroeste do município de Uberlândia e sudeste de Tupaciguara (figura 1), na Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais. O rio das Pedras é afluente do rio Uberabinha, que abastece a maior parte do município de Uberlândia.

Figura 1 – Mapa de Localização da sub-bacia do Rio das Pedras



Adotando a terminologia proposta pelo RADAMBRASIL (1983) *apud* Carvalho et. al (2011), a área está inserida nos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná. Localmente, percebe-se a presença marcante de duas unidades morfológicas: as áreas de relevo dissecado, abrangendo cotas entre 700 a 900 metros e áreas de relevo intensamente dissecado, de 700 a 440 metros. As áreas de relevo dissecado apresentam vertentes suaves e recobertas pela vegetação de cerrado, delimitadas por rupturas mantidas pela laterita. As áreas de relevo intensamente dissecado abrangem setores mais próximos à calha do rio principal,

com declividades mais acentuadas, normalmente recobertas pelas matas estacionais que costumam se estender até a terça parte das encostas.

Segundo Nishiyama (1989) *apud* Carvalho *et al* (2011), toda essa área do Triângulo Mineiro está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando rochas do Grupo Bauru (Formação Marília) e do Grupo São Bento (Formação Botucatu e Formação Serra Geral). A área entre o alto e médio curso da sub-bacia do rio das Pedras apresenta rochas da Formação Marília. Entre o médio e baixo curso observam-se afloramentos da Formação Serra Geral (MARQUES, 2008). Há também a presença de sedimentos cenozóicos que recobrem parte da área, com presença em quase todos os níveis topográficos.

A Formação Marília constitui-se de arenitos finos e grosseiros, aparecendo normalmente de forma desagregada e em pacotes maciços, com presença de estratificações cruzadas que podem ser de pequeno ou médio porte. Já a Formação Serra Geral destaca-se pela presença de rochas efusivas básicas, além de camadas de arenitos que intercalam os derrames basálticos (CARVALHO *et al.*, não Publicado).

Na sub-bacia do rio das Pedras ocorrem latossolo vermelho escuro álico (83,66%), latossolo roxo distrófico (13,41%) e latossolo roxo eutrófico (2,93%). Os latossolos vermelho-escuro álico são solos minerais, não hidromórficos, caracterizados por apresentar horizonte B profundo, bem drenados, friáveis e bastante porosos. Na região aparece em relevo mais suave, em diferentes níveis altimétricos, com diferentes texturas, que variam de média, argilosa a muito argilosa. Os latossolos roxo resultam do intemperismo do basalto da Formação Serra Geral. Apresentam textura argilosa e muito argilosa. São profundos, acentuadamente drenados, friáveis, muito porosos e permeáveis, com baixa susceptibilidade à erosão. Podem ser eutróficos ou distróficos. [...] Os Latossolos em geral são bastante profundos e lixiviados, resultado do intenso intemperismo, bem drenados, com características de baixa capacidade de troca catiônica (CARVALHO *et al*, 2011).

O clima da região é o tropical semi-úmido, ou Aw, segundo a classificação de Köppen. Esse é um clima marcado por uma estação seca e uma estação chuvosa, em decorrência da sazonalidade da atuação dos sistemas atmosféricos. Há um longo período de estiagem, abrangendo de abril a setembro, e um período de chuvas entre novembro e fevereiro. Os totais anuais de chuva giram em torno de 1500 mm. A temperatura média é de 22°C, com pequena amplitude anual.

A sub-Bacia do rio das Pedras já sofreu intensa transformação decorrente da atividade antrópica, especialmente a partir dos anos 1970. É ocupada por pequenas propriedades ligadas à produção de carne, leite, feno e sementes de capim. Há também pequenas áreas com silvicultura. A nascente do rio das Pedras encontra-se em zona de expansão da mancha urbana do município de Uberlândia.

MATERIAIS E METODOLOGIA

Determinação das características dimensionais e morfométricas

A análise fisiográfica da sub-bacia do rio das Pedras foi realizada com base em informações extraídas de cartas militares na escala de 1:25000 (DSG, 1984), nas folhas: Taperão, Palmital, Martinésia, Xapetubas, Usina dos Martins, Palma da Babilônia, Rio das Pedras e Uberlândia. Inicialmente, as curvas de nível e a rede de drenagem foram digitalizadas por meio de uma mesa digitalizadora e microcomputador convencional, a partir do uso do software Cartalinx (Clark Labs). Em seguida, os dados foram exportados no formato "shapefile" para ajuste e continuação do trabalho no software Spring 5.1 - Sistema de Processamento de Informações Geocodificadas, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Para o uso no Spring 5.1 as cartas topográficas foram convertidas para o formato digital "tiff" através do processo de escaneamento. Em seguida, por meio do uso do aplicativo Impima, contido no Spring 5.1, os arquivos foram convertidos para formato "gbr". Posteriormente, no programa SPRING, utilizando-se da ferramenta registro, as folhas foram georreferenciadas e, em seguida, o projeto "Rio_das_Pedras" foi criado, utilizando a projeção UTM e o Datum SIRGAS 2000.

Com o projeto criado e ativado, foram importados os arquivos “shapefile” e a digitalização das curvas de nível, com equidistância de 10 metros, e rede de drenagem, com separação em duas categorias: uma de modelo numérico de terreno (MNT) para as curvas de nível e outra com modelo temático para a rede de drenagem. Em seus respectivos modelos, foram criados os Planos de Informação (PI) “curvas” e “drenagem”. Com o PI ativo e através da função “edição vetorial” as linhas foram criadas e ajustadas a partir da vetorização na tela.

Por fim, na categoria modelo numérico de terreno, foram atribuídos os valores às curvas de nível a partir da ferramenta “verificação”, contida dentro na opção “edição vetorial”. Cada curva de nível recebeu seu valor manualmente a partir da observação direta das cartas dos DSG, com isolinhas de equidistância de 10 metros.

