



IDENTIFICAÇÃO DE DEFORMAÇÕES NEOTECTÔNICAS, ATRAVÉS DE IMAGEM SRTM, E SUA RELAÇÃO COM A GÊNESE DOS AREAIS - SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL

IDENTIFICATION OF NEOTECTONIC DEFORMATIONS, THROUGH SRTM IMAGE, AND ITS RELATIONSHIP WITH THE GENESIS OF THE “AREAIS” – SOUTHWESTERN RIO GRANDE DO SUL

Clódís de Oliveira Andrades Filho
Mestrando em Sensoriamento Remoto/INPE
clodis@dsr.inpe.br

Laurindo Antonio Guasselli
Dirce Maria Antunes Suertegaray
Departamento de Geografia/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500-Campus do Vale - UFRGS CEP: 91501-970
Porto Alegre, RS, Brasil

RESUMO

Essa pesquisa busca avaliar possíveis influências da neotectônica na formação dos areais do sudoeste do Rio Grande do Sul¹. Constitui, portanto, objetivo principal desta pesquisa identificar pontos de “anomalias” neotectônicas em segmentos de drenagens e relacioná-los aos pontos de ocorrências de areais. A definição desses pontos de anomalia foi obtida através de MDE (Modelo Digital de Elevação) como subproduto da imagem SRTM. A análise empreendida foi construída com base no emprego do índice RDE (Relação declividade-extensão) aplicado em segmentos de drenagem. As drenagens foram digitalizadas a partir de imagens sombreadas com diferentes contrastes, produtos SRTM. Os resultados indicam uma possível ligação da neotectônica na gênese dos areais, visto que os pontos de possíveis “anomalias” identificados nos cursos d’água localizam-se próximos às áreas com focos de arenização.

Palavras-chave: arenização, neotectônica, SRTM

ABSTRACT

This research seeks to assess possible neotectonic influence in the formation of sandization in southwest of Rio Grande do Sul. The main objective of this research is to identify points of neotectonic “anomalies” in segments of drainage and make the relationship with the points of occurrences of sandization. The identification of these points of failure was obtained through DEM (Digital Elevation Model) as sub-product of the SRTM image. The analysis was undertaken based on the employment index RDE (Relationship slope-extension) applied in segments of drainage. The drainages were scanned images from shaded with different contrasts, SRTM products. The results indicate a possible relation of the neotectonic in the genesis of the sandization, because the points of possible neotectonic “anomalies” identified in the watercourse is located near the areas with outbreaks of sandization.

Keywords: sandization, neotectonic, SRTM

¹ Esta pesquisa é produto do Trabalho de Conclusão de Curso, na graduação em Geografia (UFRGS), de Clódís de Oliveira Andrades Filho, durante a vigência de bolsa IC PIBIC/CNPq.



1. INTRODUÇÃO

O sudoeste do Rio Grande do Sul apresenta áreas onde ocorre um forte processo de degradação dos solos na forma de areais decorrente de processo de arenização (Figura 1). De acordo com Suertegaray “*por arenização entende-se o processo de retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou não consolidados, que acarreta nessas áreas uma dificuldade de fixação da cobertura vegetal, devido à intensa mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos.*” (Suertegaray, 1987). Conseqüentemente, para esta autora, arenização indica uma área de degradação, relacionada ao clima úmido, em que a diminuição do potencial biológico não desemboca, em definitivo, em condições de tipo deserto. Ao contrário, a dinâmica dos processos envolvidos nesta degradação dos solos é fundamentalmente derivada da abundância de água.



Figura 1 - Fotografia de areais em Manoel Viana, RS. (Por Cláudia Beltrame Porto, 2002)

No entanto, investigações recentes levaram a reflexões a cerca da contribuição estrutural na gênese dos areais. Considera-se neste caso a contribuição estrutural do ponto de vista de investigação do quadro tectônico, onde é discutida a possibilidade de influência da neotectônica na conformação geomorfológica regional atual.

O termo neotectônica foi introduzido na literatura geológica por Obruchev para designar “*movimentos tectônicos ocorridos no fim do Terciário e no Quaternário, os quais desempenham um papel decisivo na configuração topográfica contemporânea da superfície terrestre*”. (Obruchev, 1948 apud Suguio, 1999, p. 113)



Há uma crescente necessidade de estudo das causas ou gênese de processos erosivos em grandes proporções que tem como uma de suas graves conseqüências a perda de solo. Estes fatores inviabilizam ou dificultam certas atividades econômicas, como no caso dos areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. A análise estrutural desses terrenos pode indicar áreas frágeis do ponto de vista estrutural e identificar pontos potenciais a processos erosivos. Portanto, é necessário observar as falhas geológicas jovens e indicar áreas mais problemáticas para o desencadeamento desses processos, na medida em que esta ocorrência pode desencadear dinâmica erosiva e promover restrições para o uso do solo na região de estudo.

Na temática abordada destaca-se Trainini (2005) que utiliza como base o mapa de Wildner et al. (2005) para demonstrar um grande alçamento estrutural na região sudoeste do RS, denominado “Muro de Manoel Viana”, e de acordo com o autor, alçado pela neotectônica. Nessa área os sedimentos eólicos da Formação Botucatu se encontram em cotas acima de 300m, superiores as cotas desse tipo de depósitos fora dos limites do “muro”. Trainini chama a atenção para o relevante fato de que a concentração da maioria das zonas em processo de arenização encontra-se dentro dos limites do “muro” e define esta área como um “*alto potencialmente difusor de sedimentação*” (Trainini, 2005).

Uma outra abordagem é o trabalho de Etchebehere et al. (2006), tendo como área de estudo uma bacia hidrográfica no Estado de São Paulo, onde aplicam o índice “Relação Declividade-Extensão – RDE” para detecção de deformações neotectônicas, onde os segmentos de drenagem foram estabelecidos com base nas isoípsas contidas nas folhas topográficas com escala 1:50.000. Etchebehere et al. (2006) identificam possíveis “anomalias” neotectônicas e relaciona com feições erosivas na bacia do Rio do Peixe, destacando-se ravinas e voçorocas.

Nesse sentido, o objetivo geral dessa pesquisa é analisar a relação entre o processo de arenização e a tectônica e avaliar o uso do modelo digital de elevação, produto SRTM, como ferramenta de identificação de deformações neotectônicas. Para tanto, é necessário: a) definir o modelo digital de elevação e as linhas de drenagem a partir das imagens SRTM; b) identificar possíveis deformações/anomalias neotectônicas com base na Relação declividade-extensão; e c) avaliar a adequação dos dados SRTM para análise da configuração estrutural da área de estudo.

