

Tratamento de imagem SRTM para análise da relação entre arenização, drenagem e orientação das vertentes.

Clódís de Oliveira Andrades Filho¹
Laurindo Antônio Guasselli¹
Dirce Maria Antunes Suertegaray²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/CEPSRM
Av. Bento Gonçalves, 9500-Campus do Vale
CEP: 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
clodisfilho@terra.com.br, laurindo.guasselli@ufrgs.br

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/Dept. Geografia
Av. Bento Gonçalves, 9500-Campus do Vale
CEP: 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
suerte.ez@terra.com.br

Abstract. This work was developed using the concept of arenização of Suertegaray (1987) and has as objective to investigate a possible correlation the occurrence enters of sands, the draining and the orientation of the sources. One is overcome as study area a sector of the Southwestern region of the Rio Grande do Sul with occurrence of you sand. The employed methodology used the following elements: a digital classification not-supervised (through fatiamento), method elaborated with use of the LEGAL programming language (Space Language for Algebraic Geoprocessamento) of the Spring, on the basis of 1989 the Landsat images; the confection of maps of orientation of the sources in Spring 4,3, through image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) between geographic coordinates s 30° and 31° and w 55° and 56°, with space resolution of 90 meters and 20 meters (through the method of interpolation of the krigagem).

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, SRTM, areais, processamento de imagens, SRTM, areais.

1. Introdução

Esse trabalho utiliza o conceito de arenização (Suertegaray, 1987). 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. Conseqüentemente 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. A região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, em particular o município de Alegrete, é identificada como área de atenção especial (Ministério do Meio Ambiente, 1997), isto é, apresenta forte processo de degradação ambiental derivado da ação do homem.

As feições estudadas formam-se sobre uma cobertura sedimentar datada do período Quaternário e tem localização predominante em cabeceiras de drenagem. (Suertegaray, 1998).

Este estudo tem como objetivos: a) a espacialização e quantificação dos areais levando em conta o recorte espacial de bacias e sub-bacias hidrográficas; b) a investigação de uma possível correlação entre a ocorrência de areais, drenagem e orientação das vertentes num setor da região Sudoeste do Rio Grande do Sul; c) avaliação dos resultados obtidos sobre imagem SRTM bruta e comparação com método de interpolação (krigagem) proposto por Valeriano (2002).

2. Área de estudo

A região de ocorrência do processo de arenização está localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul (**Figura 1**), 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, Manuel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco da Assis e Unistalda. Este processo ocupa larga faixa da região, sendo que a degradação do solo nesta área apresenta-se sob a forma de areais (Suertegaray, 2001).



Figura 1. Área de estudo.

A área de ocorrência dos areais tem como substrato o arenito da Formação Botucatu; nesta formação Mesozóica assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição fluvial e eólica durante o Pleistoceno e o Holoceno, os quais, sob remoção atual, originam os areais. A análise da formação dos areais, interpretada por estudos geomorfológicos, associada à dinâmica hídrica e eólica, indica que os areais resultam, inicialmente, de processos hídricos. Estes, relacionados com topografia favorável, permitem, numa primeira fase, a formação de ravinas e voçorocas. Na continuidade do processo, desenvolvem-se por erosão lateral e regressiva, conseqüentemente alargando as suas bordas. Por outro lado, à jusante destas ravinas e voçorocas, em decorrência dos processos de transporte de sedimentos pela água durante episódios de chuvas torrenciais, formam-se depósitos arenosos em forma de leque. Com o tempo, esses leques agrupam-se e, em conjunto, originam um areal. O vento que atua sobre essas areias em todas as direções permite a ampliação desse processo.

Os areais ocorrem sobre unidades litológicas frágeis (depósitos arenosos) em áreas com baixas altitudes e declividades. São comuns nas médias colinas ou nas rampas em contato com escarpas de morros testemunhos. Sobre outro aspecto, a formação de ravinas e de voçorocas, processos associados à origem dos areais, podem também ser resultado do pisoteio do gado e do uso da maquinaria pesada na atividade agrícola, originando sulcos e desencadeando condições de escoamento concentrado.

