

## Aplicação de observações em superfície real em análises de bacias hidrográficas no maciço da Pedra Branca/RJ

Crystian Sheila da Silva Pereira<sup>1</sup>  
Gustavo Mota de Sousa<sup>1,2</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>1,2</sup>  
Paulo Márcio Leal de Menezes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> UFRJ - Depto de Geografia - Lab. de Cartografia (GEOCART)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil  
crysamb@gmail.com; {mfernandes, pmenezes}@acd.ufrj.br

<sup>2</sup> UFRJ - Depto de Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil  
gustavoms@ufrj.br

**Abstract.** This paper falls within the research “Measurements evaluates in real surface in Geocological analyses of Pedra Branca massif”, which has been developed by Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Geography Department, Laboratory of Cartography (GEOCART). Pedra Branca massif, which has a part of Atlantic Forest remainder and is also one area of urban forest in Rio de Janeiro City, has a rough relief with high height variations. Those height variation show high slope values, which are responsables by differences between planar and line observations extracted from topographic maps (planimetric surface) and the terrestrial surface, here nominates real surface. In that way, this paper aims a morphometric from hydrographic basins, taking care with all morphometric parameters of lenght and area of drainage elements. It was developed over all 2<sup>nd</sup> order basins in 1:10000 scale maps, in areas with low and high slopes. It was used 18 topographic maps in study area, which was all edited and converted to shapefile format. From these topographic data, it was developed a DEM to each basin with the following features as entry: contour lines (5 meters equidistant), height of control points, hydrography (drainage lines) and second order basin borders. The reached results show a great variability between observations in real and planimetric surface, which point to the importance to use the first one instead the second one in morphometric analyses.

**Palavras-chave:** DEM, geoecology, geomorphological index, geoprocessing, MDE, geoecologia, índices geomorfológicos, geoprocessamento.

### 1.Introdução

A área de aplicação do estudo compreende o Maciço da Pedra Branca (Figura 1), que possui uma área de aproximadamente 197,27 km<sup>2</sup>, que ocupa a porção ocidental do município do Rio de Janeiro/RJ, entre os paralelos 22° 55' e 23° 05' S; e os meridianos 43° 20' e 43° 40' W, este possui um relevo bastante acidentado com variações altimétricas de até 984m. Essas variações se refletem em valores de declividade bastante acentuados, que geram grandes diferenças entre observações planimétricas, extraídas diretamente das cartas topográficas, e observações em superfície real, considerando a rugosidade do relevo.

As variações de declividade bastante acentuadas buscaram o estudo da dimensionalidade dos elementos da paisagem, no qual devemos verificar como um todo, necessitando a finalidade de desenvolver e testar a funcionalidade de rotinas de obtenção de observações (área e comprimento) em superfície real para avaliar a importância da consideração da paisagem como uma superfície dotada de rugosidade em análises geoecológicas de índices geomorfológicos para áreas de relevo acidentado. Essa dimensionalidade é obtida através dos dados gerados a partir de uma análise da técnica aplicada, embora o geoprocessamento considere a rugosidade do relevo, mesmo aplicando os dados em 3D, a superfície não é levada em conta como um contínuo dotado de relevo, por isso a importância de trabalhar com os dados em superfície real. Reforçando essa metodologia elaborada por Fernandes (2004), os elementos e análises que são trabalhados em superfície planimétrica e não em superfície real,

podem mascarar alguns resultados obtidos, principalmente em áreas de relevo acidentado, onde elementos planares e lineares apresentam valores maiores se interpretados em superfície real do que em superfície planimétrica. Um exemplo desse tipo de análise é a definição de domínios geo-hidroecológicos realizada por Fernandes et al. (2006), onde os domínios propostos foram definidos sob a abordagem geomorfológica, caracterizando assim uma leitura geo-hidroecológica da paisagem em questão.