2. ÁREA DE ESTUDO

A região de ocorrência do processo de arenização está localizada no sul do Brasil, precisamente no sudoeste do Rio Grande do Sul (Figura 2), a partir do meridiano de 54° em direção oeste até a fronteira com a Argentina e a República Oriental do Uruguai, sendo constituída pelos municípios de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco da Assis e Unistalda. Esta região abrange uma grande quantidade de bacias e sub-bacias hidrográficas pelo qual podem ser definidas em três grandes áreas: Área ao sul do Rio Ibicuí e a Nordeste do Rio Quaraí, Área ao sul do Rio Ibicuí e Área ao Norte do Rio Ibicuí (Figura 3).

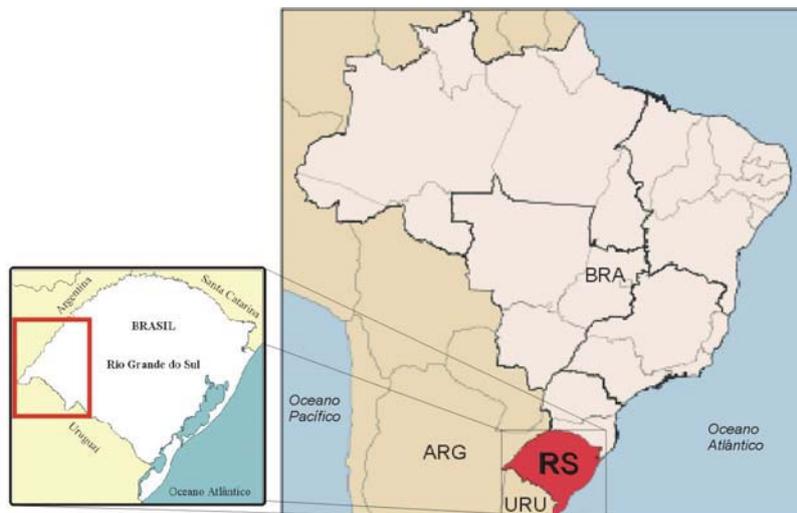


Figura 2 – Área de ocorrência do processo de arenização no Sudoeste do RS.

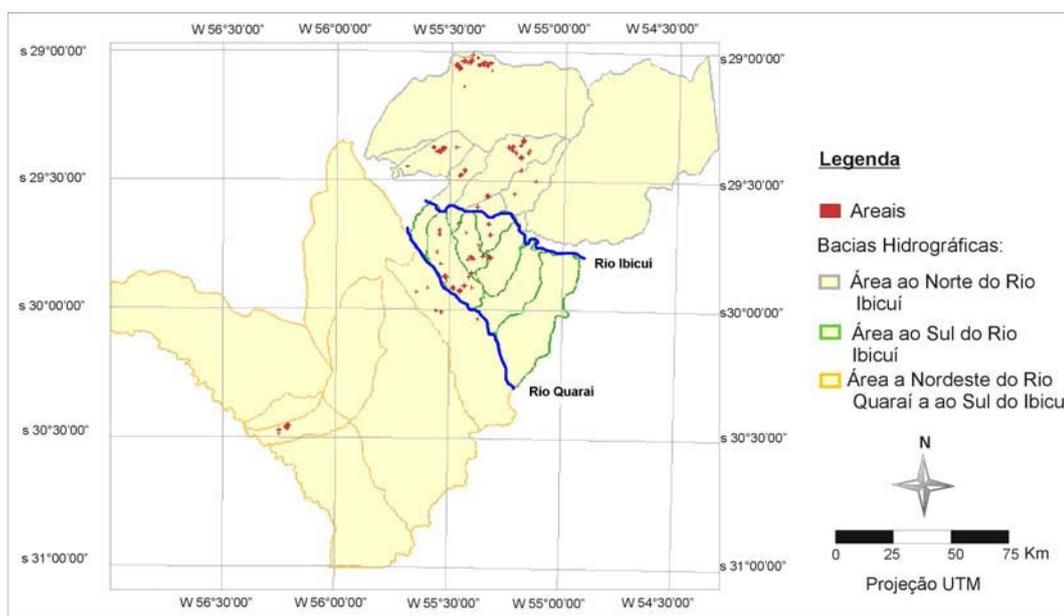


Figura 3 – Bacias hidrográficas na área de ocorrência de arenização.



A delimitação da área proposta para investigação é definida por um recorte de imagem SRTM entre as coordenadas s 29°15' e 29°40' e w 55°45' e 55°00' (Figura 4). Este recorte abrange a área de cinco (5) bacias hidrográficas da região ao norte do rio Ibicuí, com grande ocorrência do processo de arenização: Bacia do Arroio Piraju, Bacia do Arroio Inhacundá, Bacia da Sanga do Araçá, Bacia do Miracatu e Bacia do Caraguataí (Figura 5).

