

Compartimentação Topográfica do Alto Curso da Bacia do Rio Macaé (RJ): subsídios ao entendimento da relação relevo-recursos hídricos.

ALPINO, Suelen Oliveira ¹; PEREIRA, Fernanda C. de Souza ²; ROCHA LEÃO, Otávio Míguas da³.

¹Graduando em Geografia DEGEO UERJ/FFP; sualpino@yahoo.com.br

²Graduando em Geografia DEGEO UERJ/FFP; fernandaspuerj@gmail.com

³Professor adjunto do DEGEO UERJ/FFP; orochaleao@hotmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o relevo do alto curso da bacia hidrográfica do rio Macaé, localizado no município de Nova Friburgo (RJ), através da identificação das principais classes de desnivelamento e da determinação do gradiente e da densidade de drenagem das sub-bacias de segunda ordem que compõem esse trecho da referida bacia. Pretende-se contribuir com o entendimento da realidade geomorfológica da área, para subsidiar futuras ações no âmbito de sua gestão e de seu planejamento geoambiental. Para tanto, foi utilizada a metodologia proposta por Meis et al. (1982) de desnivelamento altimétrico, além das metodologias de gradiente da bacia e de densidade de drenagem proposta por Christofolletti (1980). Os resultados apontam para uma área de desnivelamento altimétrico elevado, chegando até 996m em uma determinada sub-bacia, e, aproximadamente, 59,05% das sub-bacias possuem desnivelamento maior que 400m. Cerca de 73,23% possuem gradiente maior que 20%; e 18,89% possuem uma densidade de drenagem maior que 3,0 km/km², o que significa que nessas áreas há uma relativa facilidade para a drenagem rápida da água.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, compartimentação topográfica e Geomorfologia.

Abstract

This study aims to characterize the relief of the high course of the drainage basin of Macaé river, located in the city of Nova Friburgo (Rio de Janeiro), by the identification of the major classes of development and the determination of gradient and density of drainage of the second-order sub-basins which compound the stretch of this basin. It focuses on the contribution to the understanding of geomorphological reality of the area, in order to subsidize future actions in the field of its management and geoenvironmental planning. For this, it was applied a methodology proposed by Meis et alli. (1982) of altimetric unlevelling, as well as the methodologies of gradient of the basin and drainage density proposed by Christofolletti (1980). The results indicate an area of high altimetric unlevelling, reaching 996m in a determined sub-basin, and, approximately 59,05% of the sub-basins have an unlevelling larger than 400m. About 73.23% have a gradient of the basin larger than 20%; and 18,89% have a drainage density larger than 3,0km/km², which means that it is easy to have a fast water drainage in these areas.

Keywords: drainage basin, topographic compartmentation and geomorphology

1- Introdução e objetivos

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área da superfície terrestre que recebe e distribui água, sedimentos e substâncias dissolvidas para uma saída comum, em um determinado ponto de um canal fluvial (COELHO NETTO, 2005). Essas bacias servem para compartimentação topográfica do relevo, permitindo a classificação das sub-bacias que compõem o sistema hidrográfico, segundo sua dinâmica geomorfológica. Em termos de dinâmica hidrológica essas sub-bacias podem possuir diferentes significados para o

escoamento das águas, de acordo com parâmetros controladores da eficiência do processo de drenagem, tais como gradiente e densidade de drenagem.

A partir do conhecimento da dinâmica hidrológica de uma determinada bacia, torna-se possível uma melhor interação entre a sociedade e a natureza, haja vista os grandes problemas ambientais existentes quanto ao uso e gestão dos recursos hídricos. A compartimentação topográfica surge como uma técnica de fundamental importância por facilitar a identificação de áreas mais vulneráveis à ocorrência de determinados processos, como os de erosão do solo, por agrupar sub-bacias em classes com características topográficas, ou domínios morfológicos semelhantes.

Este trabalho está inserido em uma linha de pesquisa mais ampla sobre a bacia hidrográfica do rio Macaé, e tem como objetivo fazer uma caracterização do relevo do alto curso do rio Macaé, identificando as classes de desnivelamento, o gradiente e a densidade de drenagem de cada sub-bacia de segunda ordem. Gerando, dessa maneira, subsídios ao entendimento das relações entre o relevo, uso do solo e dinâmica hidrológica nas sub-bacias de segunda ordem.