Para verificação dos valores e para dar continuidade à etapa de elaboração dos mapas, foi gerada a grade retangular a partir do menu “MNT”. Utilizaram-se como dados de entrada a categoria “amostra” contendo os valores das curvas de nível. A partir das curvas de nível e rede de drenagem digitalizadas, pôde-se determinar as características dimensionais, morfométricas e aspectos do relevo da sub-bacia do Rio das Pedras.

a) Área (A) e perímetro (P)

A área e o perímetro são valores importantes, pois são utilizados no cálculo de diversas variáveis morfométricas. Podem ser estabelecidos utilizando-se como base a linha que delimita o divisor de águas da bacia, passando pelos pontos de maior cota entre duas bacias vizinhas (Batista; Batista, 2009). A área representa toda a superfície inclusa entre os divisores da bacia. Já o perímetro é obtido a partir do cálculo da extensão da linha de contorno que delimita a bacia hidrográfica. O valor da área (A) foi obtido pelo comando “operações métricas” do Spring 5.1, a partir da seleção do polígono do limite da bacia, na opção apontamento. O perímetro (P) foi calculado a partir do mesmo método a partir da seleção do contorno do limite.

b) Maior comprimento (L) e largura média (Dm)

O maior comprimento e largura média são valores expressos em km, definidos a partir dos critérios estabelecidos por Fontes (1997, *apud* Batista; Batista, 2009). A partir deles, admite-se o maior comprimento, que é a extensão do maior eixo longitudinal da bacia. Já a largura média é obtida a partir da divisão do valor da área pelo maior comprimento. O valor do maior comprimento (L) foi obtido em metros a partir do comando “operações métricas” das ferramentas do Spring 5.1, no tipo “edição”, quando foi desenhada uma linha da maior extensão.

c) Comprimento do curso principal (L_{cp})

É o comprimento do curso d’água com maior extensão, ou seja, aquele que apresenta maior distância, a partir do exutório, e que se encontra dentro dos limites da bacia. Seu valor também foi calculado através do comando “operações métricas do Spring 5.1, no tipo “apontamento”, que possibilitou a seleção manual do curso principal.

d) Comprimento total da rede (L_t)

É a soma dos comprimentos de todos os canais da rede de drenagem em quilômetros, dentro dos limites da bacia hidrográfica. Seu valor foi obtido no programa ArcGIS 9.2 onde, após a importação dos “shapes” do Spring 5.1, pôde-se abrir a tabela de atributos (“Open Attribute Table”) e exportá-la com os comprimentos para cálculo no Excel.

e) Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem, proposta inicialmente por Horton (1945, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1974), estabelece uma correlação entre o comprimento total dos canais da rede de drenagem (L_t) e a área total da bacia hidrográfica (A). Essa correlação é obtida a partir da seguinte equação:

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Segundo Christofletti (1974), calcular a densidade de drenagem é fundamental, pois é uma variável que apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, ou seja, quanto maior for o valor numérico da densidade, menor será o tamanho dos componentes fluviais da bacia. A densidade de drenagem retrata não só a disponibilidade de canais para o escoamento linear das águas, mas também, o grau de dissecação do relevo em função da ação da rede de drenagem (BATISTA; BATISTA, 2009).

f) Frequência de rios (F)

Segundo Horton (1945, *apud* MORA, 2008) a frequência de rios pode ser calculada a partir da relação entre o número total de segmentos de rio (N_t) e a área da bacia em quilômetros quadrados (A). O resultado é expresso pelo número de segmentos por quilômetro quadrado na seguinte equação:

$$F = \frac{N_t}{A}$$

A frequência de rios, ou densidade hidrográfica, é um valor que demonstra a magnitude da rede hidrográfica, assim como a capacidade da bacia gerar novos cursos d'água, sendo determinantes as características pedológicas, geológicas e climáticas locais (FREITAS, 1952 *apud* LANA; ALVES; CASTRO, 2001)

g) Declividade média (S)

A declividade média é um valor importante obtido em porcentagem que, juntamente com a cobertura vegetal e o tipo de solo e uso da terra, influi fortemente sobre a magnitude dos picos de enchentes e na infiltração (SILVA; LIMA; ALMEIDA; COSTA, 2010). Seu valor pode ser obtido a partir da seguinte fórmula:

$$S = \left(\frac{D_{cn} \cdot L_{cn}}{A} \right) \times 100$$

onde:

D_{cn} : distância entre as curvas de nível (m);

L_{cn} : comprimento total das curvas de nível (m);

A: área da bacia hidrográfica em (m²).

h) Fator de forma (Kf)

A partir da relação entre a largura média da bacia hidrográfica e o comprimento do curso principal de água, ou comprimento axial da bacia, determina-se o fator de forma (SILVA et al., 2010). Assim, temos a seguinte equação, proposta por Almeida (2007):

$$Kf = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

onde:

Kf: fator de forma;

A: área da bacia (km²);

L_{cp} : comprimento do curso principal (km).

É importante lembrar que um fator de forma menor indica uma bacia mais alongada e menos propensa a enchentes do que uma bacia hidrográfica com fator de forma maior. Pode-se afirmar isso em função da menor probabilidade de uma bacia de forma alongada e estreita receber chuvas intensas em todos os seus pontos (NUNES et al., 2006).

i) Coeficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade estabelece a relação entre o perímetro de uma bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área equivalente à da bacia. Segundo Almeida (2007), o Kc pode ser determinado a partir da seguinte fórmula:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde:

Kc: coeficiente de compacidade;

P: perímetro da bacia (km);

A: área da bacia (km²).

Assim como o fator de forma, o coeficiente de compacidade revela a susceptibilidade que uma bacia hidrográfica tem de sofrer enchentes, que é maior quando o Kc se aproxima da unidade. Valores elevados correspondem a bacias de formas mais alongadas (ALMEIDA, 2007).

j) Índice de circularidade (IC)

O índice de circularidade, proposto inicialmente por Miller (1953, *apud*. CHRISTOFOLETTI, 1974), estabelece a relação entre a área da bacia hidrográfica e a área de um círculo de mesmo perímetro. Segundo Christofolletti (1974), o valor máximo a ser obtido nessa variável é igual a 1,0, o que corresponderia a uma bacia perfeitamente circular. O índice de circularidade pode ser obtido a partir da seguinte equação (CARDOSO et al., 2006):

$$IC = 12,57 \frac{A}{P^2}$$

onde:

IC: índice de circularidade;

A: área da bacia (km²);

P: perímetro da bacia (km).

Elaboração da base cartográfica

O mapa da base cartográfica foi elaborado no programa Spring 5.1, a partir da reunião dos vetores digitalizados na etapa anterior, com a rede de drenagem e as curvas de nível, informações retiradas das cartas militares do DSG.

No programa Scarta 5.1, o banco de dados do projeto foi ativado e carregado. Em seguida foi criado um mapa em que os Planos de Informação da rede de drenagem e das curvas de nível foram inseridos, além do limite da bacia hidrográfica. No painel de controle foram selecionados os Planos de informação incluídos no projeto, com maior prioridade para a rede de drenagem, possibilitando a visualização juntamente às curvas de nível. Também foi editada uma grade de coordenadas geográficas para o mapa. Por fim, foram inseridos os elementos essenciais do mapa, a partir do Editor de Elementos, incluindo título, escala, legenda e referências. As informações reunidas estão dispostas no mapa da base cartográfica, em um sistema de projeção UTM e Datum SIRGAS 2000 (figura 2).