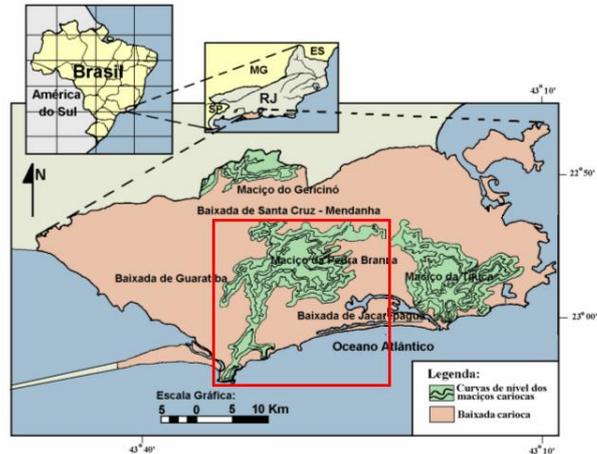


Figura 1. Localização do Maciço da Pedra Branca

Assim, ao se adotar a superfície real no entendimento do arranjo dos elementos geobiofísicos e humanos pela paisagem, na elaboração dos mapeamentos geomorfológicos para a área do maciço da Pedra Branca – RJ e na funcionalidade desses e sua dinâmica ao longo do tempo também terão interpretações distintas em relação as análises pautadas em superfície planimétrica e real.

A metodologia será aplicada em todas as bacias hidrográficas de 2ª ordem pertencentes ao Maciço da Pedra Branca que possuem características morfológicas diferentes, apresentando áreas bastantes declivosas e áreas menos acidentadas com baixas declividades, respectivamente (Figuras 2 e 3).

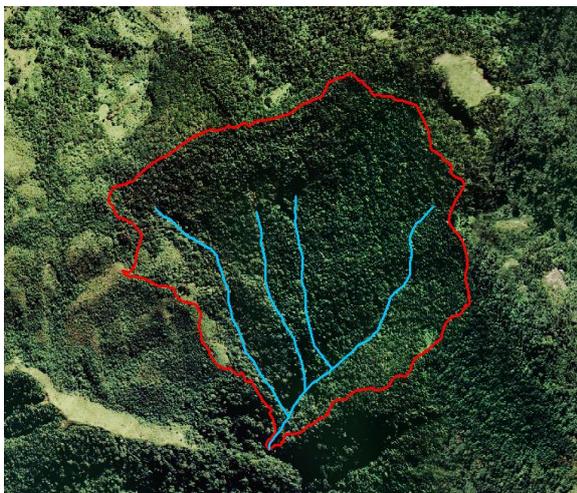


Figura 2. Área próxima ao Pico da Pedra Branca (1024 m)

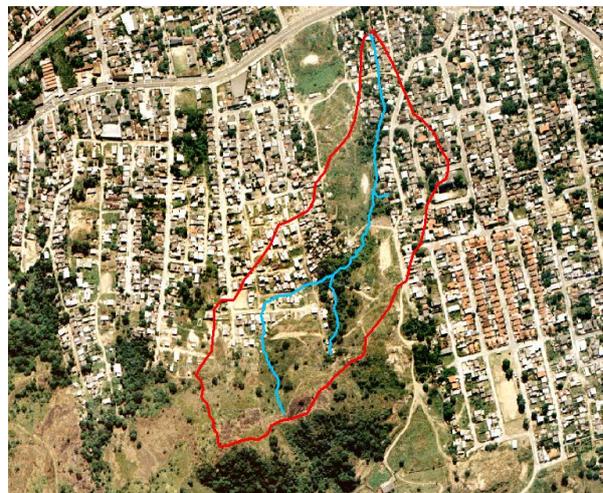


Figura 3. Área próxima ao limite da área de estudo (cota de 40 m).

## 2. Materiais e métodos

Os dados cartográficos adquiridos são provenientes da base digital do Instituto Pereira Passos – IPP (1999) de dezoito cartas topográficas na escala 1:10.000 e projeção UTM, fuso 23 S e datum SAD 69. O início da metodologia deu-se a partir da análise morfométrica das bacias hidrográficas, onde foram estabelecidos os limites, principais cursos d'água, sub-bacias, hierarquia fluvial, as formas de relevo predominantes, ou seja, é com base nas informações morfométricas que derivam os demais estudos da dinâmica natural da paisagem.

As cartas topográficas forneceram dados de hidrografia e hipsometria (pontos cotados e curvas de nível – equidistância de 5m) que foram utilizados para a elaboração dos mapeamentos e dos modelos digitais de elevação (MDE) das bacias hidrográficas. Ainda em relação aos dados cartográficos é importante salientar que a drenagem foi reconstituída e delimitada segundo a classificação de Strahler (1952).