2. Área de estudo

A área de estudo localiza-se na região Norte do Estado do Rio de Janeiro e, segundo Marçal & Luz (2003), toda a bacia do rio Macaé apresenta cerca de 1.765 km² e tem os seguintes limites territoriais: ao Norte, em parte, encontra-se a bacia do rio Macabu; ao Sul, a bacia do rio São João; a Oeste, localiza-se a bacia do rio Macacu; a Leste, o Oceano Atlântico. Essa bacia engloba praticamente toda a área dos limites territoriais do Município de Macaé, com cerca de 1.448 km², e ainda áreas dos municípios de Nova Friburgo (142 km²), Casimiro de Abreu (83 km²), Rio das Ostras (11 km²), Conceição de Macabu (70 km²) e Carapebus (11 km²).

A região do alto curso da bacia do Rio Macaé caracteriza-se por apresentar o relevo acidentado pertencente a Serra do Mar e grande biodiversidade em remanescentes de Mata Atlântica, o que levou a criação da APA de Macaé de Cima. Nessa mesma área, há a presença histórica de aglomerações rurais, que sobrevivem, basicamente da pecuária e da agricultura familiar e utilizam os rios para o abastecimento doméstico, para a irrigação de culturas, para a manutenção da vida de animais e, também, como receptor de águas provenientes das áreas de cultivos e de despejos domésticos (MARÇAL & LUZ, 2003).

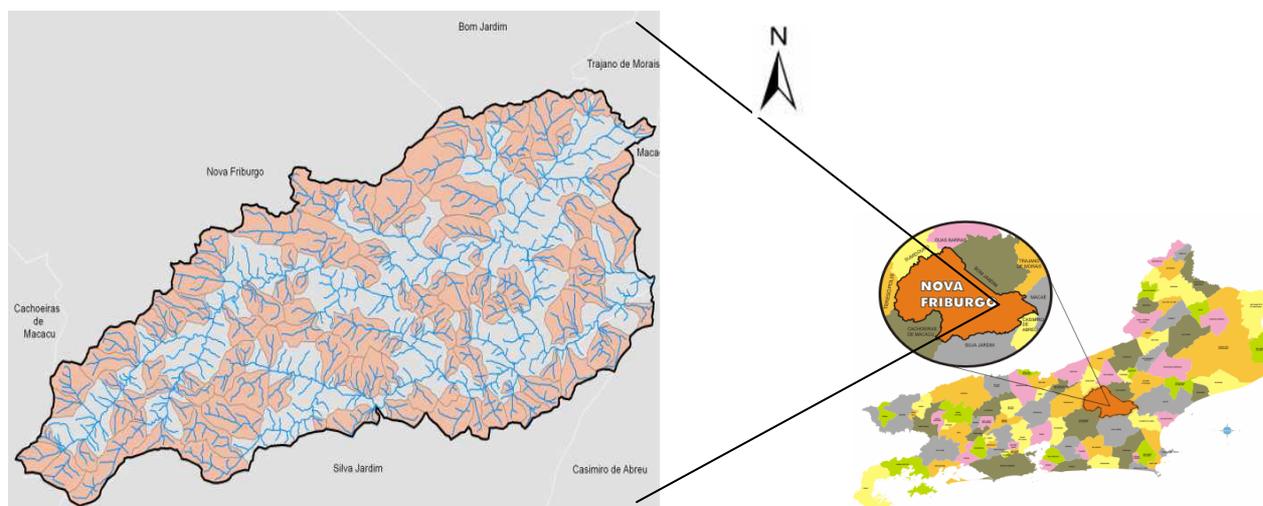


Figura 1: Localização da bacia do rio Macaé em relação ao estado do Rio de Janeiro.

Há o predomínio na região da bacia do rio Macaé de rochas metamórficas referentes ao Pré-cambriano indiferenciado, e rochas pertencentes às unidades Região dos Lagos e São Fidélis. Em menor extensão são encontradas rochas pertencentes às unidades Italva e ao Granito Sana, do Pré-cambriano Superior (Mello 1996 *apud* Marçal & Luz, 2003).

