

## CONCENTRAÇÃO DE RUGOSIDADE TOPOGRÁFICA: SUBSÍDIOS AO ESTUDO DE FRAGILIDADE POTENCIAL DABACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ

Manoel Cirício Pereira Neto  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
ciricio.ufrn@yahoo.com.br

Ermínio Fernandes  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

### EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

#### Resumo

São inúmeras as aplicações provenientes dos estudos geomorfológicos e seus diferentes elementos constituintes e inter-relacionados, não somente para a evolução da própria Geomorfologia *per se*, mas também para uma infinidade de outras necessidades associadas à implantação de políticas públicas de planejamento e gestão territorial ambiental, com exemplo ao estudo das diferentes potencialidades e fragilidades dos mais variados sistemas físico-ambientais. Com base nesta premissa, este trabalho tem como o principal objetivo analisar o potencial de aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade sobre a bacia hidrográfica do Rio Seridó, então localizada entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, de modo a identificar possíveis áreas potencialmente instáveis. Foram elaboradas a extração e delimitação da bacia hidrográfica do Rio Seridó, assim como mapas de sombreamento do relevo, hipsométrico, clinográfico e de concentração da rugosidade através do uso de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), cartas topográficas e imagens SPOT's, com o auxílio dos programas de geoprocessamento Arcgis 9.3 e Global Mapper 9. Os resultados revelam que o índice de rugosidade topográfica encontra-se intimamente atrelada a concentração dos diferentes índices de declividade e amplitude altimétrica, de modo que, quantitativamente, sobre a bacia hidrográfica analisada estes valores podem ser traduzidos em padrões de rugosidade topográfica, tais como: 35.000 ha caracterizados como de Fraca e/ou Muito Fraca, 8.000 ha de media rugosidade e aproximados 4.000 ha caracterizados por uma rugosidade topográfica Forte e/ou Muito Forte. Trata-se, portanto de um importante instrumento indicativo ao entendimento da susceptibilidade potencial de um determinado sistema físico-ambiental, de modo a auxiliar ao adequado (re)ordenamento das áreas indicativas de maior e/ou menor fragilidade potencial do relevo.

**Palavras-Chaves:** Fragilidade, Rugosidade, Dissecação, Seridó, Semiárido, Bacia hidrográfica

#### Abstract

There are many applications coming from geomorphological studies and their different constitutive and inter related elements, not only for the evolution of Geomorphology *per se*, but also for an infinity of other needs, related to the implementation of public politics of planning and environmental land management, as an example of the study of different potentiality and fragilities of many physical-environmental systems. Based on this premise, the main aim of this work is to analyze the potential of the application of the Level of Topographic Rugosity on the watershed of Seridó River, located between the States of Paraíba and Rio Grande do Norte, to identify possible unstable areas. It has been established the extraction and delimitation of the watershed of Seridó River, as well as the shaded of the relief, hypsometric, Clinographic and rugosity concentration maps through the use of SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) images, topographic maps and SPOT images, with the aid of Geoprocessing programs Arcgis 9.3 and Global Mapper 9. The results show that the Level of Topographic Rugosity is closely related to the concentration of different levels of slope and altimetric amplitude, so that, in a quantitative perspective about the analyzed watershed these values can be translated into standards topographic rugosity, as 35.000 ha characterized as weak or very weak, 8.000 ha of medium rugosity and approximately 4.000 ha characterized as a strong or very Strong rugosity. Therefore, it is a relevant instrument in the indication of the potential susceptibility of a set physical-environmental system, in order to hand the adequate reorder of the indicative areas of greater or lesser potential fragility of the relief.

**Key Words:** Fragility, Rugosity, Dissection, Seridó, Semi-arid, Watershed

## 1. Introdução

São inúmeras as aplicações provenientes dos estudos geomorfológicos e seus diferentes elementos constituintes e inter-relacionados, não somente para a evolução da própria Geomorfologia *per se*, mas também para uma infinidade de outras necessidades associadas à implantação de políticas públicas de planejamento e gestão territorial ambiental, com base nas diferentes potencialidades e fragilidades dos mais variados sistemas físico-ambientais. De modo, pois a possibilitar e ou oferecer outras diversas alternativas e/ou restrições sobre o modo de uso e apropriação dos inúmeros recursos naturais via ao desenvolvimento e sustentabilidade dos diferentes territórios.