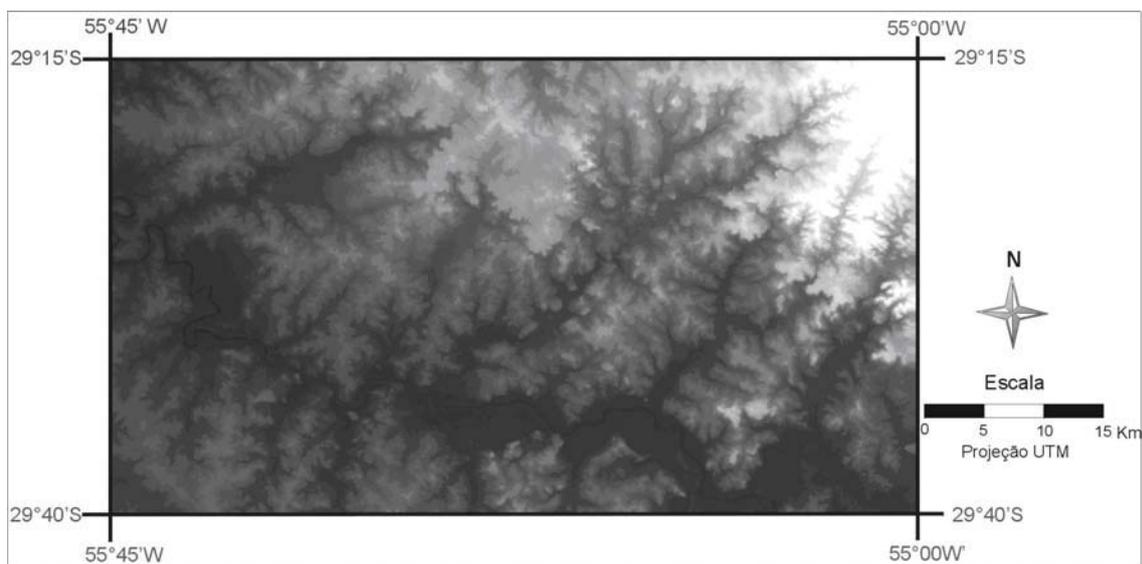


Figura 4 - Imagem SRTM/NASA

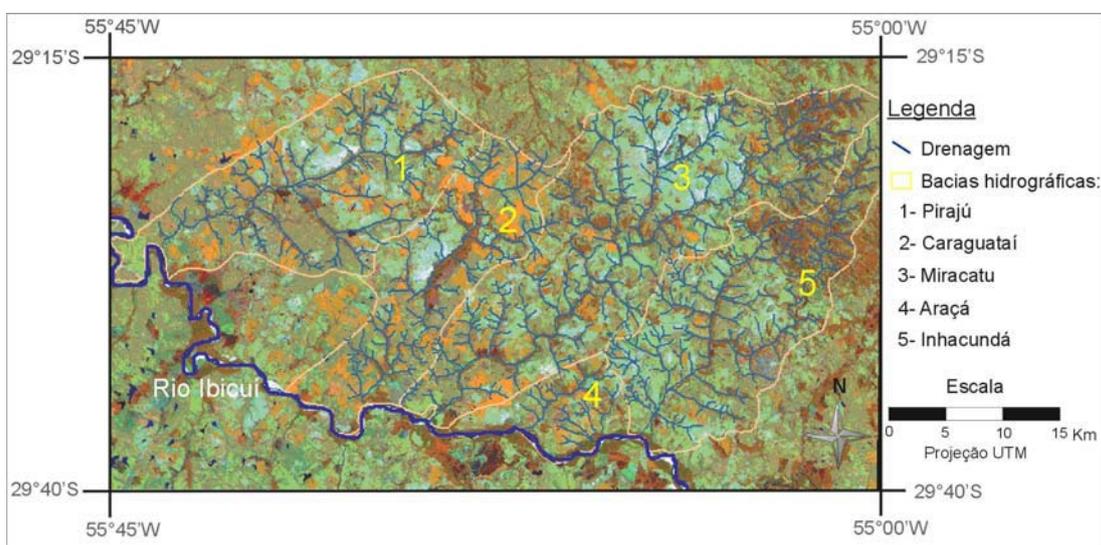


Figura 5 - Bacias hidrográficas da área de estudo. Imagem Landsat em composição 4R 5G 3B.



Esta região situa-se na Bacia do Paraná, uma bacia intracratônica desenvolvida inteiramente sobre uma crosta continental, que foi preenchida com rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam desde o Ordoviciano até o Quaternário.

A evolução tectônico-sedimentar desta bacia foi fortemente controlada pelas direções estruturais inerentes ao seu embasamento que é constituído por uma grande quantidade de zonas de fraqueza que se cruzam, dividindo este embasamento em blocos de falhas. As zonas de fraqueza atuam como os principais agentes de dissipação de tensões intraplaca permitindo movimentos recorrentes desses blocos ao longo dessas zonas. (Zalán, 1991 apud Frasca, 1996, p. 6).

A área de ocorrência dos areais tem como substrato o arenito da Formação Botucatu e/ou Formação Guará¹ (MME, 2008), nestas formações Mesozóicas assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição fluvial e eólica durante o Pleistoceno e o Holoceno, os quais sob remoção atual (produto da dinâmica hídrica e eólica) originam os areais (Suertegaray, 1987, 2001).

3. METODOLOGIA

A base utilizada para o mapeamento dos areais (Figura 6) foi elaborada através do uso de imagem Landsat TM 5, datada de 1989, por classificação digital não-supervisionada (Andrades filho, Suertegaray, Guasselli, 2006).

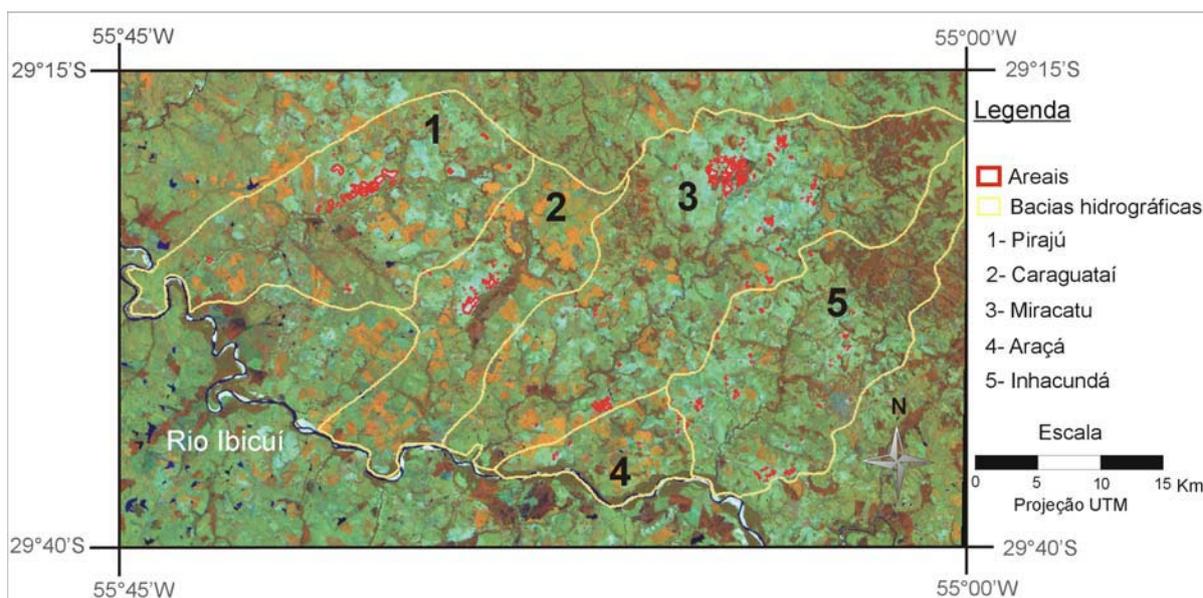


Figura 6 - Mapeamento dos areais por bacias hidrográficas no sudoeste do RS.

¹ O novo mapa geológico do estado do RS indica como constituinte do substrato rochoso na região de São Francisco de Assis a Formação Guará (J3g). Esta é caracterizada como " arenito fino e conglomerático, cores esbranquiçadas e avermelhadas, intercalados ocasionalmente com níveis centimétricos de pelitos, contendo pegadas de dinossauros. Ambiente continental desértico, com depósitos fluviais, eólicos e lacustres". Esta formação é datada do Mesozóico período Jurássico Superior). Pela leitura do mapa observa-se que a estrutura geológica atual da região em estudo está caracterizada pela Formação Guará nas áreas mais rebaixadas. A formação Botucatu compreende as faixas representadas por áreas de maior altitude, ou seja, as escarpas do planalto meridional e as escarpas dos morros testemunhos.