As principais classes de solos encontradas na região da bacia, pertencem aos Latossolos, Argissolos, Espodossolos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Organossolos e Neossolos Quartzarênicos (Carvalho Filho et al. 2000 *apud* Marçal & Luz, 2003).

A área da bacia do rio Macaé possui, segundo Marçal & Luz (2003), características climáticas bastante diversificada devido aos fatores físicos como altitude, disposição do relevo da bacia de drenagem e a presença do oceano atlântico. A temperatura média anual fica em torno de 22°C no verão e 19°C no inverno, e a pluviosidade anual fica entre 1.000 e 1.500mm.

Ao analisar o mapa das unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro elaborado por Dantas (2000), é possível verificar que todo o alto curso do rio Macaé está inserido em duas Unidades Geomorfológicas: o das Escarpas das serras de Macaé, Macabu e Imbé a Unidade Geomorfológica do Planalto Reverso da Região Serrana. Dentro da Hierarquização das Unidades Morfoesculturais e Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro proposta por Dantas (2000), essas unidades geomorfológicas estão inseridas na unidade morfoescultural das Escarpas Serranas e dos Planaltos Residuais, respectivamente, e ambas se inserem na unidade Morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico. As Escarpas Serranas tem como principal sistema de relevo as Escarpa Serrana (252) e os

Friburgo e Santa Maria Madalena, delimita-se, ao sul e a leste, com a escarpa das serras de Macaé, Macabu e Imbé (252) e as restritas zonas planálticas dos altos cursos dos rios Macaé e Macabu (254). A área montanhosa (254) ocupa uma grande extensão desse setor do planalto, apresentando cotas sempre superiores a 1.000m, podendo registrar picos com 1.800m de altitude. Caracteriza-se por um bloco montanhoso homogêneo de relevo bastante acidentado, com presença de pequenos alinhamentos serranos com direção WSW-ENE, paredões rochosos e picos elevados.

A tabela abaixo, mostra de maneira sintética, as principais características morfológicas e morfométricas das Escarpas Serranas (252) e do Domínio montanhoso (254).

Tabela 1: Características Morfológicas e Morfométricas das Escarpas Serranas e do Domínio Montanhoso, onde se insere o alto curso da bacia do rio Macaé.

Características Geomorfológicas do Sistema de relevo das Escarpas Serranas (252) e do domínio montanhoso (254)							
Sistema de Relevo	Amplitude Topográfica	Gradiente das Vertentes	Geometria das Vertentes	Geometria dos Topos	Coberturas Inconsolidadas	Densidade de Drenagem	Padrão de Drenagem
Escarpas Serranas (252)	Superior a 500m	Muito elevado	Retilínea a côncava, por vezes escarpada	Aguçada ou em cristas alinhadas	Depósitos de tálus e colúvios	Muito alta	Variável (dendrítico ou paralelo a treliça ou retangular)
Domínio Montanhoso (254)	Superior a 400m	Elevado a muito elevado	Retilínea a côncava, por vezes escarpada	Aguçada ou em cristas alinhadas	Colúvios e depósitos de tálus	Alta	Variável (dendrítico a treliça ou retangular)

Fonte: Dados obtidos a partir do quadro de classificação das Propriedades Morfológicas e Morfométricas dos Sistemas de Relevo proposto por Dantas (2000).

3. Procedimentos metodológicos

3.1 Desnívelamento altimétrico

Para a compartimentação do relevo em classes de desnívelamento foi utilizada a metodologia de desnívelamento altimétrico proposta por Meis *et al.* (1982), que consiste na delimitação de todas as sub-bacias de segunda ordem e no cálculo de seus desnívelamentos altimétricos. Para a hierarquização das sub-bacias, foi seguido o critério de Strahler (1952). O desnívelamento altimétrico, como propõe Christofolletti (1980), foi considerado como sendo a diferença entre a maior cota de seu divisor e a cota de sua desembocadura. Para tanto, foram

utilizadas as cartas topográficas na escala de 1: 50.000 de Nova Friburgo (FOLHA SF-23-Z-B-II-4), Quartéis (FOLHA SF. 23-Z-B-III-3) produzidas pelo IBGE.