Atualmente, com o surgimento das diversas técnicas computacionais e de geoprocessamento, juntamente ao desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), os estudos de análise geográfica e ambiental foram sendo cada vez mais facilitados tendo em vista a redução de custos e de tempo. Tal fato possibilita ainda uma melhor visualização e integração dos diferentes aspectos e características físico-naturais, mediante a modelagem e sistematização dos dados, norteando, pois outras diversas possibilidades de análise e coleta das informações em campo.

Neste contexto, Florenzano (2008) acrescenta que referente aos estudos geomorfológicos, são inúmeros os métodos, as técnicas e os equipamentos que possibilitam analisar com uma maior profundidade as formas e os diferentes processos do relevo ao combinar diferentes modelos de previsão, informações extraídas de dados de sensoriamento remoto, com as observações de campo e consequentemente integrá-los à perspectiva de abordagem sobre o objeto de estudo da Geomorfologia acerca das diferentes variáveis de morfologia, morfogênese, morfodinâmica e morfocronologia (formas, variáveis morfométricas e processos).

No que diz respeito à morfometria, esta se caracteriza basicamente como sendo os aspectos mensuráveis e quantitativos do relevo, relacionados a diversas variáveis, tais como: hipsometria, amplitude altimétrica, declividade, densidade e frequência de suas formas, extensão da vertente e “aquelas que indicam o grau de dissecação do relevo, como a densidade de drenagem, a frequência de rios ou, ainda, a amplitude interfluvial”, entre outras (Florenzano, 2008).

Estes parâmetros associados com as demais características de clima, solo, cobertura vegetal são, por sua vez de fundamental importância ao entendimento sobre a intensidade dos diferentes processos erosivos da superfície, decorrentes do escoamento e fluxo hídrico superficial (*runoff*), reflexo, pois da própria evolução de vertentes e interflúvios são relacionados aos índices de dissecação do relevo e/ou concentração da rugosidade e os seus diferentes fluxos de matéria e energia.

Neste contexto, a dissecação do relevo<sup>1</sup> encontra-se ainda diretamente associadas à porosidade e permeabilidade do solo e da rocha, ao passo que a amplitude altimétrica encontra-se integrada ao

---

<sup>1</sup> “diz-se da paisagem trabalhada pelos agentes erosivos”. (Guerra, 1997)

aprofundamento da dissecação representando, pois um importante indicador da energia potencial disponível para o *runoff* assim como a declividade, que através da inclinação do relevo, tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética (Crepani, 2010).

Entretanto, conforme argumenta Florenzano (2008), existem ainda atualmente diferentes dificuldades no cálculo de variáveis ou índices morfométricos, manuais e automatizados, entre as quais podem ser destacadas como exemplo: o número de classes; os intervalos (limites) das classes; os critérios e unidades de amostragem (forma e resolução), de modo que devem ser estas, pois estabelecidas pelo próprio pesquisador e analista. Exemplo da aplicação destes estudos, diz respeito aos estudos de Fragilidade Ambiental realizados por Ross (1992, 1994) acerca de padrões e modelos baseados na dissecação do relevo apoiados sobre a relação entre amplitude altimétrica e amplitude interfluvial, para pequenas e médias escalas de análise, e através do modelo baseado em diferentes classes de declividades e formas da vertente para estudos de maior detalhe.

A análise de padrões regionais de relevo a partir de parâmetros morfométricos demanda, segundo Sampaio (2008), “a adoção de referenciais capazes de expressar quantitativamente os efeitos dos processos de dissecação e entalhamento que atuam sobre o mesmo”. Ao passo que, devido às incongruências referentes à aplicação destas variáveis através dos estudos de diferentes autores (Hobson (1972), Ross (1992), Crepani (1998), Sallunet *al.*, (2007) entre outros), é de fundamental importância o desenvolvimento de um índice menos subjetivo e de aplicação mais simplificada para a quantificação do relevo (Sampaio e Augustin, 2008).