Para geração da base digital da drenagem das diferentes bacias hidrográficas estudadas e indicação dos pontos de possíveis anomalias neotectônicas foi utilizada a imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Farr & Kobrick, 2000), com resolução espacial de noventa metros adquirida através de Ftp da NASA (<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2>). O download da imagem SRTM foi realizado em formato HGT, sendo necessário a utilização do programa ENVI 4.2 para transformação deste formato para GeoTiff, e torna-la compatível com o Spring 4.3.

Para a definição das drenagens na imagem SRTM, foi executado um método de interpolação sobre a imagem (Valeriano, 2004) para obter uma resolução espacial de 20 metros. Este processamento consistiu na modificação do Modelo Digital de Elevação - MDE SRTM original para um novo MDE, com características desejáveis. Entre as modificações pretendidas, listam-se: a remoção das falhas e a resolução melhorada (20 metros). Os programas computacionais utilizados no tratamento foram: ENVI (*Research Systems Inc.*, 2005): correção de falhas, seleção de área amostral e exportação de dados ASCII; e SURFER (*Golden Software Inc.*, 1997): interpolação e Spring 4.3, para tratamento de imagem e digitalização da drenagem.

Para digitalização da drenagem foram geradas imagens sombreadas, produtos da SRTM. A partir de testes, chegou-se a três produtos com maior contraste para a definição e delimitação dos cursos d'água. Estas imagens possuem diferentes parâmetros de iluminação: azimute, elevação e exagero. O primeiro define a posição da fonte luminosa, o segundo, o ângulo desta fonte em relação à superfície e o terceiro define o acréscimo da escala vertical do terreno.

A digitalização visual da drenagem foi realizada sobre os três produtos resultantes com os seguintes parâmetros: *Imagem 1* - Azimute : 270° e elevação: 90°, *Imagem 2* - Azimute: 270° e elevação: 45°, *Imagem 3* - Azimute: 10° e 70°. Todas com o valor 70 para exagero vertical.

A detecção de possíveis deformações neotectônicas foi elaborada através de alguns parâmetros morfométricos, onde se destaca o Índice RDE (Relação Declividade vs. Extensão), proposto inicialmente por Hack (1973) sob designação de índice SL (Relação *Slope vs. Length*). Este índice já foi aplicado em análises de cunho neotectônico em diversos contextos geológicos com a utilização de folhas topográficas do exército. Neste estudo a análise é realizada utilizando dados SRTM.

A análise neotectônica empreendida foi construída com base no emprego do índice RDE local (RDE segmento ou RDEs) aplicado em segmentos de drenagem, estabelecidos com base em isoípsas produzidas através do MDE (produto SRTM). O índice RDE correlaciona-se com os níveis de energia da corrente, refletida na sua capacidade de erodir o substrato e/ou transportar a carga sedimentar. Esta energia é proporcional à declividade da superfície por onde flui o curso d'água e a descarga naquele trecho. Este segundo fator é considerado diretamente proporcional ao comprimento da drenagem.

Os índices RDEs são indicadores sensíveis de mudanças na declividade de um canal fluvial, que podem estar associadas a desembocaduras de tributários, a diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato rochoso e/ou à atividade tectônica. Uma análise prévia como a eliminação de fatores litológicos ou a eventual presença de tributários de porte como agentes causativos da elevação no índice RDE, pode identificar a atuação de processos neotectônicos.

Dessa forma, as chamadas anomalias de RDE servem como um adequado indicador de áreas suspeitas de atividade deformacional recente, que pode estar ligada a soerguimento e/ou rebaixamento do substrato, e passam a constituir alvos para verificações de campo (Etchebehere et al., 2006).

O índice RDE é calculado da seguinte forma: $RDE = \left(\frac{H}{L}\right) \cdot L$

A diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água é representado por "H"; O símbolo "L representa a projeção horizontal da extensão do referido segmento ("H"/L corresponde ao gradiente da drenagem naquele trecho). A letra L corresponde à distância deste segmento para o qual o índice RDE está sendo calculado e a nascente da drenagem. A Figura 7 indica uma ilustração deste cálculo.

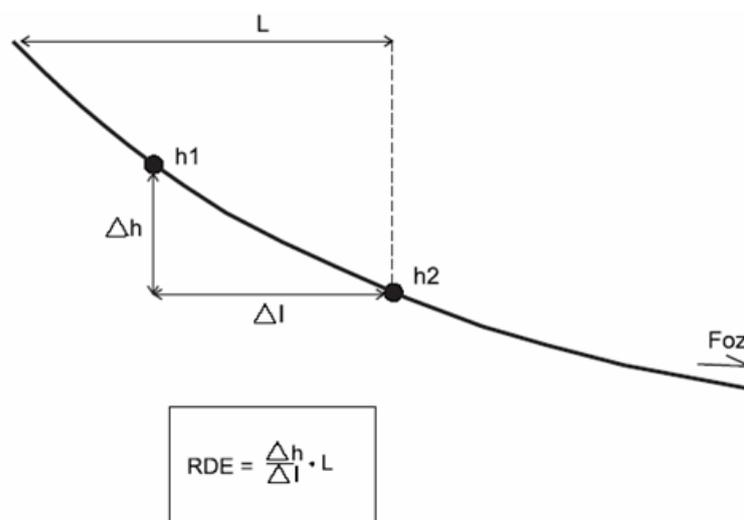


Figura 7 - Parâmetros para o cálculo RDE. Os pontos **h1** e **h2** representam duas isoípsas subseqüentes (Etchebehere et al., 2006).

O índice RDE pode ser calculado para toda extensão de um rio e para segmentos, como mostrado anteriormente. Para efetuar o cálculo de RDE por segmento é necessário inicialmente calcular o RDE total. Este é obtido a partir da relação de toda extensão do curso d'água e a amplitude altimétrica total (diferença entre a cota da foz e a cota da cabeceira) e o logaritmo natural de toda extensão.

O cálculo de RDE por segmentos foi utilizado, pois permite uma avaliação com conotação mais local, com análise tectônica de detalhe. Visto que as manchas arenosas possuem certa dispersão nas bacias hidrográficas estudadas e a avaliação local se faz necessária.

Após os procedimentos de cálculo foi elaborado um mapa com a espacialização dos pontos identificados de anomalias e a sobreposição a uma imagem Landsat TM (composição colorida). Essa sobreposição visou identificar a ocorrência de pontos de anomalias que podem ser descartados por não serem deformações associadas a neotectônica como, por exemplo, presença de rochas mais resistentes à erosão e desembocadura de tributários de caudal expressivo (Etchebehere et al., 2006).