Elaboração de mapas temáticos

a) Mapa Hipsométrico

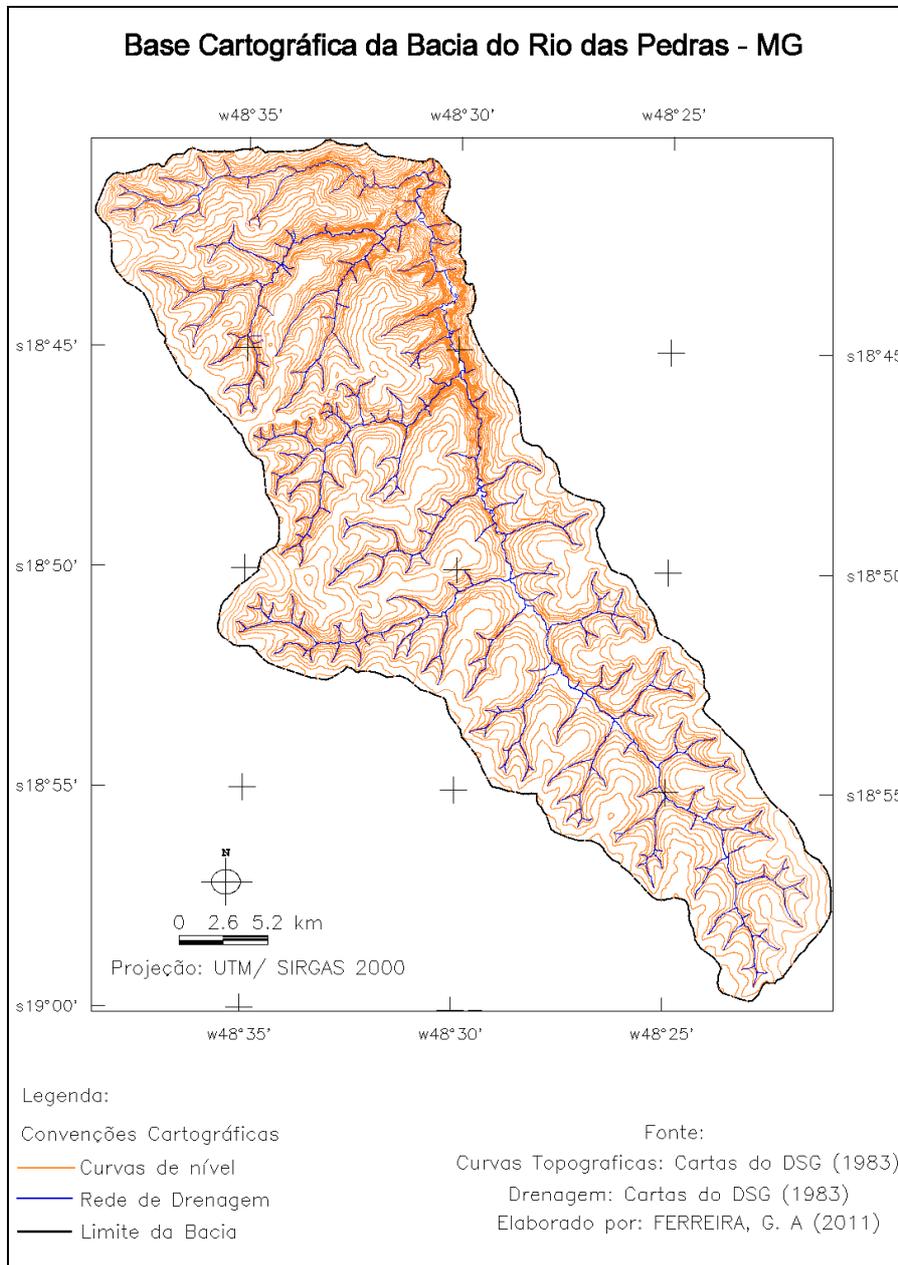
Após digitalização das curvas de nível, inserção de seus valores em modelo numérico de terreno (MNT) e criação de uma representação matemática da distribuição espacial do relevo, deu-se início a etapa de geração da grade retangular para a criação do mapa hipsométrico.

O comando geração de grade retangular no menu “MNT” gera um modelo digital que, a partir de um poliedro de faces retangulares, aproxima as superfícies (LOPES, 2009). Com o plano de informação “curvas” ativo, foi gerada a grade retangular com dados de entrada da amostra, com o interpolador “Média pond./Cota/Quad.” e com um raio de 3000m.

Com a grade retangular concluída, iniciou-se o fatiamento da grade numérica. O fatiamento cria uma imagem temática a partir de grade retangular ou triangular, definindo fatias correspondentes aos intervalos de cotas (LOPES, 2009). Em primeiro lugar foi criado um plano

de informação no modelo “Temático” com o nome de “Hipsometria”, onde foram criadas sete classes temáticas, abrangendo a variação das altitudes dentro dos limites da bacia. Na área de estudo observou-se altitudes entre 544 até 910 metros. Dessa forma, foram estabelecidas as seguintes classes: 544 a 600 metros, 600 a 650 metros, 650 a 700 metros, 700 a 750 metros, 750 a 800 metros, 800 a 850 metros, 850 a 910 metros.

Figura 2 – Mapa da base cartográfica da sub-bacia do rio das Pedras.



Em seguida, com o PI “curvas” ativo, foi acessado o “fatiamento” no menu “MNT”. Na opção “definição de fatias” foram inseridas as mesmas classes definidas anteriormente e, por fim, associadas com as classes temáticas definidas na categoria de saída “hipsometria”. Terminada essa etapa, com a imagem criada e as classes fatiadas, o produto foi exportado no formato “shapefile”, em coordenadas geográficas para posterior edição e elaboração do mapa no aplicativo ArcMap do software ArcGIS 9.2. O ArcMap

[...] constitui um aplicativo de visualização, análise, edição e exportação de mapas. É nele que será definida a informação a ser estudada e a forma de visualização, sendo que, neste local qualquer conjunto de dados (geográficos

e/ou alfanuméricos) são acrescentados em formato de *layer*. (SILVA; RODRIGUES, 2009, p.12)

No ArcMAP, foi criado um novo documento com nome de "Mapa_Hipsometria" e, a partir do comando "Add data", foi inserido o arquivo "shapefile". Com o "layer" criado, pôde-se acessar as suas propriedades. Na aba "symbolology" foram acessadas as categorias criadas anteriormente no Spring 5.1, associando cores a cada uma das classes, partindo de tons de verde para tons de laranja nos valores mais elevados. O mapa foi elaborado no sistema de projeção UTM, na zona 22 sul e Datum geodésico SAD-69.