Vale ressaltar que, os dados cartográficos, disponibilizados em formato CAD (\*.dwg) foram convertidos para formato *shapefile*, onde foram editados através do *software* ArcGIS 9.2. Neste software também foram realizados todos os mapeamentos e confecção dos MDE's das bacias analisadas, sendo este um objeto de estudo de significativa importância tendo em vista sua aplicabilidade em diversos estudos e principalmente nos estudos de observações em superfície real (Fernandes, 2004).

A metodologia utilizada por Meis et al. (1982) foi aplicada para aquisição das informações referentes ao gradiente topográfico das bacias, além da mensuração do eixo maior de cada uma das bacias. Assim, através da divisão entre o desnivelamento e a extensão do eixo maior foi obtido o gradiente topográfico (Gt). Outro elemento importante definido foi a densidade de drenagem (Dd) que é obtida através da relação do comprimento total da drenagem pela área da bacia de 2ª ordem, que foi definida segundo os critérios de Cristofolletti (1974). O Índice de Eficiência de Drenagem (IED) é apontado pelo produto do gradiente da bacia pela densidade de drenagem, como definido por Coelho Netto *et al.*, 2007 ( $IED = Gt \times Dd$ ).

O método de interpolação utilizado para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi o de Delaunay com restrições baseado em uma rede irregular de triângulos (TIN). A utilização deste método foi baseada na discussão apresentada por Fernandes e Menezes (2005) que apontam como o método indicado para análises com estas características. Reforçando a escolha do método dos autores citados, os estudos de Felgueiras (1987) indicam que durante a geração da rede irregular triangular através das linhas de quebra, que estas incorporam-se à triangulação, constituindo arestas de triângulos, onde, proporcionam informações morfológicas importantes, ou seja, toda descontinuidade do terreno é preservada, possibilitando assim uma representação mais fiel do terreno, uma vez que não suaviza feições como vales e cristas, possibilitando resultados mais satisfatórios. Os modelos tiveram como dados de entrada as informações topográficas (curvas de nível e pontos cotados), além dos divisores das bacias (linhas de máximo) e a hidrografia (linhas de mínimo), utilizados para refinar os modelos.

## 3. Resultados e discussões

O resultado da observação das bacias hidrográficas pode constatar o comportamento da drenagem, levando em consideração parâmetros morfométricos de comprimento de drenagem e área das bacias de 2ª ordem na escala de 1:10.000, pois, é nela que são estabelecidos os seus limites, a área ocupada, os principais cursos d'água, sub-bacias, hierarquia fluvial, as formas de relevo predominantes, ou seja, é com base nas informações morfométricas que derivam as demais análises da dinâmica natural da paisagem na área de estudo. Entre outras características como: escoamento (Figura 4) e padrões de drenagem (Figura 5).

O escoamento encontrado foi exorréicas na vertente sul sendo definida por Christofoletti (1974) “quando o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar ou oceano, isto é, quando as bacias desembocam diretamente no nível marinho”.



Figura 4. Escoamento exorréico na vertente sul do maciço da Pedra Branca

O padrão de drenagem encontrado no maciço da Pedra Branca foi o dendrítico (Figura 5), que apresenta uma formação de canais tributários distribuídos por todas as direções sobre a superfície do terreno (Christofoletti, 1974). Ao relevar este arranjo espacial dos fluxos fluviais, e identificar esse padrão pode apresentar uma eficiência em sua drenagem quando observado em superfície real, pois, o seu tamanho aumenta interferindo no resultado do cálculo de densidade de drenagem, conseqüentemente o Índice de Eficiência de Drenagem (IED), embora este possui um acréscimo maior se a área estudada apresentar um aumento significativo.