Sampaio (2008) emprega o Índice de Concentração da Rugosidade (ICR) que, conforme acrescenta o próprio autor possibilitaria a identificação de distintas unidades de relevo através de processos automatizados. O mesmo índice já tem sido inclusive empregado com êxito em outras pesquisas. De todo o modo, estes estudos oferecem, pois importantes bases para o entendimento e/ou identificação de áreas potencialmente instáveis expostas aos diferentes processos erosivos e de degradação, ao passo que apresentam subsídios essenciais ao auxílio, controle e/ou minimização dos fatores que colaboram para a manutenção, dinâmica e funcionamento dos mais variados sistemas ambientais.

## 1.1. Objetivos

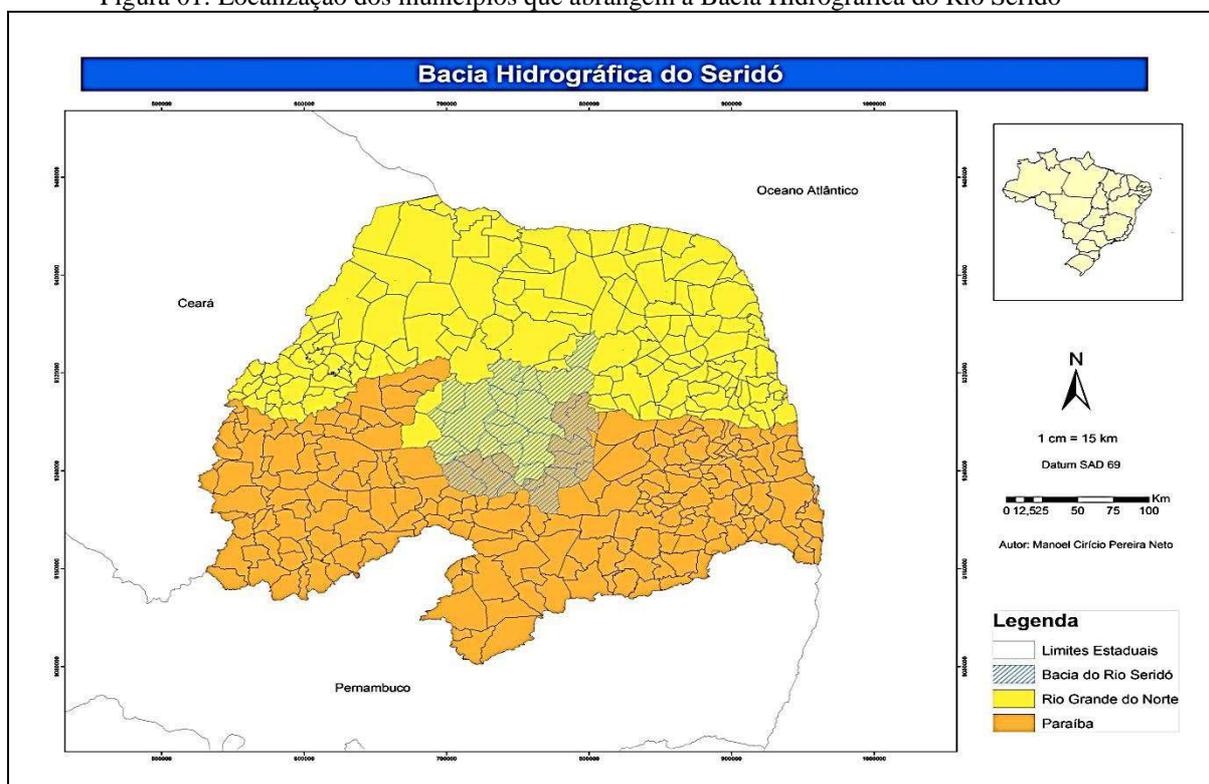
É, portanto, com base nestas premissas, que este trabalho tem como principal objetivo o de analisar o potencial de aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) sobre a bacia hidrográfica do Rio Seridó, então localizada entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, de modo a identificar os diferentes aspectos morfométricos do relevo, possíveis indicadores de áreas potencialmente estáveis/instáveis, e possibilitar outros diferentes subsídios aos estudos integrados deste sistema e de outros então similares. Para isto foram elaborados mapas de sombreamento do relevo, hipsométrico, clinográfico e de concentração da rugosidade através do uso de imagens SRTM

(*Shuttle Radar Topography Mission*) disponíveis na EMPRAPA (Empresa de Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e, posteriormente relacionados à proposta de classes utilizadas por Ross (1992, 1994).