Para finalizar o mapa, foi inserida a grade de coordenadas geográficas nas propriedades do "data frame", além dos elementos fundamentais como título, escala, referência e legenda, por meio do menu "Insert".

b) Mapa de Declividade

Para a elaboração do mapa de declividade foi necessário a geração de uma grade triangular (TIN). Diferentemente da grade retangular, essa outra forma de modelagem

[...] considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes como as descontinuidades, representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales) sejam consideradas [...], possibilitando assim modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície. (LOPES, 2009, sp.)

Criou-se uma cópia do PI "Curvas" a partir do qual se pôde gerar a grade triangular por meio do menu "MNT", utilizando-se como entrada os dados da amostra contendo os valores das curvas de nível. O próximo passo, após a geração da grade triangular, foi a criação de uma nova categoria temática com nome de "declividade" na qual foram inseridas cinco classes de declividade. Considerando as condições topográficas da área de estudo, foram modificadas as classes de declividade propostas por Lepsch (1991) para que houvesse uma melhor adequação às características da bacia hidrográfica. As classes definidas foram: 0 - 2%, 2 - 5%, 5 - 10%, 10 - 20% e > 20%.

Considerando a proposta de Lepsch (1991), foi definido que as áreas com uma declividade menor que 2% são consideradas pertencentes a um relevo plano, onde se observa uma superfície topográfica praticamente horizontal. A classe de declividade entre 2 e 5% incorpora um relevo suave ondulado, onde há um escoamento superficial lento ou médio. Nessas áreas são predominantes conjuntos de colinas e/ou outeiros (EMBRAPA, 2006). Na classe de 5 a 10% já se pode observar um relevo ondulado, com superfícies inclinadas, o que proporciona um escoamento superficial médio ou rápido, também apresentando colinas e/ou outeiros. As áreas com valores de 10% e 20%, foram consideradas fortemente onduladas, caracterizando áreas inclinadas ou colinosas, com forte escoamento superficial. Por fim, foi estabelecida a classe que compreende as áreas com declividades superiores a 20%, com um relevo escarpado. Nessa classe encontram-se vertentes com declives muito fortes (Lepsch, 1991).

Terminada essa etapa, foi acessada a opção "Declividade", no menu "MNT", para criar uma grade de declividade utilizando a grade triangular gerada anteriormente. Utilizou-se como unidade a porcentagem, e como categoria de saída a "declividade" com as classes já delimitadas. Logo em seguida utilizou-se o "fatiamento" e a posterior associação com as classes criadas na categoria própria, assim como foi feito no mapa de hipsometria.

Para concluir o mapa, o produto obtido foi exportado no formato "shapefile", em coordenadas geográficas, para edição no ArcMAP 9.2, quando foram atribuídas cores às classes e inseridos os componentes do mapa, utilizando-se as mesmas configurações do mapa hipsométrico.

c) Mapa de Hierarquização da Drenagem

A hierarquização da rede de drenagem foi feita conforme proposta de Strahler (1952). Dessa forma, admite-se que os canais menores, sem tributários, são os de primeira ordem. A partir da confluência de dois canais de primeira ordem, temos os canais de segunda ordem, que só recebem afluentes de primeira ordem. Quando dois canais de segunda ordem confluem surgem os de terceira ordem, que podem receber afluentes de segunda e de primeira ordem, e assim por diante.

Em primeiro lugar, o PI “drenagem” foi exportado no Spring 5.1 no formato “shapefile”, utilizando as coordenadas geográficas. Em seguida, o arquivo foi importado para o ArcMap 9.2, onde a hierarquização da rede de drenagem foi realizada. Foi utilizado o sistema de projeção UTM, na zona 22 sul e Datum SAD-69. Nas propriedades do “layer” a tabela de atributos foi acessada. Em seguida foi inserida uma nova coluna de texto quando, de forma manual, cada segmento de rio recebeu um nome: P(n) para canais de primeira ordem; S(n) para canais de segunda ordem; T(n) para terceira ordem; Q(n) para quarta ordem e Q*(n) para canais de quinta ordem.

Novamente nas propriedades do “layer” a aba “Symbology” foi aberta, onde foi possível definir cores pra cada ordem de curso atribuída aos segmentos de rio na tabela de atributos. Foi utilizada uma escala de cores frias para cores quentes, diferenciando a ordem dos canais. Por fim, o mapa foi gerado, inserindo-se os elementos finais.

RESULTADOS

Características Dimensionais e Morfométricas

Para o cálculo das características dimensionais e índices morfométricos da sub-bacia do rio das Pedras foram obtidos os dados relacionados no Quadro 1. Verifica-se que a sub-bacia do Rio das Pedras engloba uma área de 422.02 km², com um perímetro de 112.75 km. Seu rio principal, que dá nome à bacia, percorre um trecho de 49.6 km no sentido SE-NW, desaguando no rio Uberabinha, exibindo uma drenagem endorréica. Seu maior eixo longitudinal, expresso pelo valor do maior comprimento, é de 43.5 km. Observa-se na bacia um comprimento total da rede de drenagem de 396.6 km, divididos em 221 canais. Os padrões de drenagem são dos tipos dendrítico e retangular, características compatíveis com regolito e rochas que oferecem resistência relativamente homogênea à erosão, porém com algumas áreas condicionadas pela geotectônica. A partir desses dados foi possível calcular as características morfométricas da sub-bacia, conforme disposto no Quadro 2.

Quadro 1 – Dados de entrada para cálculo das características dimensionais e índices morfométricos da sub-bacia do rio das Pedras.

Dados Obtidos	Valores
Área (A)	422.02 km ²
Perímetro (P)	112.75 km
Comprimento do curso principal (Lcp)	49.58 km
Maior comprimento (L)	43.49 km
Comprimento total da rede (Lt)	396.6 km
Número de canais	221
Comprimento total das curvas de nível (Lcn)	3940471.98 m

Quadro 2 – Características Dimensionais e Morfométricas da Sub-bacia do Rio das Pedras.