O processo de compartimentação topográfica foi realizado a partir da aquisição das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE já em formato digital, arquivo DGN, de Nova Friburgo e Quartéis. A primeira etapa do trabalho consistiu na conversão desse arquivo DGN, visualizado por meio do programa MicroStation para um arquivo GWS visualizado a partir do programa GeoMedia. Partindo da aquisição dos dados para o programa GeoMedia pôde-se iniciar a vetorização das sub-bacias de segunda ordem. Posteriormente, calculou-se o desnivelamento de cada uma das sub-bacias. De acordo com os valores obtidos, as sub-bacias foram organizadas em classes. Foram estabelecidas quatro classes de desnivelamento, com os seguintes valores: de 0 – 200 (desnivelamento maior que zero até 200m); 200 – 400 (desnivelamento maior que 200m até 400m); 400 - 600 (desnivelamento maior que 400m até 600m) e maior que 600m. Estes mesmos programas e etapas foram utilizados para a confecção dos mapas de gradiente e densidade de drenagem.

Após concluir todas as etapas de geração de dados, passou-se para uma Segunda etapa, ou seja, a confecção dos mapas de acordo com cada classificação. Criou-se um mapa com as classes de desnivelamento, um para gradiente e outro para densidade de drenagem.

3.2 Gradiente e densidade de drenagem das sub-bacias

O gradiente da bacia é o resultado da diferença entre a sua maior cota pela menor cota, dividida pelo seu comprimento, que é definido como sendo a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro.

Foram estabelecidas quatro classes de gradientes: 0 – 10%(gradiente maior que zero até 10); 10 – 20% (gradiente maior que 10 até 20); 20– 30%(gradiente maior que 20 até 30) e maior que 30; a fim de relacionar com as quatro classes de desnivelamento. Com o intuito de confirmar se apenas os dados das classes de desnivelamento seriam suficientes para o entendimento do processo de dissecação do relevo e a vulnerabilidade de determinadas classes às atividades erosivas.

A densidade de drenagem é obtida a partir da relação entre o somatório do comprimento dos canais e a área das bacias de drenagem. Podendo ser calculada pela fórmula: $Dd = \frac{Lt}{A}$, onde Dd é a densidade de drenagem (km/km²); Lt é o comprimento total dos canais (km) e A é a área da bacia considerada (km²) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Com os dados gerados automaticamente pelo programa GeoMedia, que forneceu a área e o comprimento dos rios de cada uma das sub-bacias, calculou-se a densidade de drenagem. Foram estabelecidas quatro classes: 0 –3,0 (densidade maior que 0 até 0,3); 3,0– 6,0 (densidade maior que 3,0 até 6,0); 6,0 – 9,0 (densidade maior que 6,0 até 9,0) e maior que 9,0 km/km².

4. Resultados e discussões

4.1. Desnívelamento altimétrico

Em todo o alto curso da bacia hidrográfica do rio Macaé existe cento e vinte e sete sub-bacias de segunda ordem. Desse total, três (2,36%) estão na classe que vai de 0 a 200 metros de desnívelamento; 49 (38,58%) estão inseridas na classe de 200 a 400m; outras 50 (39,37%) pertencem à classe de 400 a 600m; enfim, as 25 (19,68%) restantes possuem desnívelamento maior que 600m.

Por meio da análise da Mapa 1, é interessante destacar a localização das classes que se dá em sua maioria nas áreas próximas aos limites da bacia. Esse fato se deve às nascentes dos rios contribuintes do Macaé, que formam as sub-bacias de 2ª ordem, localizarem-se nas áreas próximas aos topos (divisores de água). Em contrapartida, nas áreas com menores altitudes estão localizados os rios de ordem superior à 2ª e muitos de 1ª ordem. Além disso, verifica-se uma concentração em determinados pontos da bacia de uma determinada classe, o aspecto que provavelmente contribui para essa diferenciação é a localização do substrato geológico e também a presença de níveis de base locais que influenciam a dissecação do relevo, pois quando ele é representado por um afloramento rochoso mais resistente ao longo do perfil longitudinal de um canal e exerce a função de impedir a dissecação do relevo à montante (DANTAS, 1995).