Na prática os procedimentos foram os seguintes: a) seleção dos cursos d'água de porte expressivo em relação a bacia hidrográfica, com extensão superior a 3 km; b) medição do comprimento das linhas de drenagens, com auxílio do operador métrico do SPRING 4.3, tabulando-se as diferenças altimétricas (equidistância de 20 m no caso das bases adotadas) e a extensão horizontal de cada segmento de drenagem compreendido entre duas isoípsas subseqüentes; c) os valores formaram uma planilha eletrônica, na qual foram efetuados o cálculo dos índices RDE; d) as planilhas foram confeccionadas de maneira a relacionar os índices RDE de segmentos com o índice RDE total de cada curso d'água, o que possibilitou a definição de setores anômalos segundo critérios (Seeber & Gornitz, 1983 apud Etchebehere et al., 2006), onde considera-se $RDE_s / RDE_t = 2$ como o limiar da faixa de anomalias. As anomalias foram classificadas como de 1º ordem ($RDE_s / RDE_t \leq 10$) ou 2º ordem ($2 < RDE_s / RDE_t < 10$);

Uma cautela adicional foi tomada em relação à utilização dos índices RDE nas proximidades das cabeceiras de drenagem, que, em geral, representam setores com maior probabilidade de se encontrarem fora de equilíbrio, não refletindo adequadamente a energia cinética da drenagem. Levando em conta esta abordagem eliminaram-se os primeiros 800m de cada curso d'água.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A digitalização da drenagem em detalhe foi necessária para elaboração das etapas seguintes do trabalho. Para tanto foram gerados diferentes produtos de imagens sombreadas, a fim de destacar as calhas dos cursos d'água.

As três imagens em níveis de cinza utilizadas na digitalização da drenagem estão apresentadas na Figura 8 com distintos parâmetros de iluminação. A imagem 1 apresenta as bordas de relevo e áreas de acentuada declividade com tons escuros, já as áreas onde o terreno é mais plano os tons de cinza estão mais claros. A maior contribuição dessa imagem está na apresentação nítida das áreas de vales e de rupturas do relevo.

Na imagem 2 as áreas onde os níveis de cinza apresentam-se mais claros são as faces voltadas para o norte e os tons mais escuros representam as faces voltadas para o sul. A inclinação do ângulo da fonte luminosa proporcionou uma expressão significativa da orientação do relevo, dando uma idéia de visualização em terceira dimensão, onde a topografia do terreno é marcada com grande contraste.

A imagem 3 foi processada com uma sutil inclinação do ângulo da fonte luminosa que atrelada à direção sul desta fonte realçou as linhas de encaixe dos cursos d'água. Esta imagem apresenta um gradual contraste, onde os cursos d'água estão representadas pelos tons de cinza mais claros, apresentando uma falsa impressão de serem os interflúvios, devido à direção sul da fonte de luminosidade. As áreas representadas com tons mais escuros são as vertentes voltadas para o norte.

Os diferentes sombreamentos e contrastes das imagens proporcionaram uma detalhada digitalização das drenagens. Na Figura 9 são apresentadas as linhas de drenagem de um setor do Arroio Piraju sobre as diferentes imagens produzidas.

Em trabalhos anteriores investigou-se a possibilidade de relação da ocorrência de areais com a orientação do relevo. A constatação da predominância das machas arenosas em determinadas orientações incentivou a uma análise da configuração estrutural da área, no sentido de identificação de lineamentos estruturais. Esta identificação proporcionou uma avaliação, onde foi observada a ligação entre a ocorrência de areais e os lineamentos estruturais da região (Andrades Filho; Guasselli; Suertegaray, 2006, 2007).

A aplicação do índice RDE (Relação Declividade - Extensão) traz algumas respostas através da espacialização dos possíveis pontos de anomalias neotectônicas. Num primeiro momento foram calculados os índices RDE totais. De modo geral os valores de maior índice de RDE encontram-se no alto e médio curso das bacias hidrográficas em questão. Os areais ocorrem predominantemente no alto e médio curso dessas bacias e, uma tendência geral de diminuição dos valores rumo ao ponto exutório das sub-bacias.

A Figura 10 expressa as possíveis anomalias neotectônicas, produto dos cálculos demonstrados anteriormente. Observa-se a proximidade de alguns pontos de anomalias com áreas de formação de areais, enquanto outros, não apresentam relação. Esse fato levantou a possibilidade de que os pontos não relacionáveis com a arenização, estejam associados à presença de: diferentes resistências a erosão hidráulica do substrato rochoso ou a desembocadura de tributários de caudal expressivo (Etchebehere et al., 2006). Esse pontos estão indicados no mapa através dos círculos cinzas.

A análise da Figura 10 permite observar que no setor sul das sub-bacias ocorrem dois pontos de anomalias que provavelmente não estejam ligados a neotectônica, pois eles ocorrem na área de desembocadura do Arroio Caraguataí e Miracatu, tributários do Rio Ibicuí e se encaixam na caracterização de desembocadura de tributários de caudal expressivo (Figura 11).