3. Metodologia

Para geração da base digital das bacias hidrográficas na região sudoeste do Rio Grande do Sul, foram utilizadas as seguintes bases do DSG (Diretoria do Serviço Geográfico) na escala de 1:250.000, de Santiago, São Gabriel, Alegrete, Santana do Livramento, Santo

Ângelo, São Borja. Para a elaboração do mapeamento dos areais foram utilizadas imagens Landsat TM 5, órbitas-ponto 224/080 e 224/081, na banda 5 (infravermelho médio), na data de 05/11/1989. O software de SIG utilizado foi o Spring 4.2 do INPE.

A metodologia empregada para o mapeamento dos areais foi uma classificação digital não-supervisionada (através de fatiamento). Devido à análise prévia realizada sobre o padrão do comportamento espectral dos areais, a partir dos contadores digitais da imagem na banda 5 do Landsat TM, adotou-se o intervalo de valores de nível de cinza de 190 a 255 para o fatiamento e definição da classe areal. A banda 5 foi utilizada pois oferece uma maior diferenciação quanto ao tipo de solo e as condições de umidade deste.

Este método foi elaborado com uso da linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do Spring, nas imagens de 1989. Após o fatiamento das imagens, foi executada uma análise visual, onde foram eliminadas as áreas que tem comportamento espectral semelhante, mas não são consideradas áreas de arenização, do ponto de vista de sua gênese, como por exemplo, as áreas das barras arenosas ao longo dos cursos d'água e as áreas de solo exposto no preparo do solo para agricultura.

Após esta etapa, foi confeccionado um mapa de orientação das vertentes da área de estudo no Spring 4.3. Para tanto, utilizou-se uma imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) entre as coordenadas geográficas s 30° e 31° e w 55° e 56°, com resolução espacial de noventa metros adquirida através de Ftp da NASA (<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2>) (**Figura 2**). 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, compatível com o Spring 4.3.

A partir da imagem SRTM na resolução de 90 metros, foi executado um método de interpolação sobre imagem (Valeriano, 2002) para obter uma resolução 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 no mapa de orientação.

Com uso do aplicativo ENVI foi realizado:

- correção de falhas: carregada a imagem (*file/open image*), foi acionada a correção via menu *Topography/BadValues*, pela qual se estabeleceu desde -999999999.... até 0 como o intervalo de valores inválidos e a imagem corrigida armazenada na memória;

- exportação de arquivos ASCII: acionou-se a opção de menu *File/save file as/ ASCII*, definindo-se o formato em colunas x, y e z (botão *output style*, opção *XYZ format*). Ampliou-se o formato numérico das coordenadas (*XY field size*) de 10 para 20 caracteres, de modo que a largura da página não comportasse mais do que as desejáveis 3 colunas.

Com uso do aplicativo SURFER foi realizado:

- interpolação: os arquivos ASCII da totalidade de cotas foram interpolados por krigagem, de modo que a resolução espacial resultante fosse de 20 metros.

Com uso do aplicativo SPRING:

- Mapa de orientação das vertentes: Esse mapa de aspecto foi elaborado a partir da rotina de manipulação de MNT na ferramenta de declividade. Os dados de entrada estão no formato de grade de altimetria e como saída foi gerado um mapa de exposição com quatro classes: NE : 0° - 90°, SE: 90° - 180°, SW: 180° - 270°, NW: 270° - 360°. Para a compreensão do mapa de orientação em relação à insolação, foram utilizadas as cores vermelho (NE) e amarelo (NW) para indicar as vertentes com maior grau de insolação pela manhã e a tarde, e azul (SW) e verde (SE) para as vertentes com menor grau de insolação neste mesmo período.

- Cruzamento dos dados: Os mapas dos areais (1989) e de orientação das vertentes em formato matricial, foram divididos em duas regiões: a região ao norte do rio Ibicuí e a região ao sul do rio Ibicuí. Essa divisão teve como objetivo o cruzamento e a quantificação de dados, a fim de investigar uma possível correlação entre a ocorrência de areais, a orientação do relevo e da drenagem. Para tanto foi utilizado a Tabulação Cruzada do Spring 4.3