Características Físicas	Resultados
Densidade de Drenagem (Dd)	0,99km/km ²
Frequência de Rios (F)	0,52 segmentos/Km ²
Largura Média (Dm)	9,7km
Declividade Média (S)	9,3%
Fator de Forma (Kf)	0,17
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,54
Índice de Circularidade (IC)	0,42

A densidade de drenagem é de 0,99 quilômetros por quilômetro quadrado. A partir das classes de interpretação propostas por Christofolletti (1969 *apud* SILVA et al., 2010), observa-se que a densidade de drenagem encontrada na sub-bacia do rio das Pedras é baixa. Confirmando essa conclusão, a metodologia de Vilella e Mattos (1975 *apud* ALMEIDA, 2007) estabelece que esse índice pode variar de 0,5km/km², em bacias com drenagem pobre, até valores iguais ou superiores a 3,5km/km² em bacias bem drenadas. Portanto, a bacia em estudo apresenta um baixo grau de desenvolvimento de seu sistema de drenagem, o que indica, na maioria dos

casos, a presença de rochas e solos muito permeáveis (KRAVCHENKO, 1998). Essa relação se dá porque

as rochas mais impermeáveis possuem melhores condições para o escoamento superficial, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem; contrário acontece com rochas porosas (Horton, 1945 *apud* ALVES & CARVALHO, 2009, p.34).

Além disso, considerando a grande importância da densidade de drenagem em paisagens elaboradas pela atuação fluvial (SILVA; MELO; CORRÊIA, 2009), pode-se afirmar que a bacia apresenta um baixo grau de dissecação topográfica. O valor da frequência de rios, ou densidade hidrográfica, é baixo, apresentando 0,52 canais por quilômetro quadrado. Esse é um pequeno valor que demonstra uma relativa pobreza de cursos d'água e pouca capacidade de geração de novos cursos.

A sub-bacia do rio das Pedras possui largura média de 9,7 quilômetros e uma declividade média de 9,3%. O valor dessa declividade média, assim como a densidade de drenagem, indica que a área é pouco declivosa e possui um relevo com um baixo nível de dissecação. A baixa declividade média indica menor risco de sofrer erosão decorrente do escoamento hídrico superficial, que é maior em áreas com declividades elevadas.

O fator de forma para a sub-bacia do rio das Pedras é de 0,17, considerado baixo. Esse resultado indica que a bacia possui uma forma alongada e, conseqüentemente, uma menor predisposição a sofrer enchentes. Isso se dá em razão da menor probabilidade de chuvas fortes ocorrerem em vários pontos da bacia. O resultado do cálculo do coeficiente de compactidade corrobora essa conclusão. O valor resultante foi de 1,54, indicando a existência de uma forma irregular, contribuindo para a menor incidência de enchentes. O índice de circularidade de 0,42 é baixo, indicando forma alongada. A unidade indicaria a existência de uma bacia perfeitamente circular. Esses resultados comprovam que a sub-bacia do rio das Pedras possui um tempo de concentração de água da chuva em seus tributários muito elevado. Em condições normais de precipitação, a bacia não tem predisposição a inundações.

Hipsometria

As informações hipsométricas auxiliam no entendimento da dinâmica biótica, topoclimática e na análise da energia do relevo, revelando locais favoráveis aos processos de acumulação para as áreas de menor altitude, e de dissecação nas áreas de maior altitude (TRENTIN & ROBAINA, 2005 *apud* SILVA et al., 2010).

A sub-bacia do rio das Pedras apresenta uma amplitude altimétrica de 366 metros. A Quadro 3 reúne as classes hipsométricas definidas para esse trabalho, assim como a área ocupada por cada uma delas e seu percentual em relação à área total da bacia.

Quadro 3 – Quantificação das áreas homogêneas a partir das classes hipsométricas.

Classes de Altitude (m)	Área Ocupada por Classe	
	Km ²	%
544 - 600	1,47	0,35
600 - 650	8,35	1,98
650 - 700	10,99	2,60
700 - 750	23,98	5,68
750 - 800	111,34	26,38
800 - 850	214,73	50,88
850 - 910	51,18	12,13
TOTAL	422,02	100

Observa-se que as áreas correspondentes às altitudes inferiores a 600 metros ocupam 1,47 km², ou 0,35% do total. Essa classe de altitude engloba principalmente áreas junto ao leito do rio principal, concentrando-se nas proximidades da foz. As áreas que possuem altitude entre 600 e 650 metros ocupam 8,35km², ou 1,98% do total. Já a classe referente às altitudes entre 650 e 700 metros, correspondem a 10,99km², ou 2,60% do total. Ambas são áreas relativamente pouco extensas ainda situadas próximas à foz do rio principal. À medida que se

afasta da foz, as altitudes aumentam significativamente. Observa-se, na figura 3, o destaque da classe entre as altitudes de 800 a 850 metros que ocupa 214,73 quilômetros quadrados, ou seja, mais de 50% do total da bacia hidrográfica. Essa área corresponde a topos de chapadas, com relevos relativamente planos. Por último, a classe entre 850 a 910 metros de altitude ocupa 12,13% do total e é encontrada ao noroeste, oeste e sudeste da bacia, marcando seus limites. A figura 4 apresenta o mapa hipsométrico.

Figura 3 – Distribuição percentual das classes de altitude na sub-bacia do rio das Pedras.