Imagem 1

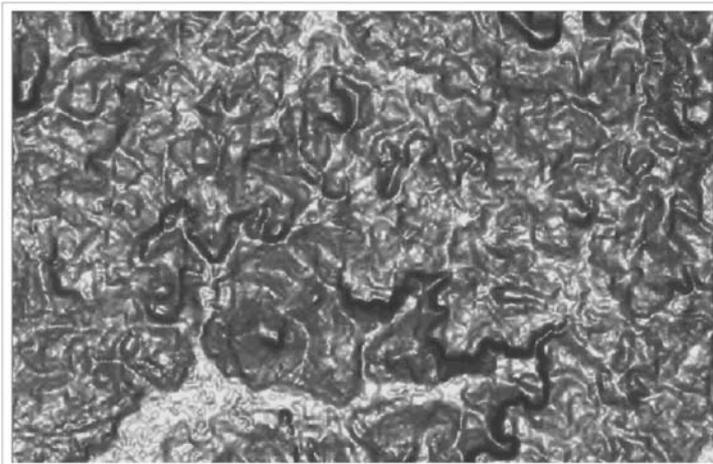


Imagem 2

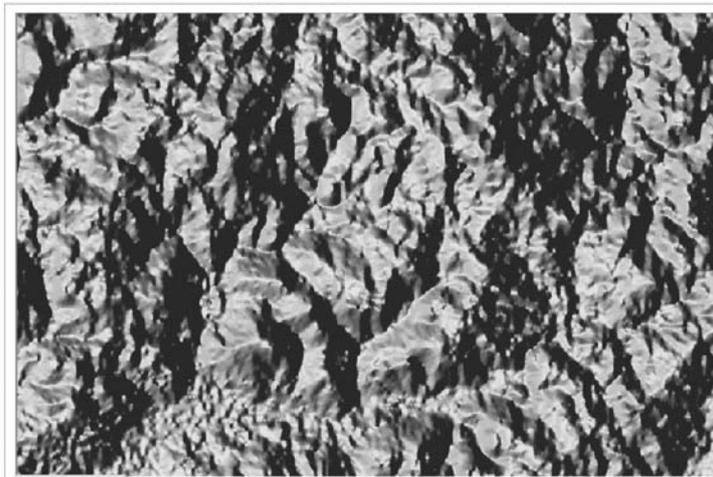


Imagem 3

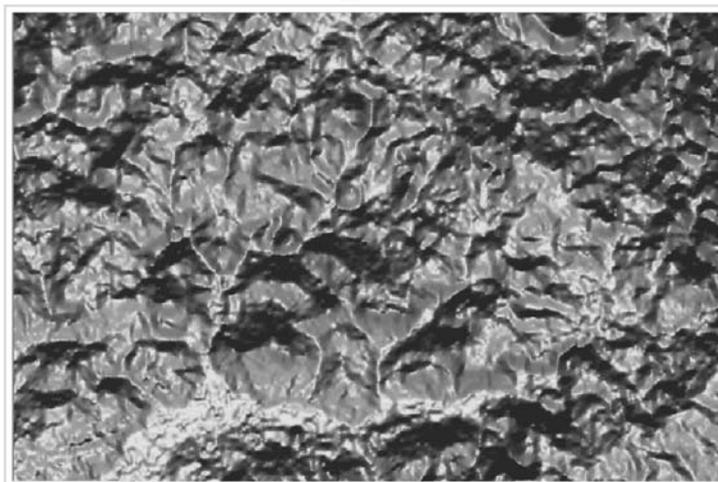


Figura 8 - Imagens sombreadas com distintos parâmetros de iluminação - produtos SRTM.

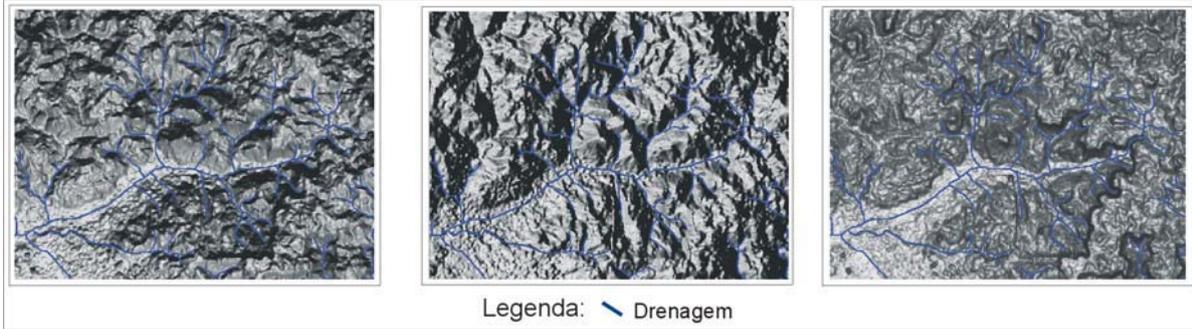


Figura 9 - Drenagem sobre imagens sombreadas, Arroio Piraju - RS

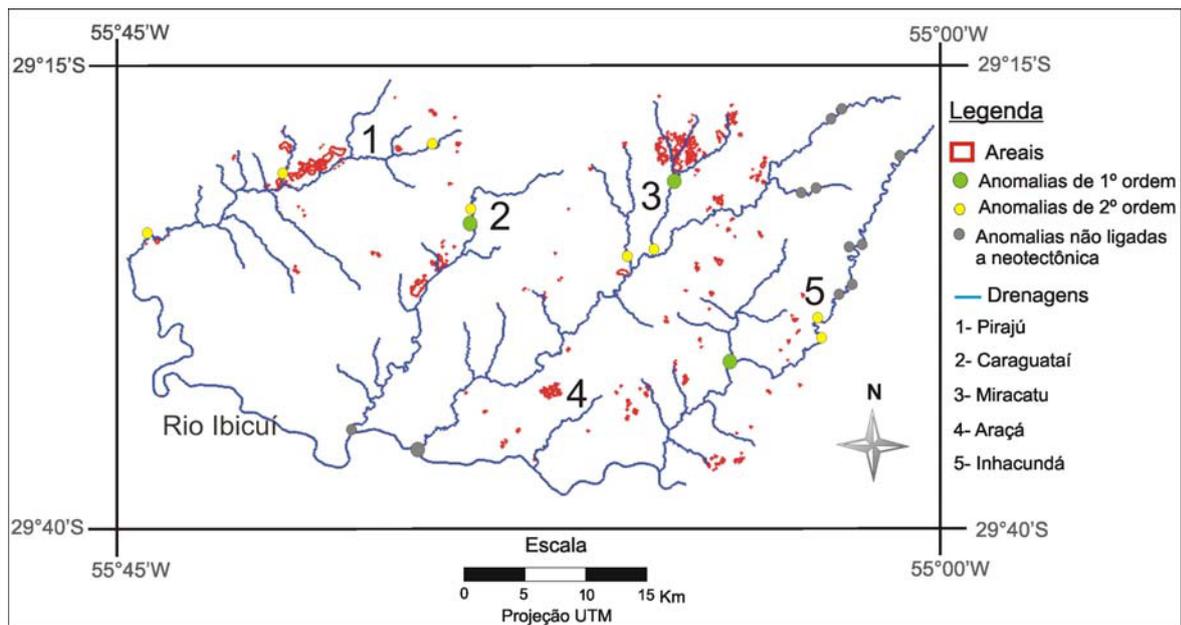


Figura 10 - Anomalias de RDEs nas bacias hidrográficas da área de estudo (Andrades Filho, 2007).

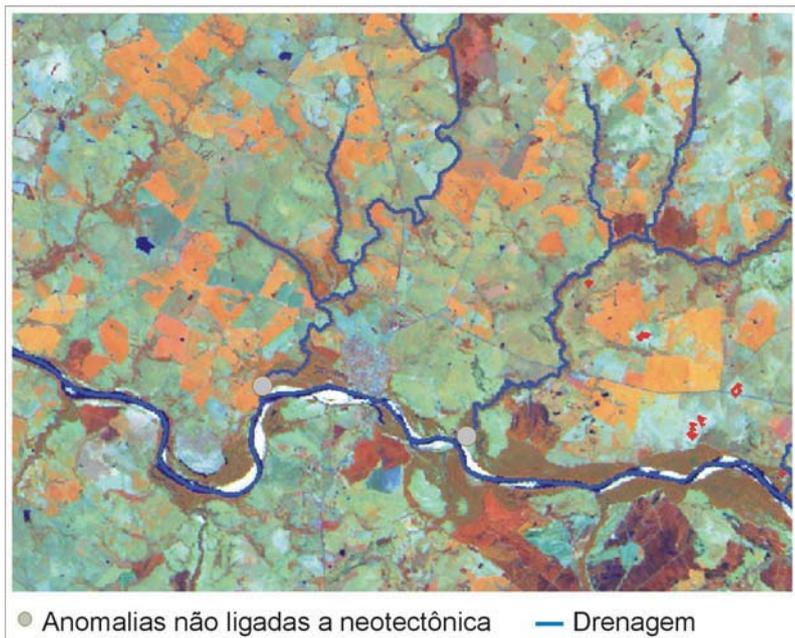


Figura 11 - Indicação de pontos de anomalias ligados a desembocadura de curso d'água.