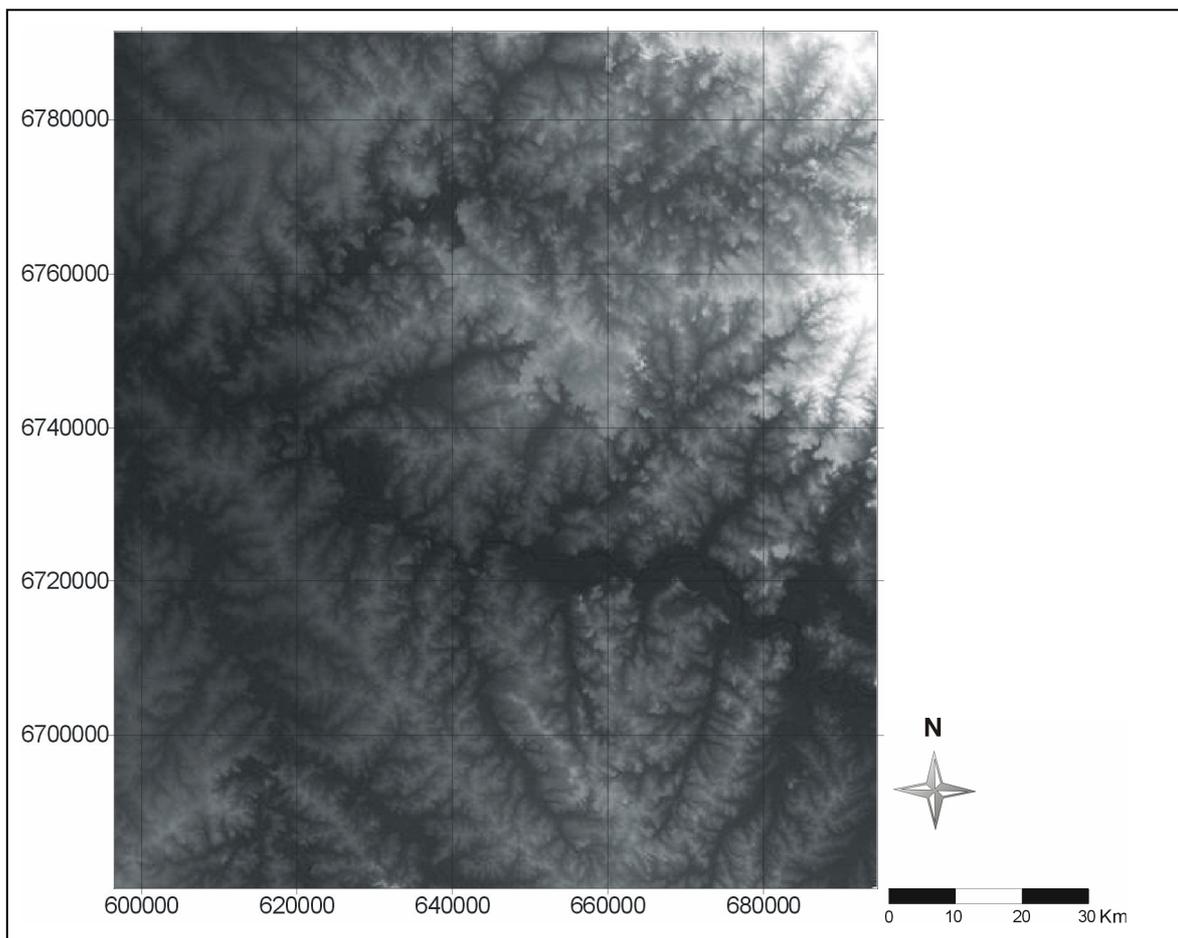


Figura 2. Imagem SRTM/NASA entre coordenadas geográficas s 30° e 31° e w 55° e 56°

4. Resultados e discussões

O mapa das áreas de ocorrência de arenização (**Figura 3**), foi construído com objetivo de espacialização e quantificação dos areais, e de analisar a relação desses com a disposição da drenagem e a orientação das vertentes. Observa-se na sobreposição das manchas arenosas com a imagem Landsat, que a localização predominante dessas manchas se dá junto as cabeceiras das drenagens de menor porte que escoam em direção ao Rio Ibicuí. Esta localização evidencia uma estreita relação com a gênese desse processo.