O fato de, aproximadamente, 59,06% das sub-bacias (75 sub-bacias) possuírem desnívelamento maior que 400m, revela a grande tendência dessa bacia em gerar fluxos intensos de seus cursos d'água, pois esse dado revela que os rios principais de cada sub-bacia que pertencem a essa classe de desnívelamento e seus respectivos afluentes, terão que percorrer uma determinada distância de uma bacia com um desnível relativamente alto. Esse fator pode ser fundamental para se pensar o processo erosivo nas sub-bacias que se inserem nas classes de maiores desnívelamento, pois a tendência, do ponto de vista da própria lei da gravidade, é que nessas áreas o trabalho erosivo tanto dos rios (entalhamento fluvial), quanto da chuva, se desenvolva de forma mais expressiva com relação às classes inferiores. O que

pode amenizar tal impacto exercido pela chuva é a densidade florestal presentes na região, que diminuem o impacto da gota no solo, além de produzirem matéria orgânica que agregam as partículas do solo, facilitando com isso, o processo de infiltração, que geram respostas mais lentas à vazão do rio.

4.2 Gradiente da bacia

Foram identificadas, como pode ser observado no Mapa 2, que três sub-bacias (2,36%) estão na classe de gradiente que vai de 0 a 10%; enquanto trinta e uma (24,41%) pertencem à classe de 10 a 20%; sessenta e uma sub-bacias (48,03%) possuem gradiente maior que 20 até 30%; e trinta e duas (25,2%) possuem gradiente maior que 30%. (Ver mapa

Mapa 2: Mapa da classe de gradiente das sub-bacias de 2ª ordem do rio Macaé

O mapa de gradiente (mapa 2) e do desnivelamento (mapa 1) das sub-bacias revelam que apesar da maioria das sub-bacias que possuem maiores desnivelamento também possuem maiores valores de gradiente, há sub-bacias cujo desnivelamento é superior a 600m, mas que seu valor de gradiente fica na classe de 10 a 20%; enquanto sub-bacias que possuem desnivelamento na classe de 200 a 400m estão na classe maior que 30% de gradiente.

4.3 Densidade de drenagem

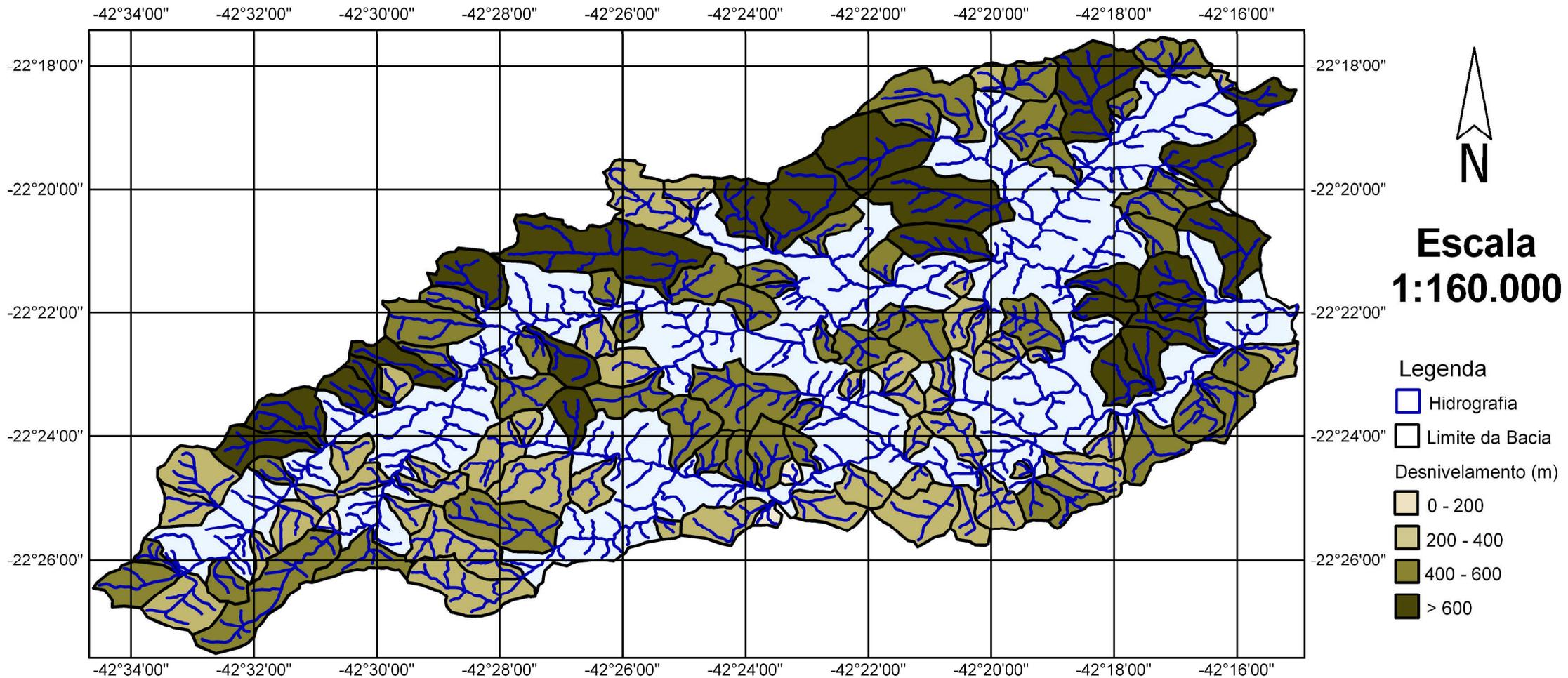
Esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. (Villela e Mattos 1975, *apud* Cardoso et.al 2006). Segundo Cardoso et al. (2006), esse índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, pois indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, e seu estudo aponta para a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Esses dados ajudam, portanto, no planejamento do uso da bacia hidrográfica.