## 1.2. Localização e caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó

A bacia hidrográfica do Rio Seridó, sub-bacia da bacia hidrográfica Piranhas-Assu, encontra-se localizada entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. No estado potiguar a bacia hidrográfica do Seridó abrange aproximados 19 municípios e no estado paraibano esta abrange ainda outros 13 municípios, concentrando em ambos os estados um total aproximado de 400.000 habitantes. Envolve, especificamente os limites aproximados da quadrícula de coordenadas geográficas 6°03' a 6°60' de Latitude Sul e 36°15' a 37°17' de Longitude Oeste (ver figura 01).

Figura 01: Localização dos municípios que abrangem a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó



Fonte: acervo dos autores

Neste espaço, a respectiva bacia hidrográfica possui a maioria de suas cabeceiras, principais rios e afluentes então localizados, sobre influência do embasamento cristalino e do clima semiárido – com reflexo às características fluviais de intermitência, ao se encontrarem secos a maior parte do ano. Além disso, são nítidos outros diferentes aspectos que denotam e/ou aparentam certa fragilidade natural, com exemplo à escassez e irregularidade de chuvas e/ou torrencialidade pluviométricas em curto período de tempo, solos rasos e por vezes pedregosos, sobre uma vegetação de Caatinga

frequentemente rala e esparsa em diferentes unidades morfológicas do relevo regional; características que limitam o seu potencial produtivo, fortemente susceptível aos diferentes processos erosivos e de degradação.

Entretanto, apesar desta aparente fragilidade natural, esta região tem se caracterizado historicamente como um espaço marcado pela degradação ambiental proveniente, sobretudo pelas inadequadas técnicas de manejo utilizadas ao longo dos ciclos econômicos deste território (pecuária, algodão, mineração e cerâmica) sem que fossem consideradas às suas diferentes características e/ou áreas de fragilidade natural e seus respectivos elementos físico-ambientais; de forma a resultar atualmente, em um dos quatro núcleos de desertificação no Brasil reflexo da excessiva exploração e pressão antrópica sobre os recursos naturais (Cavalcanti, 2003; Brasil, 2005). Neste contexto, Vasconcelos Sobrinho (2005) define ainda núcleos de desertificação como sendo "áreas onde a degradação da cobertura vegetal e do solo alcançou uma condição de irreversibilidade, apresentando-se como pequenos desertos já definitivamente implantados dentro do ecossistema primitivo".

A retirada da cobertura vegetal sobre estas áreas, em sinergia as diferentes características de relevo e clima tende a favorecer, por exemplo, o aumento do escoamento superficial (*runoff*) diretamente responsável pelos processos erosivos da superfície, afetando a erodibilidade dos solos e conseqüentemente ao transporte de materiais em solução para as partes mais baixas do relevo, assoreando rios, lagos e/ou outros diferentes reservatórios, por exemplo.

A bacia hidrográfica do Rio Seridó aparece deste modo, como sendo uma unidade natural de sobremaneira afetada por problemas socioambientais de toda etiologia mantendo diferentes relações dinâmicas entre os componentes físicos, biológicos e socioeconômicos. De modo que, pode ser ainda caracterizado como sendo uma unidade complexa processo-resposta, reflexo das diferentes conexões e inter-relações que se efetivam através do fluxo de matéria e energia entre seus diversos componentes presentes nos ambientes bióticos, abióticos e até mesmo antrópicos.

Existe, pois, neste contexto, segundo Nascimento (2005), uma necessidade imediata à ampliação das pesquisas no domínio da análise ambiental voltada para avaliação do potencial natural dos diferentes sistemas naturais, e em especial das bacias hidrográficas, juntamente as suas principais características de degradação, frente aos diferentes elementos potenciais de pressão antrópica, via diagnósticos integrados que forneçam informações concretas para o planejamento territorial ambiental. É deste modo então que esta unidade é comumente citada como uma unidade essencial para o planejamento e análise territorial ambiental.