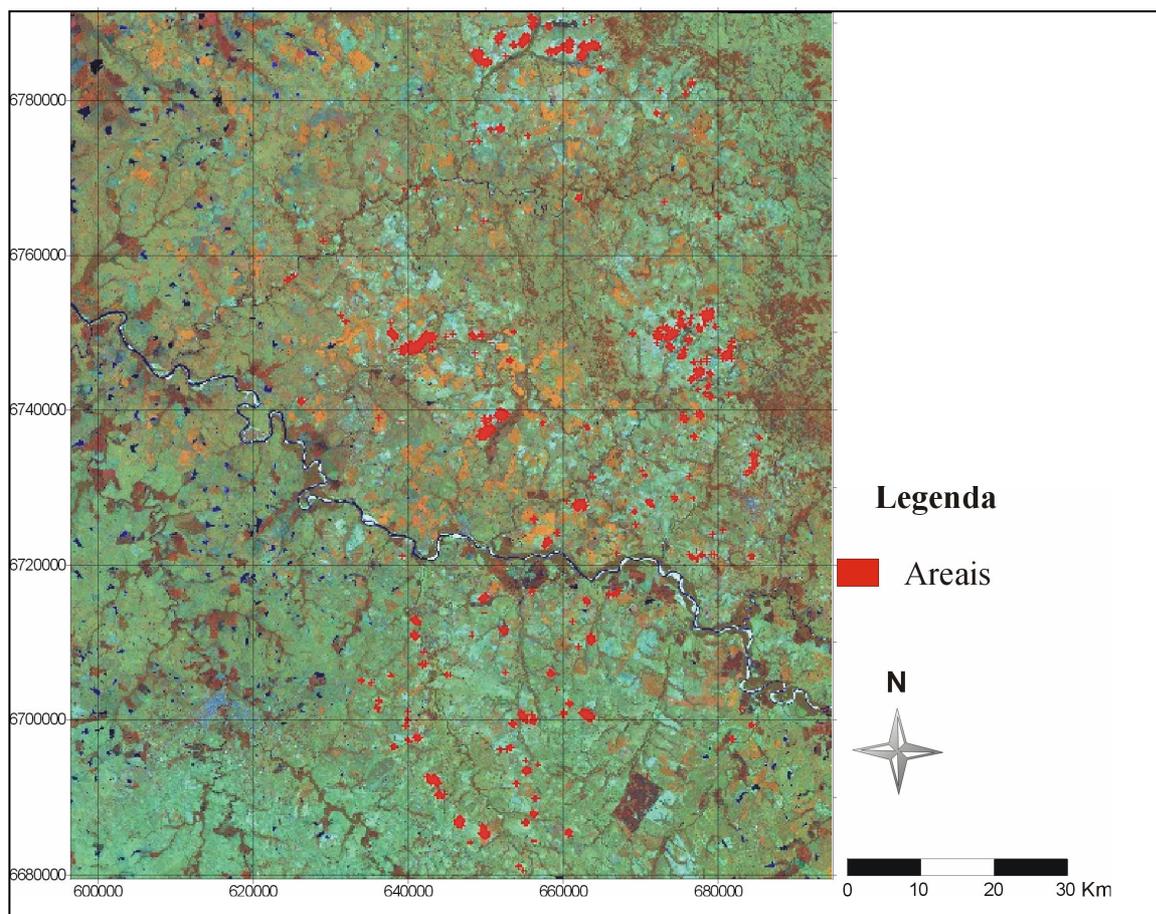


Figura 3 – Mapeamento dos areais sobre a imagem Landsat TM na composição falsa cor 4R 5G 3B.

As **Tabelas 1 e 2** apresentam os dados de quantificação das áreas de areais (1989), na área ao Norte do Rio Ibicuí e na área ao Sul do Ibicuí, e o resultado dos cruzamentos entre areais e classes de orientação obtidos com uso da imagem SRTM bruta, com resolução de 90 metros.