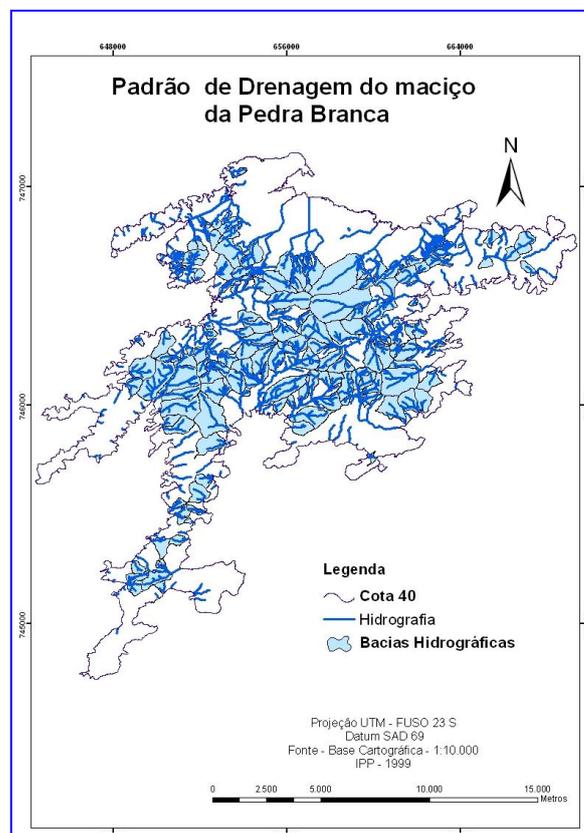


Figura 5. Padrão de Drenagem Dendrítica do maciço da Pedra Branca

### 3.1. Resultados das variáveis em Superfície Real e Planimétrica

As leituras observadas em superfície real e superfície planimétrica apresentaram os resultados da tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre superfície planimétrica e superfície real

BACIAS	Superfície Planimétrica	Superfície Real	Diferença (m)	Diferença (%)
Comprimento dos canais (m)	258045,1463	275651,2532	17606,1070	6,82
Área (m <sup>2</sup> )	77130903	89060483,0633	11929579,8140	15,47
Gradiente Topográfico	0,2740	---	---	---
Densidade de Drenagem	0,003346	0,003095	0,0003	7,49
Índice de Eficiência de Drenagem	0,0009	0,000848	0,0001	7,49

Diferenças foram verificadas durante o desenvolvimento e testes realizados nos resultados da obtenção de observações em superfície real, referentes as medidas de área e comprimento, que podem interferir diretamente no comportamento final da rede de drenagem. Estas respectivamente apresentaram o comportamento maior em superfície real em relação aos resultados das observações em superfície planimétrica tanto à área 15,47% (Figura 6), quanto o comprimento com um aumento de 6,82% (Figura 7). Entretanto este resultado não interferiu na densidade de drenagem (Dd) e o índice de eficiência de drenagem (IED) que obtiveram decréscimo em superfície real de 7,49% em relação à superfície planimétrica. Salientando que o gradiente topográfico (Gt) obteve 0,2740 e tem relevância, pois, este tem a finalidade de indicar a declividade dos cursos d'água, mas esta variável não é considerada em superfície real.

#### 3.1.1. Área e comprimento de drenagem

Ao observar a diferença entre a superfície real e planimétrica da área total (figura 6) e das bacias hidrográficas de 2ª ordem do maciço da Pedra Branca, concomitantemente apresentaram 77130903m<sup>2</sup> e 89060483m<sup>2</sup>, acarretando um aumento em superfície real de 15,47%. E o comprimento de drenagem (Figura 7) em superfície real 258045 m<sup>2</sup> e superfície planimétrica 27651m<sup>2</sup>, obteve um aumento em superfície real de 6,82%. Este resultado reflete a necessidade de levar em consideração a superfície real em diversos estudos, geomorfológicos, geológicos e geotécnicos.

## Diferença de Mensuração de Área das Bacias

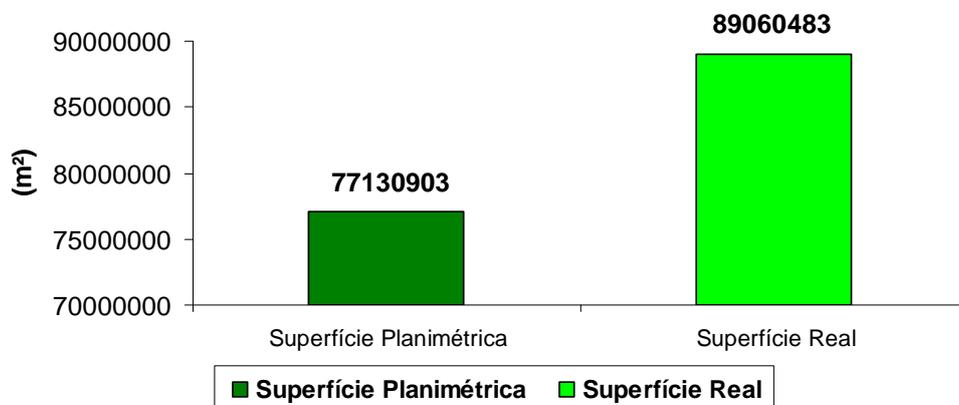


Figura 6 – Diferença de Mensuração de área em superfície planimétrica e superfície real