Mapa 3: Mapa da classe de densidade de drenagem das sub-bacias de segunda ordem

Os dados indicam, assim como pode ser visualizado no mapa 3, que cento e três sub-bacias (81,10%) apresentaram densidade de drenagem na classe de 0 - 3 km/km²; vinte (15,75%) possuem densidade de drenagem na classe de 3 a 6 km/km², duas (1,57%) apresentaram densidade de drenagem na classe de 6-9 e mais duas na classe com sub-bacias maior com densidade de drenagem maior que 9 km/km². De acordo com o parâmetro citado anteriormente, verifica-se que de uma forma geral, a área em estudo apresenta uma densidade de drenagem não muito alta, porém há vinte e quatro sub-bacias com densidade de drenagem

elevada apresentam valores acima de 3 km/km², o que significa que nessas áreas há uma maior tendência a processos de escoamento mais rápido da água.

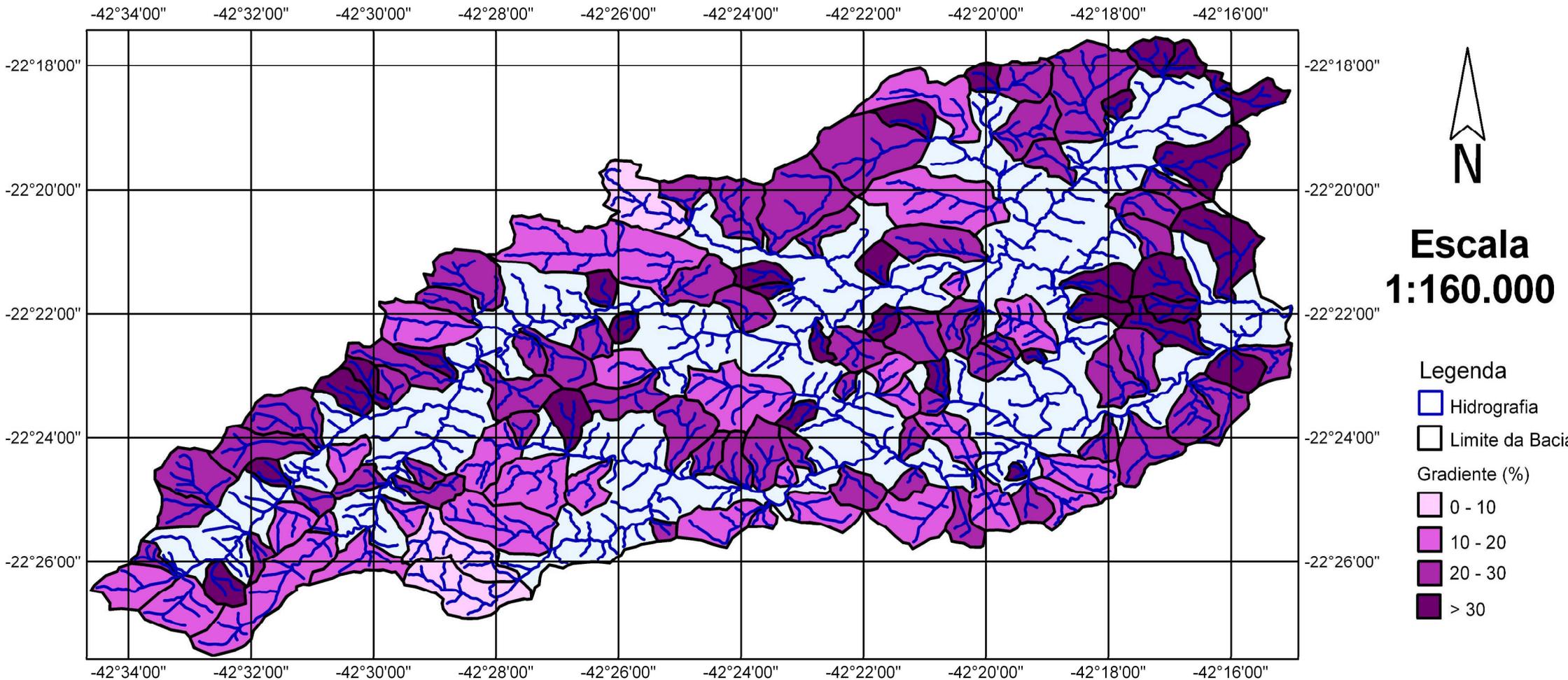
Bacia do Rio Macaé - Desnívelamento



Mapa 1: Mapa da classe de desnívelamento altimétrico das sub-bacias de 2ª ordem do rio Macaé