Tabela 1. Cruzamento entre areais e classes de orientação das vertentes na área ao sul do Rio Ibicuí.

| Sub-Bacia Hidrográfica | Área das Sub-bacias (ha) | Área ocupada por areais (ha) | Proporção de areais em relação a orientação das vertentes (1989). | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | | 1989 | NW | NE | SW | SE |
| Ar. Mato Alto | 12897,83 | 10,98 | 0.00% | 91.67% | 8.33% | 0% |
| Ar. Lageado G. | 47929,15 | 398,92 | 23.54% | 27.87% | 24.84% | 23.75% |
| Ar. São João | 24440,29 | 241,12 | 21.15% | 15.05% | 37.28% | 26.52% |
| Sanga da Divisa | 18396,58 | 90,36 | 45.00% | 31.43% | 15.24% | 8.57% |
| Ar. Jacaquá | 33806,97 | 92,42 | 14.6%8 | 60.55% | 4.59% | 20.18% |
| Ar. Itapeví | 46251,32 | 21,76 | 10.00% | 20.00% | 40.00% | 30.00% |
| Ar. Saicã | 94597,52 | 13,22 | - | - | - | - |
| Arroio Sem N. | 5630,55 | 5,04 | 0.00% | 33.33% | 0.00% | 66.67% |
| TOTAL | 283950,21 | 873,82 | 24.00% | 29.00% | 25.00% | 23.00% |

Nessa porção ao sul do rio Ibicuí, a direção de escoamento da drenagem se dá para o norte, onde encontra-se a calha do rio principal. Esta orientação (norte) coincide, conforme **Tabela 1**, com a maior ocorrência de areais.

Tabela 2. Cruzamento entre areais e orientação das vertentes na área ao norte do Rio Ibicuí

| Sub-Bacia Hidrográfica | Área das Sub-bacias (ha) | Área ocupada por areais (ha) | Proporção de areais em relação a orientação das vertentes (1989). | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | | | 1989 | NW | NE | SW |
| Rio Itu | 270204,30 | 520,28 | 8.00% | 14.00% | 36.00% | 42.00% |
| Ar. Piraju | 36968,87 | 406,44 | 5.42% | 12.36% | 26.25% | 55.97% |
| Ar. Inhacundá | 36729,55 | 133,92 | 21.08% | 34.34% | 27.11% | 17.47% |
| Rio Jaguari | 395046,48 | 10,71 | 20.00% | 20.00% | 20.00% | 40.00% |
| Sanga Araçá | 9159,21 | 25,20 | 10.00% | 3.33% | 56.67% | 30.00% |
| Ar. Miracatu | 59326,39 | 557,63 | 19.38% | 19.68% | 29.69% | 31.25% |
| Ar. Caraguataí | 25622,18 | 165,63 | 2.62% | 14.66% | 13.61% | 69.11% |
| Ar. Sem Nome | 2681,79 | 0,72 | 0.00% | 100% | 0.00% | 0.00% |
| Ar. Do Salso | 8052,03 | 0,72 | 100% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| TOTAL | 843790,8 | 1821,25 | 11.00% | 17.00% | 29.42% | 42.00% |

Na porção ao norte do Ibicuí, a direção de escoamento da drenagem se dá para o sul, onde encontra-se a calha do Rio Ibicuí. Esta orientação (sul) coincide, conforme **Tabela 2**, com a maior ocorrência de areais.

As **Tabelas 3 e 4** apresentam os resultados do cruzamento entre areais e orientação das vertentes. Porém, nesse cruzamento foi utilizada a imagem SRTM interpolada através do método de krigagem, onde se obteve a resolução da imagem de 20 metros.

Tabela 3. Cruzamento entre areais e orientação das vertentes na área ao sul do Rio Ibicuí

| Sub-Bacia Hidrográfica | Área das Sub-bacias (ha) | Área ocupada por areais (ha) | Proporção de areais em relação a orientação das vertentes (1989). | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | | | 1989 | NW | NE | SW |
| Ar. Mato Alto | 12897,83 | 10,98 | 3.61% | 80.87% | 6.14% | 9.39% |
| Ar. Lageado G. | 47929,15 | 398,92 | 21.68% | 28.45% | 27.58% | 22.29% |
| Ar. São João | 24440,29 | 241,12 | 23.71% | 20.94% | 30.50% | 24.84% |
| Sanga da Divisa | 18396,58 | 90,36 | 41.47% | 29.48% | 16.11% | 12.93% |
| Ar. Jacaquá | 33806,97 | 92,42 | 20.48% | 61.29% | 4.82% | 13.41% |
| Ar. Itapeví | 46251,32 | 21,76 | 8.67% | 18.67% | 44.67% | 28.00% |
| Ar. Saicã | 94597,52 | 13,22 | - | - | - | - |
| Arroio Sem N. | 5630,55 | 5,04 | 10.32% | 10.32% | 10.32% | 69.05% |
| TOTAL | 283950,21 | 873,82 | 23.85% | 30.51% | 24.45% | 21.20% |