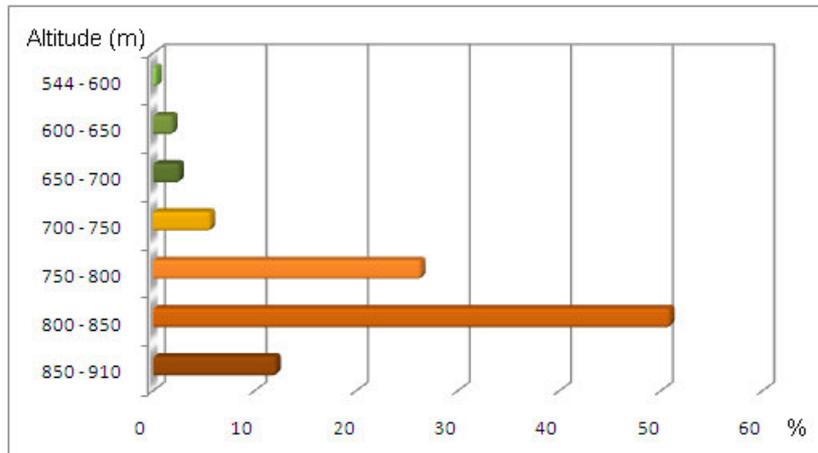
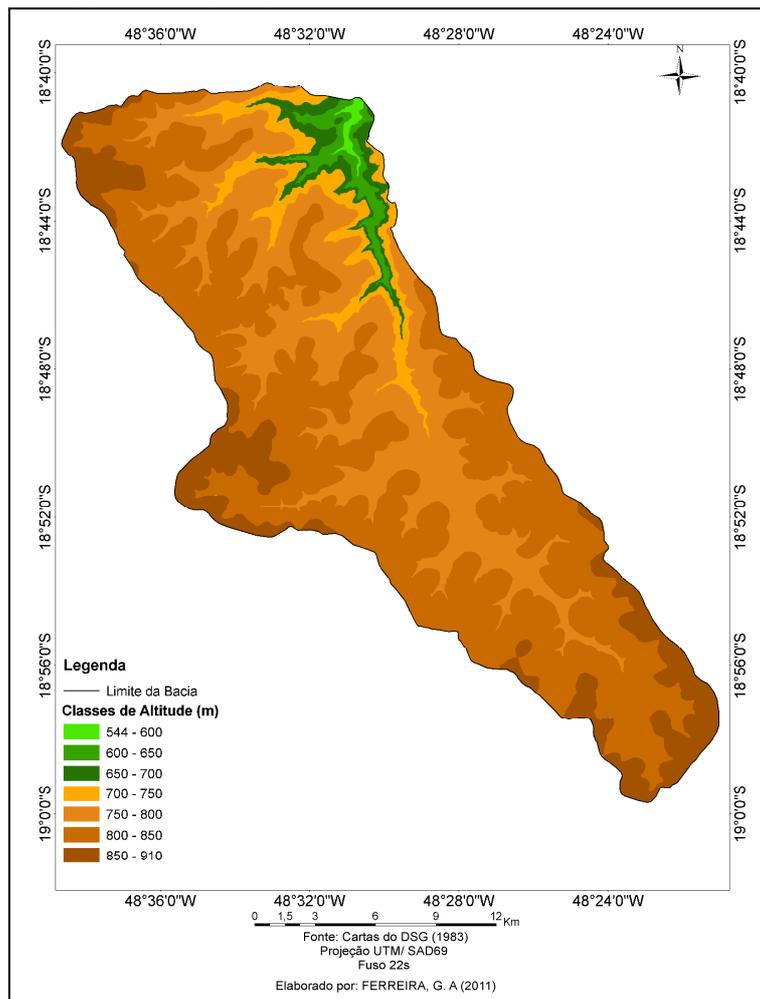


Figura 4 – Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio das Pedras.



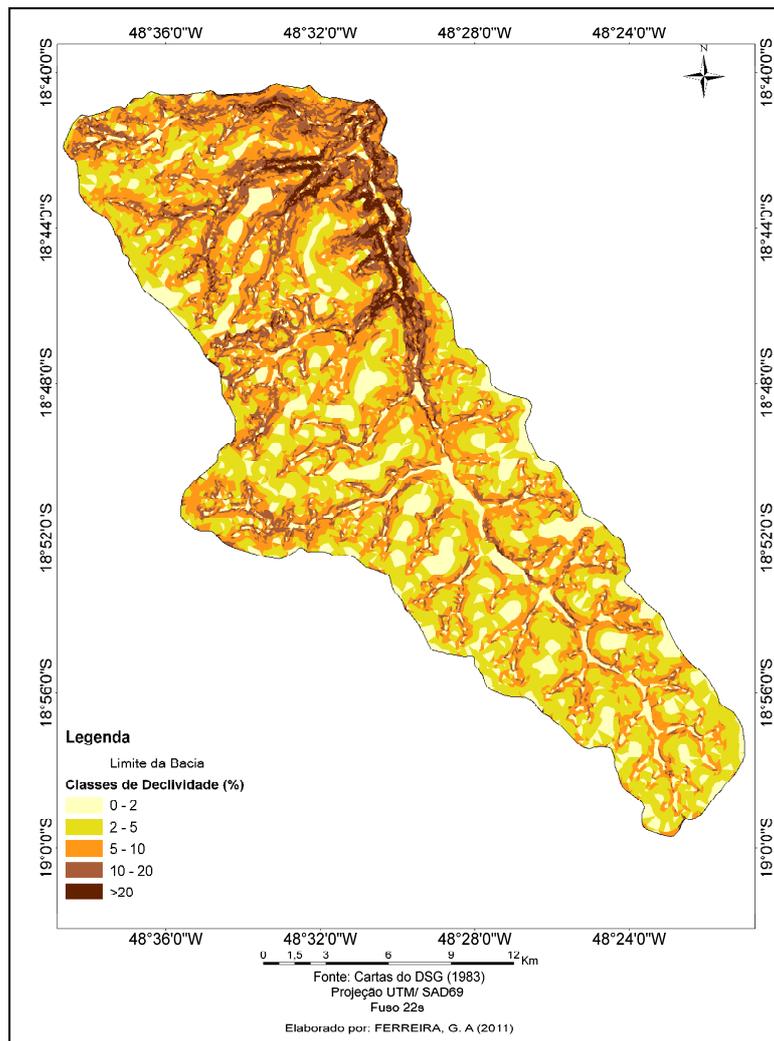
Declividade

A declividade é outro fator fundamental para o entendimento da dinâmica natural da bacia hidrográfica, revelando o grau de inclinação da uma superfície.

A declividade relaciona-se com a velocidade em que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias, sendo que os picos de enchente, infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA; MATOS, 1975 *apud*. TEODORO et al., 2007, p. 149).

As informações reunidas possibilitaram a elaboração do mapa das classes de declividade da sub-bacia do rio das Pedras (figura 5). No Quadro 4 estão dispostas as áreas e a distribuição percentual delas em relação ao todo.

Figura 5 – Mapa das Classes de Declividade da Bacia do Rio das Pedras.



As áreas que possuem entre 0 a 2% de declividade ocupam 17,33% da área total da bacia, ou 73,15 quilômetros quadrados. Correspondem principalmente aos topos das chapadas, com relevo plano. Já as classes de declividade de 2% a 5% e 5% a 10% ocupam grande percentual da área da bacia, como demonstra a figura 6. Correspondem, respectivamente, a áreas de relevo suave ondulado e ondulado.