Na Figura 12 apresenta-se a localização dos pontos de anomalias no setor nordeste da área de estudo, onde a linha vermelha representa, grosseiramente, a área de contato entre as duas diferentes formações rochosas. No setor leste está a formação basáltica associada a um topo relativamente plano e a rugosidades das encostas com cobertura vegetal de matas. Neste setor os tons de cinza da imagem são mais escuros que no setor oeste, onde ocorre o afloramento do arenito e uma grande ocorrência de areais, sendo estes apresentados na imagem por tons de cinza mais claros. A sobreposição dos pontos de anomalias sobre a imagem mostra que estes ocorrem na área de contato entre os diferentes tipos de rocha indicados, sendo que a diferente dinâmica/resistência a erosão característica de cada tipo de rocha pode ser a explicação mais provável para indicação dessas áreas como anômalas e não a neotectônica como em outros pontos identificados.

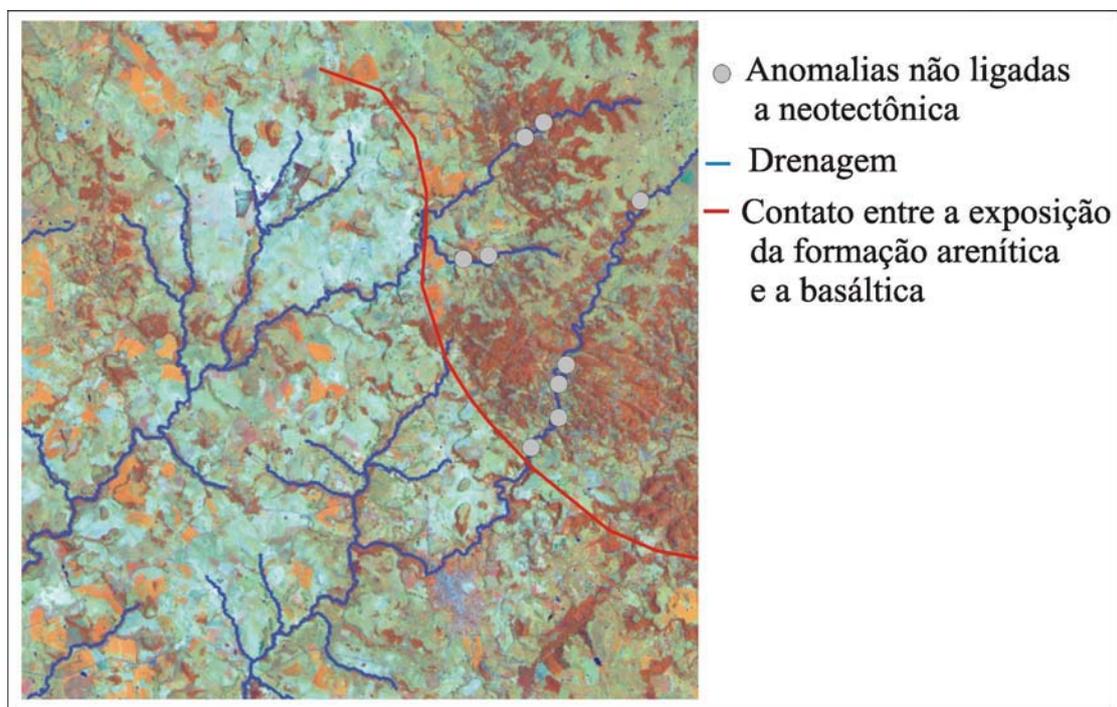


Figura 12 - Indicação de pontos de anomalias ligados a presença de diferentes resistências do tipo de rocha a erosão hidráulica.

Excluindo os casos citados anteriormente, observa-se que os demais pontos de possíveis anomalias neotectônicas identificados nos cursos d'água localizam-se próximos a áreas de arenização, o que permite indicar uma relação entre essas variáveis. A aproximação entre pontos de anomalias e áreas de arenização é demonstrada na Figura 13. O setor representado com a letra **A** localiza-se na bacia do Inhacundá, o setor **B** na porção norte do Miracatu e o setor **C** na bacia do Caraguataí. Ambos apresentando uma significativa área de arenização.