Tabela 4. Cruzamento entre areais e orientação das vertentes na área ao norte do Rio Ibicuí.

| Sub-Bacia Hidrográfica | Área das Sub-bacias (ha) | Área ocupada por areais (ha) | Proporção de areais em relação a orientação das vertentes (1989). | | | |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | | 1989 | NW | NE | SW | SE |
| Rio Itu | 270204,30 | 520,28 | 9.40% | 16.39% | 34.30% | 39.91% |
| Ar. Piraju | 36968,87 | 406,44 | 7.03% | 10.45% | 28.32% | 54.20% |
| Ar. Inhacundá | 36729,55 | 133,92 | 22.87% | 32.25% | 28.11% | 16.77% |
| Rio Jaguari | 395046,48 | 10,71 | 14.98% | 19.03% | 25.51% | 40.49% |
| Sanga Araçá | 9159,21 | 25,20 | 26.28% | 13.14% | 36.22% | 24.36% |
| Ar. Miracatu | 59326,39 | 557,63 | 20.77% | 21.93% | 26.83% | 30.47% |
| Ar. Caraguataí | 25622,18 | 165,63 | 4.21% | 20.23% | 13.98% | 61.58% |
| Ar. Sem Nome | 2681,79 | 0,72 | 0.00% | 0.00% | 88.24% | 11.76% |
| Ar. Do Salso | 8052,03 | 0,72 | 100.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| TOTAL | 843790,8 | 1821,25 | 13% | 18% | 28% | 40% |

Ao compararmos os resultados apresentados nas **Tabelas 3 e 4** obtidos com a imagem SRTM de 20 metros com os dados das **Tabelas 1 e 2** obtido com a imagem SRTM de 90 metros, não foi observada nenhuma mudança significativa em relação ao percentual de ocorrência de areais e as orientações de vertente. Essas mudanças não foram representativas tanto para área ao norte e a área ao sul do Ibicuí.

Apesar de uma melhor definição das vertentes na imagem SRTM de 20 metros (**Figura 4**), e por tanto na sua imagem de orientação de vertentes, o que se observou é que principalmente nas áreas onde ocorriam pequenas manchas arenosas em áreas mais planas, a melhor definição da imagem fez com que fossem alteradas as classes de orientação na área (**Figura 5**). Ao contrário, as maiores manchas arenosas associadas a uma estrutura de relevo tabuliforme predominaram na mesma faixa de orientação já definida anteriormente com a imagem SRTM de 90 metros. Uma outra alteração observada agora em maior detalhe é que o próprio formato da estrutura do areal, se côncavo ou convexo, modificou a sua relação com as orientações. Entretanto, no computo geral não houve mudanças nos percentuais dessa relação.