No que se refere à análise da fragilidade ambiental, por sua vez, uma das principais propostas de análise através dos modelos empregados diz respeito aos estudos de Ross (1992; 1994) que utiliza as diferentes características físico-ambientais, com ênfase nos padrões e aspectos morfométricos do relevo como um dos importantes indicadores dominantes do sistema. Neste contexto, segundo os procedimentos técnico-operacionais utilizados por este autor, a variável índice de dissecação do relevo é que vai determinar o grau de fragilidade potencial de cada área analisada ao passo que as demais

variáveis (clima, solo e uso/cobertura vegetal) irão apenas definir uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade.

Com base nestas premissas, conhecer então as diferentes fragilidades assim como a identificação dos diferentes pontos frágeis à degradação ambiental torna-se de fundamental importância para o estabelecimento de restrições e/ou outras diferentes alternativas sustentáveis ao processo de ocupação e apropriação da paisagem e de seus diferentes recursos naturais aliados, pois à promoção de suas diferentes potencialidades.

### 3. Material e Métodos

Foram realizadas as seguintes atividades: 1) obtenção e tratamento de imagens para a delimitação da bacia hidrográfica; 2) sistematização, interpretação e correlação de informações; 3) trabalhos de campo para a verificação e correção das informações anteriormente obtidas a partir das observações e levantamentos sobre a área de estudo; 4) quantificação e análise dos dados e resultados obtidos.

Com o auxílio do programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 9.2 (ESRI) foi extraída a drenagem para a delimitação da bacia hidrográfica do Rio Seridó, através da fusão de imagens SRTM (SB-24-Z-B e SD-), disponíveis na página web da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). A extração da drenagem foi elaborada com a ferramenta *Hydrology* do ArcGis 9.2 (ESRI) e utilizou-se como auxílio para correção e adequação dos cursos d'água resultantes da modelagem hidrológica as cartas topográficas e imagens Spot da área de estudo.

Além disso, foram elaborados mapas de sombreamento do relevo, hipsométrico, clinográfico e dos índices de concentração da rugosidade topográfica. Estes dados foram todos elaborados a partir das imagens SRTM, com o auxílio de cartas topográficas da área de estudo, sendo o mapa de sombreamento do relevo elaborado no aplicativo Global Mapper (Global Mapper Software LLC/Blue Marble Geographics), e posteriormente (re)trabalhado no programa ArcGis 9.2 (ESRI).

Os mapas hipsométrico e clinográfico foram preparados através da extração de curvas de nível com equidistância de 10 m, a partir de imagens SRTM e, posteriormente, elaborados e extraídos do formato *tin* no programa ArcGis 9.2 (ESRI). As classes de declividade e elevação foram determinadas de acordo com Ross (1994). Por último, o mapa de distribuição do índice de concentração da rugosidade (ICR) foi elaborado através da ferramenta *Kernel Density* no programa ArcGis 9.2 (ESRI), de acordo com a proposta de Sampaio (2009), e posteriormente classificadas de acordo com os dados previamente obtidos e analisados.