## Diferença de Mensuração de Comprimento de Drenagem

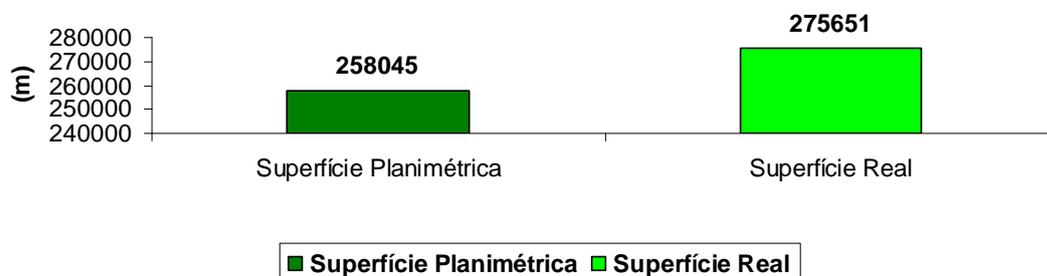


Figura 7. Diferença de Mensuração de Comprimento de Drenagem em superfície planimétrica e superfície real

### 3.1.2. Densidade de Drenagem

Em relação a  $D_d$  ocorreu comportamento diferente em superfície planimétrica e superfície real apresentando respectivamente os seguintes valores  $0,003346\text{m/m}^2$  e  $0,003095\text{m/m}^2$ , ou seja, a superfície real apresentou um decréscimo de 7,49%, em relação à densidade de drenagem observada em superfície planimétrica. Este fato está associado ao grande aumento no valor de área das bacias em superfície real, em relação à mensuração de comprimento de drenagem (figura 8).

### Mensuração de Densidade de Drenagem

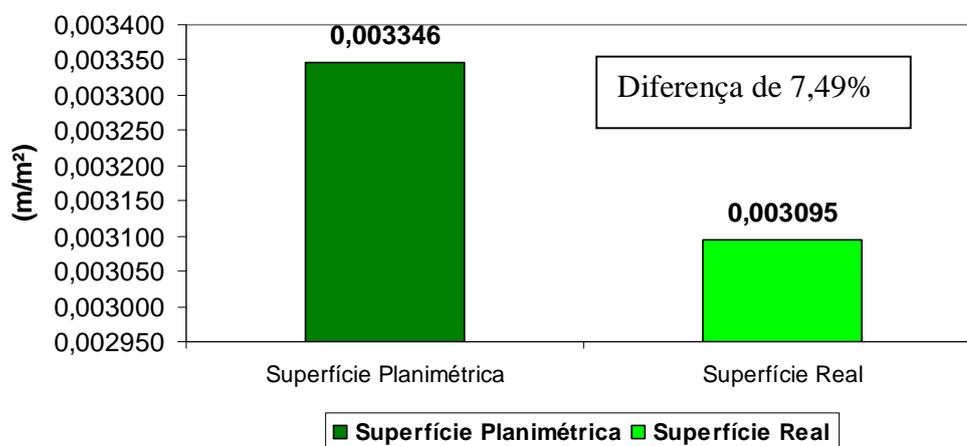


Figura 8. Diferença de Mensuração de Densidade Drenagem

#### 3.1.3. Índice de Eficiência de Drenagem

A Densidade de Drenagem não alterou o comportamento do Índice de Eficiência de Drenagem em superfície real, onde este apresentou um decréscimo de 7,49% (figura 9), em relação à superfície planimétrica, lembrando-se que o  $Gt = 0,2740$  também deve ser levado em consideração, embora esta variável não é mensurável em superfície real, sendo assim não foi decisivo para uma diferenciação maior do IED.