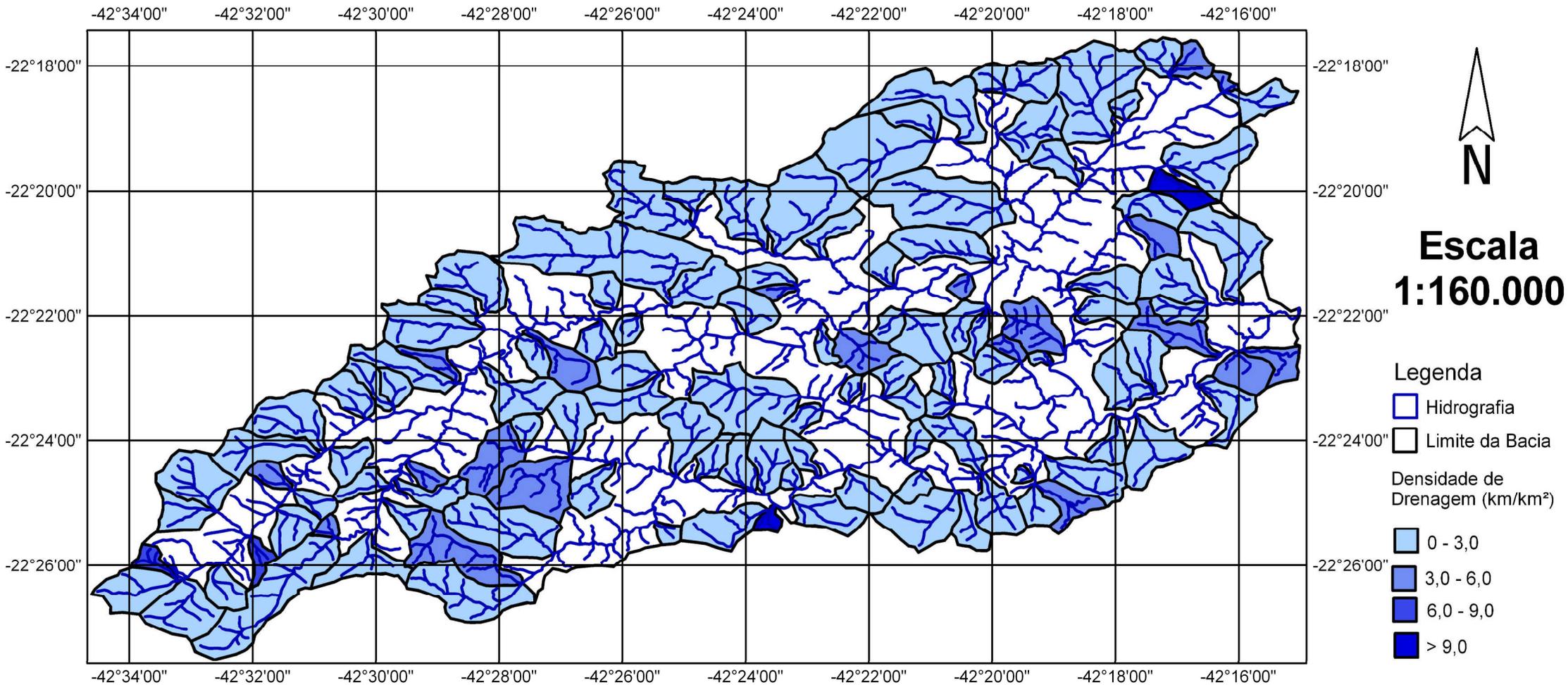


Bacia do Rio Macaé - Gradiente



Mapa 2: Mapa da classe de gradiente das sub-bacias de 2ª ordem do rio Macaé

Bacia do Rio Macaé - Densidade de Drenagem



Mapa 2: Mapa da classe de densidade de drenagem das sub-bacias de 2ª ordem do rio Macaé



5. Conclusões

De acordo com os dados apresentados, podemos concluir que os valores dos três parâmetros morfométricos são relativamente altos na maioria das sub-bacias, o que significa que nessas áreas há uma maior susceptibilidade a ocorrência de processos de movimento de massa e o de erosão do solo.

Nas áreas onde o desnivelamento é mais acentuado, a tendência de ocorrer esses fenômenos de forma mais intensa é maior. Porém, apesar da contribuição gerada a partir do desnivelamento altimétrico, esse parâmetro não deve ser estudado de forma isolada, sendo necessário também o estudo do gradiente da bacia, pois este fornece outro componente à análise: o comprimento da bacia. Ao dividir o comprimento da bacia pelo seu desnivelamento, o gradiente fornece uma maior especificidade aos dados gerados a partir do desnivelamento. Isso porque, bacias com mesmo desnivelamento podem possuir comprimentos diferentes, e assim, a dinâmica hídrica e sedimentológica em cada uma se dará de forma também distinta. Sendo a bacia com maior gradiente mais vulnerável a processos mais acentuados.