Juntas, as áreas com declividade entre 2 e 10% representam 65,18%, demonstrando a existência de um relevo pouco declivoso na sub-bacia. A declividade média é de 9,3%. Tal característica favorece o uso agrícola. Importante salientar que a sub-bacia já se encontra

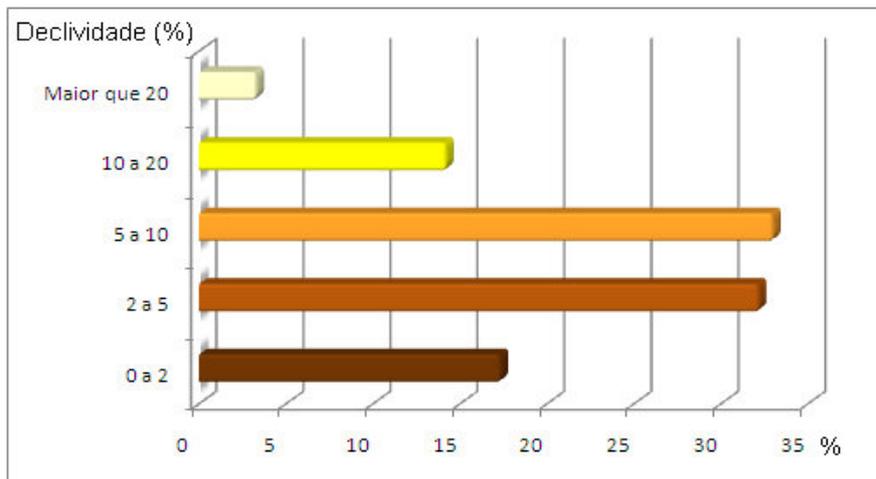
predominantemente ocupada pela agricultura e pastagens, com 36,3% e 29,2% da área total, respectivamente, como demonstra Carvalho et al (2011).

Quadro 4 – Quantificação das áreas homogêneas a partir das classes de declividade

Classes de Declividade	Relevo	Área Ocupada por Classe	
		Km ²	%
0% a 2%	Plano	73,15	17,33
2% a 5%	Suave Ondulado	135,81	32,18
5% a 10%	Ondulado	139,24	32,99
10% a 20%	Forte Ondulado	59,91	14,20
Maior que 20%	Escarpado	13,91	3,30
TOTAL		422,02	100

As classes de declividade de 10 a 20% e valores maiores do que 20% são áreas de terreno forte ondulado e escarpado, respondendo, respectivamente, por 14,2% e 3,3% da área total. A análise do mapa de declividade permite observar que essas áreas estão concentradas majoritariamente na porção entre o médio e baixo curso da sub-bacia do rio das Pedras, especialmente nas proximidades do leito do rio principal.

Figura 6 – Distribuição percentual das classes de declividade na sub-bacia hidrográfica do rio das Pedras



A declividade é um dos fatores principais a serem considerados no planejamento, não só para garantir o melhor uso do solo, mas para atender à legislação ambiental. As áreas de relevo forte ondulado e escarpado no baixo curso da sub-bacia do rio das Pedras devem ter seu uso impedido, em decorrência de sua fragilidade. Uma das melhores alternativas seria a criação de uma unidade de conservação para ajudar na restauração e preservação dessas áreas.

Hierarquização da Rede de Drenagem

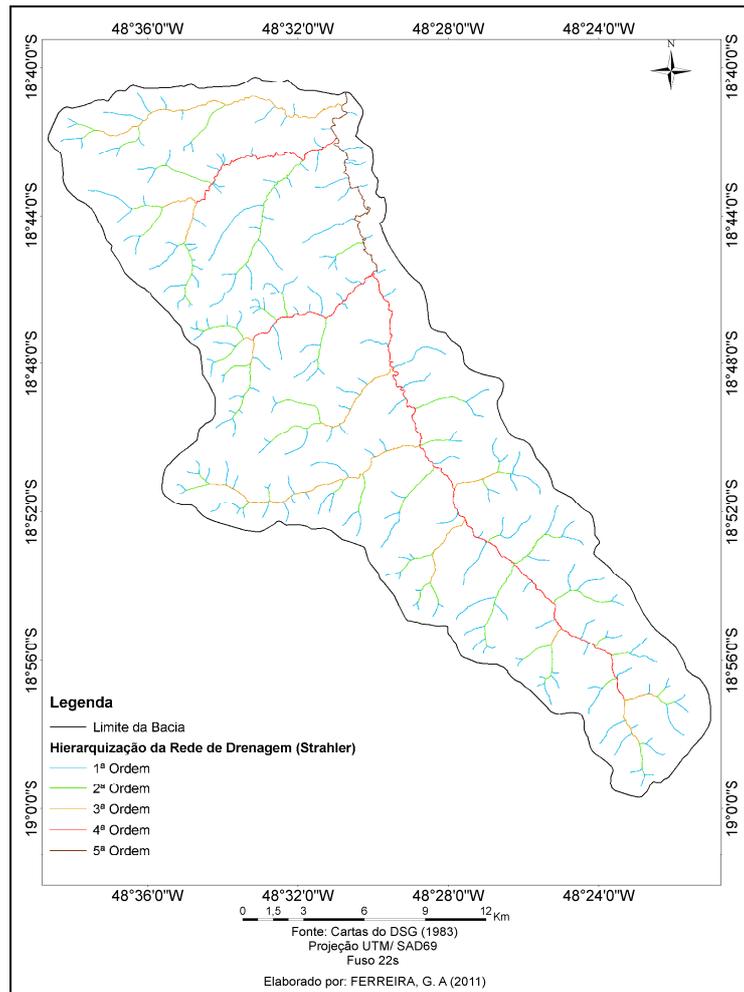
A determinação da ordem dos canais possibilita a observação do grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia hidrográfica. Utilizando a metodologia de Strahler (1952), os canais da sub-bacia do rio das Pedras foram classificados, contabilizados e seus comprimentos totais determinados.

Os dados do Quadro 5 demonstram que os canais de primeira ordem respondem por 196,8 quilômetros do comprimento total dos canais da sub-bacia, com uma frequência de 77,7% em relação ao número total. Os canais de segunda ordem apresentam uma frequência de ocorrência bem menor, com 16,7%. No entanto respondem por uma parcela significativa do comprimento da rede de drenagem, com 86,7 quilômetros. Conforme a bacia se ramifica, a participação das ordens seguintes vai diminuindo, até atingir o último segmento de quinta ordem que deságua no rio Uberabinha. Esse último segmento do canal principal possui um comprimento de 14,3 km. Dessa forma, pode-se concluir que a sub-bacia do rio das Pedras é de 5ª ordem de magnitude, conforme demonstra a figura 7.