### Diferença de Mensuração de Índice de Eficiência de Drenagem

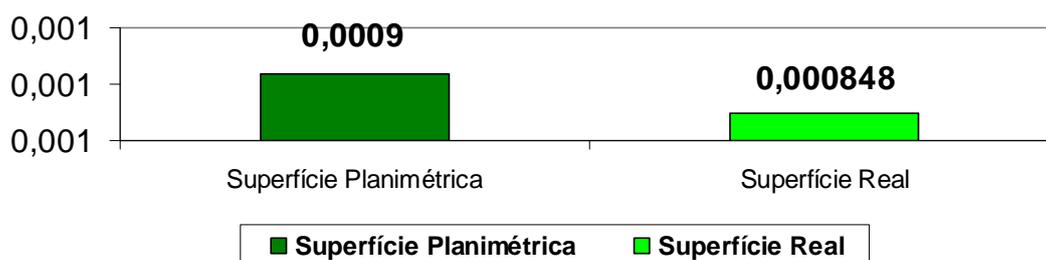


Figura 9. Diferença de Mensuração de Índice de Eficiência de Drenagem

Vale ressaltar que em relação à análise das Superfícies Real (SR) e Planimétrica (SP) a partir do MDE, nem sempre a diferença absoluta dos valores entre os dois casos (SR e SP), fornecem a real situação da drenagem. Assim, ao compararmos os coeficientes oriundos da fórmula que aplica as variáveis (Comprimento/área) percebemos que não há proporcionalidade entre os dois coeficientes, ou seja, existe uma relatividade definida pelos intervalos de valores.

#### 4. Conclusões

Nessa pesquisa foi possível verificar a importância e as possíveis variações que se refletem em valores de declividade bastante acentuados, e geram grande diferença entre observações planimétricas, extraídas diretamente das cartas topográficas, e observações em superfície real, considerando a rugosidade do relevo, e esta corrobora a importância da utilização das observações em superfície real em análises morfométricas.

Nas bacias verificadas foram constatados diferenciais significativos da comparação entre as superfícies real e planimétrica. Os dados gerados mostraram diferenças consideráveis entre as áreas com alta declividade em relação às áreas de baixa declividade, devido as irregularidades existentes na formação da superfície, as observações da paisagem deixam de ser subestimadas e podem apresentar uma realidade diferente em relação às mensurações mais usuais, em superfície planimétrica.

Conclui-se que os resultados atingidos nos trabalhos realizados durante esta pesquisa foram de extrema importância no refinamento de análises de cunho geomorfológico. Neste sentido, as observações em superfície real, que primam por uma leitura mais aprimorada da estrutura baseada na morfologia de superfície da paisagem, podem revelar diferentes funcionalidades das unidades de análise assumidas em relação às observações planimétricas e a possibilidade de entender a importância da distorção da proporcionalidade.

#### Agradecimentos

CNPq – Projeto Universal

#### Referências Bibliográficas

Christofolletti, A. **Geomorfologia**. Editora Edgard Blücher (USP), São Paulo, 1º ed., 1974, 149p.

Coelho Netto, A. L., Avelar, A. S., Fernandes, M. C., Lacerda, W. A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain. **Geomorphology**, v.87, p.120 – 131, 2007.

Felgueiras C. A., **Desenvolvimento de um Sistema de Modelagem Digital de Terreno para Microcomputadores**. 1987. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.

Fernandes, M. C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas**. 2004. 263 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ,.

Fernandes, M.C. e Menezes, P.M.L. Avaliação de métodos de geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real: um estudo de caso no maciço da Tijuca - RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro, 57(02): 154-161, 2005.

Fernandes, M.C.; Avelar, A.S. e Coelho Netto, A.L. Domínios Geo-hidroecológicos do Maciço da Tijuca/RJ. **Anuário do Instituto de Geociências**. Rio de Janeiro, 29(2): 122-148, 2006.

Instituto Pereira Passos – IPP, **Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000**. Rio de Janeiro: IPP, vol.1. CD ROM, 1999.

Meis, M.R.M; Miranda, L.G.H. e Fernandes, N.F. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do Médio Vale do rio Paraíba do Sul. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia**. Salvador 4: 1489-1509,1982.

Strahler, A.N. Equilibrium theory of erosional slopes approaches by frequency distribution analysis. **Amer. J. Sci.** 248: 673 – 696, 1952.