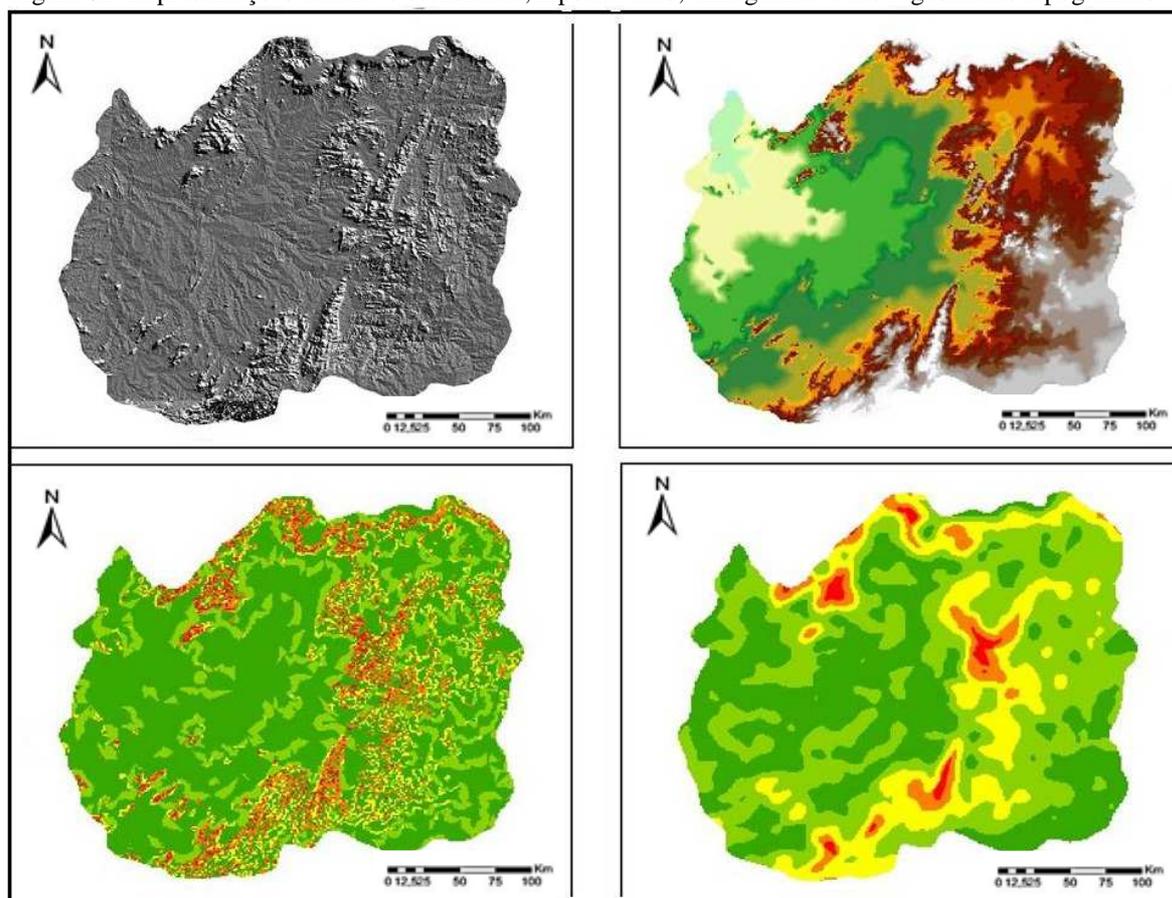
### 4. Resultados e Discursões

O estudo das diferentes formas do relevo, juntamente aos seus diferentes aspectos morfométricos, é de grande importância à identificação de áreas potencialmente instáveis uma vez que

estas tendem, de acordo com as características encontradas, a acelerarem e/ou potencializarem os diferentes fluxos de matéria e energia sobre determinada unidade geoambiental. Entretanto, esta assertiva deve ser vista apenas como o fio condutor de análise uma vez que, segundo Tricart (1977) a problemática maior consiste na complexidade e dinâmica inerente ao sistema ambiental em sua totalidade, a qual não podemos nos limitar à descrição puramente fisiográficas.

Os parâmetros morfométricos e morfológicos do relevo associados à concentração de rugosidade topográfica ofereceram importantes subsídios à análise geomorfológica assim como para o entendimento, identificação e/ou indicação de áreas potencialmente instáveis ambientalmente, conforme proposto por Ross (1992; 1994), a partir da presença e evolução da dissecação do relevo (Sampaio, 2008); assim como para o melhor entendimento acerca do direcionamento e padrões da drenagem. Estes aparecem, na área da pesquisa, mais especificamente distintos sobre os contrafortes do Planalto da Borborema e a Depressão Sertaneja assim como sobre as pequenas manchas referentes aos diferentes maciços residuais, inselbergues e cristas então originadas pelo avançado processo de pediplanação da região (ver figura 02).

Figura 02: Representações de relevo sombreado, hipsométrico, clinográfico e das rugosidades topográficas