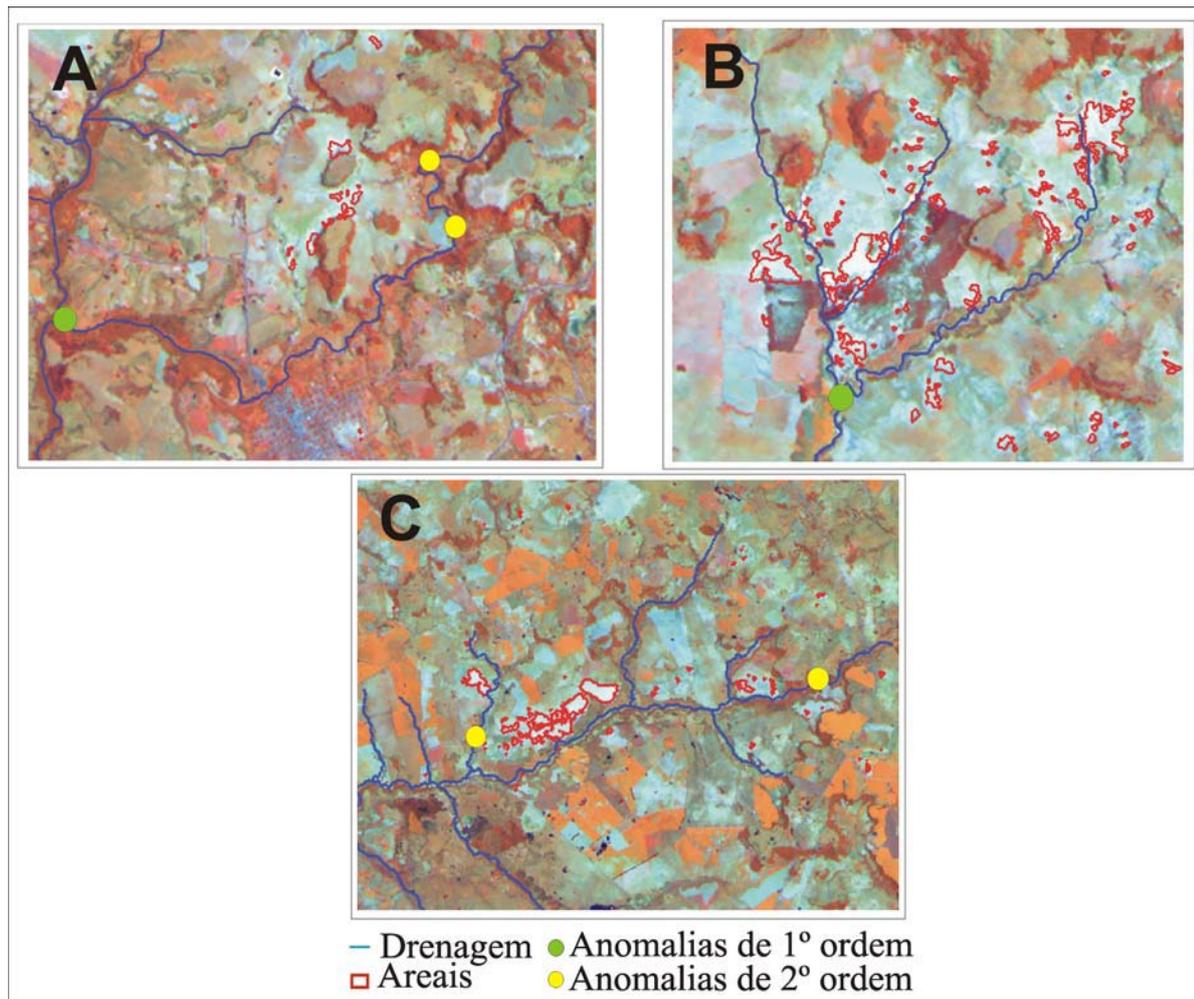


Figura 13 - Setores das bacias hidrográficas com ocorrência de areais e pontos de anomalia.

Portanto, compartilhando da idéia de Trainini (2005), há possibilidade de que soerguimentos por falha, pela exposição do arenito e a conseqüente busca do nível de base de erosão existente antes do soerguimento, desencadeiam o processo de arenização, na medida em que os areais têm sua origem associada à formação de fluxos concentrados em canais (ravinas e voçorocas) (Figura 14).



A- Voçoroca na Bacia do Rio Miracatu - São Francisco de Assis. (Por Cláudia Beltrame Porto, 2002)



B- Ravinamento na Bacia do Rio Inhacundá - São Francisco de Assis - Cerro da Esquina. (Por Clódís de Oliveira Andrades Filho, 2007)



C-Processo de ravinamento na Bacia do Rio Caraguataí - São Francisco de Assis. Imagem Quickbird.

Figura 14 - Processo de ravinamento e voçorocamento nas áreas de estudo.

5. CONCLUSÕES

A imagem SRTM foi fundamental na elaboração neste trabalho. A técnica de sombreamento de imagens permitiu a definição das drenagens utilizando a melhor definição do relevo a partir de diferentes abordagens de processamento. O modelo digital de elevação (MDE) produto da imagem SRTM foi a base do estudo da neotectônica na área, permitindo a identificação de possíveis pontos de anomalias/deformações neotectônicas. O modelo apresenta-se como uma importante ferramenta, visto que dinamiza o processo de obtenção dos dados de extensão e declividade dos segmentos de drenagens estudados. Também se revela como uma importante ferramenta para estudos geomorfológicos, principalmente em análise em escala regional, devido a resolução espacial dessas imagens. A identificação de possíveis pontos de anomalias neotectônicas próximos às áreas de focos de arenização indica uma relação entre as anomalias e os areais. Portanto, há possibilidade de que soerguimentos e/ou rebaixamentos por falha, à exposição do arenito e a conseqüente busca do nível de base de erosão existente antes do soerguimento, desencadeiam o processo de arenização. As ravinas e voçorocas são os elementos genéticos da formação dos areais e a busca do nível de base ocorre justamente pela intensificação destes processos erosivos.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrades Filho, C. O. ; Suertegaray, D. M. A. ; Guasselli, L. A. 2006. Arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul: Investigação sobre a relação entre areais, drenagem e orientação do relevo.. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia Regional / Conference on Geomorphology, Goiânia - GO. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, IAG/UGB. 12 p.

Andrades Filho, C. O; Guasselli, L. A. ; Suertegaray, D. M. A. 2007. Investigação sobre a relação entre lineamentos estruturais e a ocorrência de areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Natal - RN. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. v. XII. p. 243-257.

Andrades Filho, C. O. 2007. Arenização e tectônica: Contribuição estrutural ao estudo da gênese dos areais no sudoeste do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 54 p

Etchebere, M. L. C. ; Saad, A. R. ; Santoni, G. C. ; Casado, F. C. ; Fulfaro, V. J. 2006. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em segmentos de drenagem. Geociências (São Paulo), v. 25, p. 271-289.

Farr, T. G. & Kobrick, M. 2000. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data, Amer. Geophys. Union Eos. v. 81, p. 583-585.

Frasca, A. A. S. 1996. Aplicações de Sensoriamento Remoto e análise de lineamentos em estudos tectônicos na região de São Francisco de Assis, Porção da Borda Meridional da Bacia do Paraná, RS. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Porto Alegre, 105 p.

Golden Software. 1995. Surfer Version 6.01- Surface Mapping System. Golden: Golden Software, Inc.

Hack, J, T. 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index. Journal Research of the U. S. Geol. Survey, v. 1, n. 4, p. 421-429.

Ministério de Minas e Energia. MME-CPRM. 2008. Serviço Geológico do Brasil. Superintendência de Porto Alegre. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala de 1:750000. Porto Alegre.

Research, Systems Inc. 2002. Environment for Visualizing Images – ENVI Version 3.6. Colorado: Boulder, 126p.

Spring. 1996. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling” Camara G, Souza R. C. M, Freitas U. M, Garrido J., Computers & Graphics, 20: (3) 395-406.

Suertegaray, D. M. A. 1987. Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, instituição de defesa de tese. A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quarai – RS. São Paulo: USP, 1987. 243F.IL.Mapas. Tese de doutorado: Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, BR-SP. Orientador: ABREU, Adilson Avansi de.

Suertegaray, D. M. A. 1998. Deserto Grande do Sul: Controvérsias. 2.ed. Porto Alegre/RS:Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 109 p.

Suertegaray, D., Guasselli, L. & Verdum, R. (org.). 2001. Atlas da Arenização: sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Governo do estado do Rio Grande do Sul. 1. V. Mapas, 84 p.

Suguio, K. 1999. Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?). São Paulo, SP: Paulo's Editora. 366 p.

Trainini, D. R. 2005. A influência da neotectônica no assoreamento de bacias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16. João Pessoa, 2005. Anais... João Pessoa: ABRH, CD-ROM.

Valeriano, M. 2004. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE-10550-RPQ/756). 72 p.