Quadro 5 – Quantificação dos segmentos de canais por ordem hierárquica e porcentagem de ocorrência

Ordem	Número de Segmentos de Canais	Comprimento total dos canais (Km)	Porcentagem de ocorrência (%)
1 ^a	219	196,8	77,7
2 ^a	47	86,7	16,6
3 ^a	12	49,3	4,3
4 ^a	3	49,5	1,1
5 ^a	1	14,3	0,3
TOTAL	282	396,6	100

Figura 7 – Mapa de hierarquização da rede de drenagem da sub-bacia do rio das Pedras



CONCLUSÃO

O presente texto reuniu informações sobre a fisiografia da sub-bacia do rio das Pedras, procurando contribuir para a compreensão da sua dinâmica geoambiental, o que pode ser útil às iniciativas de manejo, planejamento e gestão.

A obtenção e tratamento dos dados por meio das ferramentas utilizadas, principalmente o Spring 5.1, mostrou-se satisfatória, possibilitando não só a caracterização fisiográfica, mas a elaboração de mapas temáticos para analisar as características do relevo e drenagem da sub-bacia. A utilização das cartas militares do DSG na escala 1:25.000 e a vetorização manual das curvas de nível e rede de drenagem propiciou precisão na obtenção dos dados, que seriam perdidos em escalas menores. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- A sub-bacia apresenta padrão de drenagem dendrítico nos setores onde o regolito e as rochas oferecem resistência relativamente homogênea à erosão e retangular em áreas com controle geotectônico significativo.
- A baixa densidade de drenagem demonstra que a sub-bacia possui um baixo grau de desenvolvimento de seu sistema de drenagem, indicando presença de solos permeáveis e relevo pouco dissecado e pouco declivoso. O baixo valor da frequência de rios reforça tal constatação.
- A declividade média de 9,3% indica que a sub-bacia do rio das Pedras tem uma baixa susceptibilidade erosiva decorrente do escoamento hídrico superficial. As informações demonstram a predominância das classes de 2 a 5% e 5 a 10%, indicando a maior presença de relevos suavemente ondulados e ondulados.
- O fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade indicam que a sub-bacia do rio das Pedras apresenta forma alongada, implicando em menor predisposição a enchentes e um maior tempo de concentração da água da chuva no seu território.
- As informações hipsométricas demonstram a predominância das classes de 750 a 800 metros e 800 a 850 metros de altitude, respondendo juntas por 77,3% do total da área da bacia.
- A hierarquização da rede de drenagem possibilitou identificar que a sub-bacia do rio das Pedras é de 5ª ordem de magnitude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.Q. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. Vitória: UFES, 2007, 92p. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria, 2007.

ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, 33, 2, 117-127, 2003.

ALVES, T. M.; CARVALHO, T. M. Análises Morfométricas em Estudos Geomorfológicos: A Bacia do Rio Crixás-Miri. Estado de Goiás. **Biologia Geral e Experimental**, v.9, p.31-37, 2009.

BATISTA, A.F.; BATISTA, G.T. Caracterização fisiográfica e avaliação do uso e ocupação das APP da microbacia do ribeirão das Antas. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, 2., 2009, Taubaté. **Anais...Taubaté: IPABHi**, 2009. p.81-88.

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria de Serviço Geográfico – DSG. **Carta Militar**. Folhas SE:22-Z-B-V-2-SO, SE:22-Z-B-V-2-SE, SE:22-Z-B-VI-1-SO, SE:22-Z-B-V-4-NE, SE:22-Z-B-VI-3-NO, SE:22-Z-B-V-4-SE, SE:22-Z-B-VI-3-SO, SE:22-Z-B-VI-3-SE, Brasília: DSG, 1983. (Escala 1:25.000).

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, E.R.; SILVA, M.K.A.; OLIVEIRA, P.C.A.; PRUDENTE, T.D. Análise do Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras. In: Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 3., 2011, Fortaleza. **Anais... 2011**, p. 371-383.

CARVALHO, E.R.; SILVA, M.K.A.; OLIVEIRA, P.C.A.; PRUDENTE, T.D. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/MG**. Não Publicado.

CHRISTOFOLETI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981, 313p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1974, 149p.

- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980, 188p.
- CUNHA, Sandra B. Geomorfologia Fluvial. In: **GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) Geomorfologia uma Base de Atualização e Conceitos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 211-252.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Am. Bull.**, New York, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- KRAVCHENKO, A. Aerofotointerpretação – Fotografia Aérea à Serviço da Agricultura. Goiânia, GO: **Escola de Agronomia - UFG**, 1998. 125p.
- LANA, Cláudio Eduardo; ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, June 2001
- LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1991. 175 p.
- LIMA, W. P. Princípios de Hidrologia Florestal Para o Manejo de Bacias Hidrográficas. Piracicaba, SP: **ESALQ**, 2008. 244 p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.
- LOPES, Eymar Silva. **SPRING Básico: TUTORIAL 10 Aulas – SPRING 5.1** (Versão Windows), Revisão: Hilcéa Santos Ferreira; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), Agosto de 2009.
- MACEDO, F.L.; PEDRA, W.N.; MELLO JUNIOR, A.V. Caracterização Fisiográfica da Sub-Bacia do Riacho Jacaré – SE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03, p.163-169, 2010.
- MARQUES, Luana Moreira. Análise das potencialidades turísticas e de ocupação de áreas mediante diagnóstico ambiental: o caso da microbacia do Rio das Pedras - Uberlândia/MG. **Global Tourism**, São Paulo, v. 4, n. 1, 2008.
- MORA, V.B.; **Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Bobo, Estado de Nariño, Colômbia**. Jaboticabal: UNESP, 2008, 56p. Dissertação (mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- NUNES, F.G., RIBEIRO, N.C., FIORI, A.P. Propriedades Morfométricas e Aspectos Físicos da Bacia Hidrográfica do Rio Atuba. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6. 2006, Curitiba. **Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. Curitiba-Paraná, 2006.
- SILVA, D. G., MELO, R. F. T, CORRÊA, A. C. de B. A influência da densidade de drenagem na interpretação da evolução geomorfológica do complexo de tanques do município de Brejo da Madre de Deus – Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE-DCG/NAPA, v. 26, n.3, jun/ago. 2009.
- SILVA, L.; LIMA, E.R.V.; ALMEIDA, H.A.; COSTA, J.F.C. Caracterização Geomorfométrica e Mapeamento dos Conflitos de Uso na Bacia de Drenagem do Açude Soledade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03, p.112-122, 2010.
- SILVA, T; I.; & RODRIGUES, S. C. Tutorial de cartografia geomorfológica Arcgis 9.2 e Envi 4.0. Manuais Técnicos. In: **Revista Geográfica. Acadêmica**, v. 3, n.2 , 2009.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Bull. Geol. Soc. Am.**, Washington, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.
- TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, 2007.