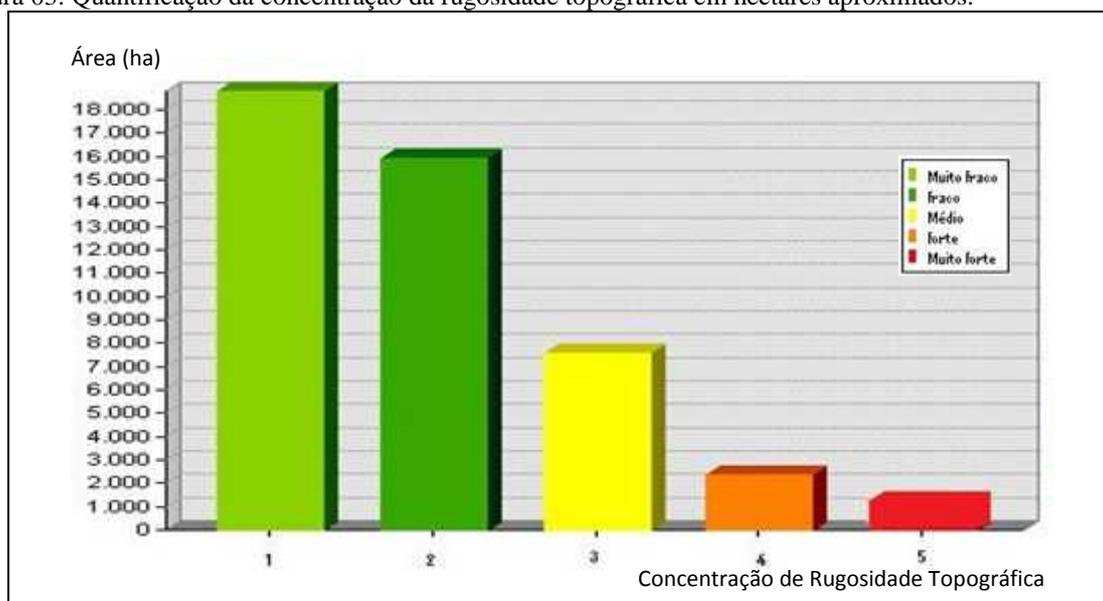
Fonte: acervo dos autores

Acerca da Depressão Sertaneja, que ocupa grande parte do território da bacia hidrográfica, esta se caracteriza ainda como sendo, pois o resultado de um histórico processo de pediplanação então

originada a partir de erosão diferencial cujas altitudes não ultrapassam a média de 350 m, com exceção às principais elevações frequentemente representadas pelos alinhamentos de relevos residuais, cristas, inselbergues entre outros, com variações altimétricas entre os 250 a 700 m, sobre influência do embasamento cristalino pré-cambriano. Neste contexto, Felipe (1978) e Brandão (2003) ainda ressaltam para o fato de que por toda esta região é possível atualmente observar, um relevo fortemente desgastado testemunho de um intenso processo erosivo, resultando em uma formação topográfica de equilíbrio entre a estrutura, a natureza litológica e a erosão fluvial.

Dessa forma, pode-se observar que o índice de rugosidade topográfica encontra-se intimamente atrelada a concentração dos diferentes índices de declividade e amplitude altimétrica atribuindo outros importantes indícios aos estudos morfométricos, morfológicos e morfocronológicos. Quantitativamente, estes valores podem ser traduzidos em padrões tais como: 35.000 ha caracterizados como de Fraca e/ou Muito Fraca, 8.000 ha de Média rugosidade e aproximados 4.000 ha caracterizados por uma rugosidade topográfica Forte e/ou Muito Forte (ver figura 02).

Figura 03: Quantificação da concentração da rugosidade topográfica em hectares aproximados.



Fonte: acervo dos autores (2011)

Estes valores revelam que sobre a maior parte da área pesquisada referente à bacia hidrográfica do Rio Seridó, há uma predominância de áreas mais ou menos planas caracterizadas por baixas amplitudes altimétricas e declividades pouco acentuadas – referente à unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja. Em contraposição deste modo, às áreas localizadas sobre o Planalto da Borborema e sobre as manchas de relevos residuais assim caracterizadas pela presença de uma maior amplitude altimétrica e declividades mais acentuadas.

Neste contexto, é importante ainda destacar que embora as áreas de Forte e/ou Muito Forte rugosidade estejam então localizadas sobre o Planalto da Borborema, esta unidade geomorfológica apresenta também consideráveis parcelas de seu território caracterizadas como sendo de Fraca a Muito

Fraca rugosidade devido, sobretudo às menores amplitudes altimétricas e declividades pouco acentuadas encontradas a partir do Índice de Concentração da Rugosidade (ICR) (ver Figura 02).

Estes dados servem, portanto como importantes subsídios à indicação de áreas potencialmente instáveis/estáveis e ao entendimento de parâmetros e aspectos essenciais aos estudos de fragilidade potencial do sistema, com exemplo à proposta de Ross (1992, 1994), de modo ainda a minimizar os esforços necessários de tempo e eventuais recursos econômicos e sociais à elaboração destas análises.