Os valores mais expressivos da densidade de drenagem indicam sub-bacias onde há um maior escoamento da água e, portanto, maior eficiência da drenagem.

6. Referências bibliográficas

- CARDOSO, C.A. et al. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Sociedade de Investigações Florestais. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. “Geomorfologia”. Editora: Edgard Blucher, São Paulo, 2ª edição, 1980.
- COELHO NETTO, Ana Luiza. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA Sandra Baptista da (orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2005. 472p.
- DANTAS, Marcelo Eduardo. Controles Naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais: Bacia do Rio Banal (SP/RJ), Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Rio de Janeiro, 1995.
- DANTAS, Marcelo Eduardo. Mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2001. 63 f, 2 mapas. Executado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Belo Horizonte.
- MARÇAL, Mônica dos Santos & LUZ, Luziane Mesquita da. *Geomorfologia Aplicada a Classificação de Unidade de Paisagem na Bacia do Rio Macaé - Litoral Norte*

- fluminense. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Rio de Janeiro/RJ, 2003 – Anais, 1.CD-ROM.
- MEIS,M.R.; MIRANDA,L.H.G. & FERNANDES,N.F. 1982. Desnivelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: Congresso Brasileiro de geologia, 32, 1982. Salvador . *Anais...* Salvador: SBG. 4:1489-1509
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