## **5. Conclusão**

O diagnóstico referente à concentração de rugosidades topográficas sobre a bacia hidrográfica do Rio Seridó oferece importantes subsídios para o planejamento territorial ambiental uma vez que permite identificar possíveis áreas potencialmente instáveis a partir dos diferentes padrões morfométricos do relevo, tais como a amplitude altimétrica, de declividade, entre outros. Sendo desta maneira, comparado analogamente por Sampaio (2008) ao índice de dissecação do relevo proposto pelo RADAMBRASIL adaptado por Ross(1994) e então utilizado como importante variável na análise de fragilidade potencial do sistema.

O estudo sobre as diferentes rugosidades topográficas oferecem ainda desta maneira, um importante aporte à identificação e entendimento acerca do espaçamento dos diferentes relevos residuais sobre uma determinada área, juntamente ao entendimento analogamente da evolução e do padrão atual de dissecação geomorfológica, juntamente aos diferentes aspectos morfométricos, morfológicos e até mesmo morfocronológicos com exemplo ao indicativo de um histórico processo de pediplanação e seus diferentes resquícios morfológicos sobre a Depressão Sertaneja e parte do Planalto da Borborema.

Conhecer desta maneira as diferentes fragilidades, juntamente a identificação dos diferentes pontos frágeis à degradação ambiental torna-se de fundamental importância para o estabelecimento de restrições e alternativas sustentáveis ao processo de ocupação e apropriação da paisagem. O essencial desta análise não é, portanto simplesmente identificar os “fatores que contribuem para a degradação do manancial e quem são os culpados”, mas saber “a quais processos de degradação o manancial encontra-se submetido e que estruturas o mantêm ou colaboram para que estes processos perdurem” (Gondolo, 2000. p. 88).

Trata-se, de todo o modo, de um importante instrumento de análise e entendimento da susceptibilidade potencial do sistema frente aos diferentes aspectos morfométricos do relevo, de modo a auxiliar ao adequado (re)ordenamento e apropriação antrópica da paisagem sobre as áreas potencialmente mais instáveis e/ou menos instáveis, direcionando, pois para o melhor aproveitamento das atividades de controle e proteção destes ambientes.

A ocupação antrópica sobre as áreas indicadoras de uma forte rugosidade tende, por exemplo, neste contexto, possivelmente a refletir em diferentes implicações ambientais, sociais e econômicas

sobre toda a bacia hidrográfica do Rio Seridó uma vez que, estas tendem a uma maior susceptibilidade aos diferentes processos erosivos, decorrentes de uma potencial instabilidade morfogênica do relevo.

Entretanto, é importante ainda ressaltar que este é apenas um dos importantes indicadores de análise de uma possível fragilidade potencial do relevo, ao passo que a integração e inter-relação com outras informações acerca dos diferentes aspectos físico-ambientais tornam-se deste modo de fundamental importância para o entendimento sobre a dinâmica do sistema em sua totalidade. Neste sentido, segundo Christofolletti (1999) o essencial se traduz, pois pela necessidade de entender como as partes estão integradas em um todo funcional, “[...] compreender o conjunto mais do que suas partes”.

## 6. Referências Bibliográficas

- BRANDÃO, R.L., **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba – CE.Texto explicativo. Carta geoambiental.** CPRM, Fortaleza, 67p. 2003,
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 2º edição, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgar Blücherltda, 1999.
- CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.
- FELIPE, J. L. A. **Aspectos Naturais da Região do Seridó.** 1978.
- FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GONDOLO, G. C. F. **Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental: Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo.** SP: Annablume/Fapesp, 2000.
- SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. **Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade.** Anais do VII Encontro Nacional de Geomorfologia. Belo Horizonte, 2008.
- SAMPAIO, T. V. M. **Índice de Concentração de Rugosidade (ICR): uma proposta para o mapeamentomorfométrico via emprego de Geotecnologias.** Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa-MG, 2009. Disponível em: [http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo1/094.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/094.pdf) - acesso em 12/01/2012.
- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo,** Rev. do Depto. Geografia, FFLCH-USP, São Paulo, n.6, p.17-29, 1992.
- ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia.n.8, p.63-74. 1994.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1, IBGE, 97 p. 1977.