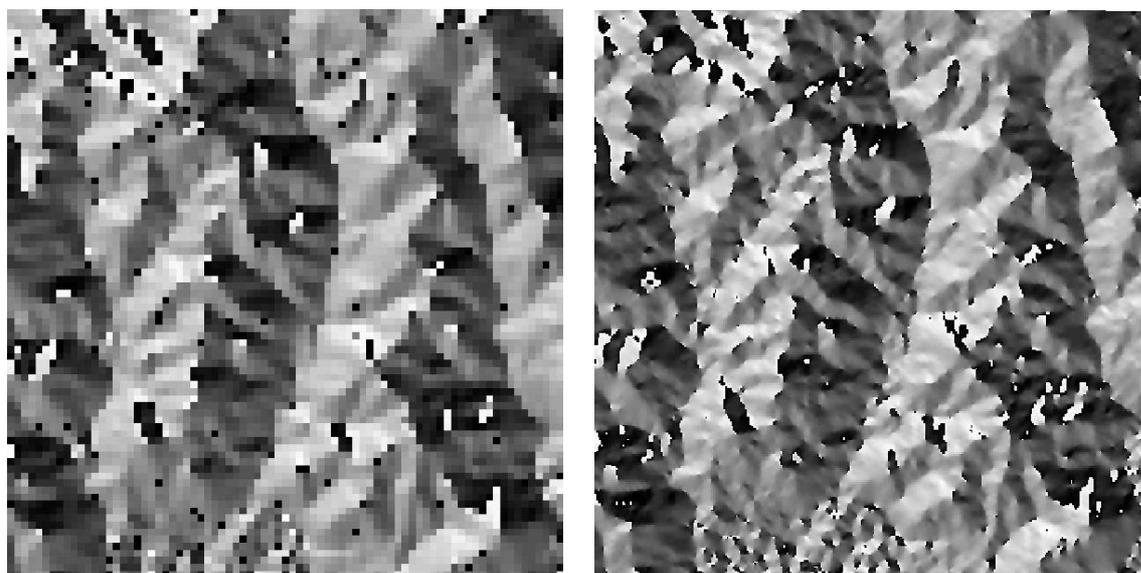


Figura 4. Imagens SRTM bruta e interpolada, com 90 e 20 metros respectivamente.

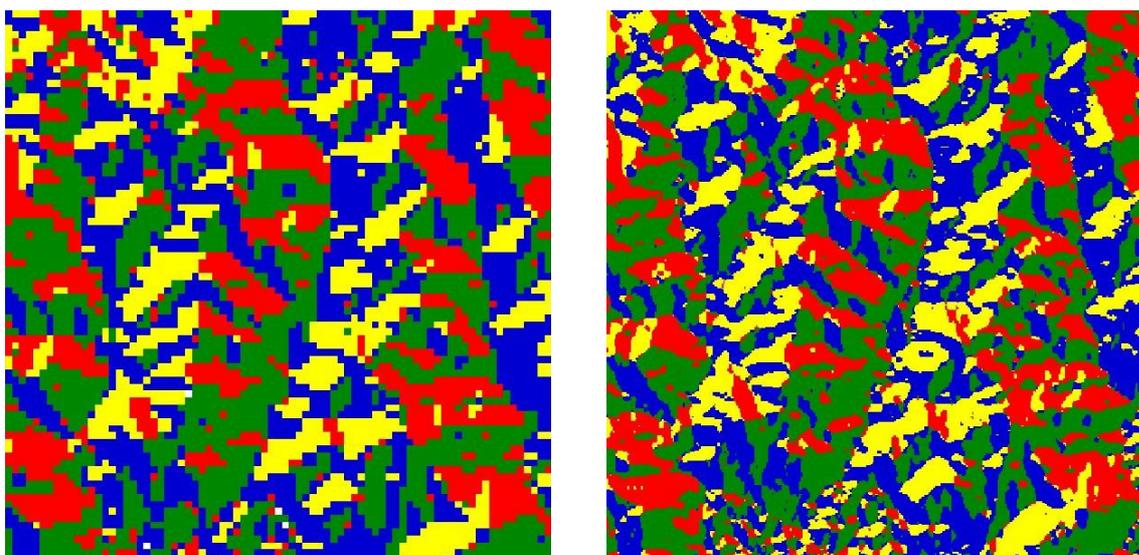


Figura 5. Imagens de classes de orientação sobre imagem SRTM bruta e interpolada, com 90 e 20 metros respectivamente.

5. Conclusões

A utilização do modelo gerado a partir dos dados SRTM foi bastante satisfatória para a geração de dados de orientação nessa escala de análise, permitindo uma boa integração com os dados produzidos por imagens Landsat TM. A partir do processo de krigagem foi bastante significativa a melhora na definição da orientação do relevo onde se pode observar melhora na variação das mudanças estruturais. Entretanto, mesmo com a melhor definição e delimitação das classes de orientação do relevo, não houve mudanças significativas na sua relação já estabelecida com a ocorrência de areais. Os resultados apresentados através dos cruzamentos mostraram representativa correlação entre areais, orientações das vertentes e a direção das drenagens. Há, entretanto, necessidade da continuidade da pesquisa, com vistas a explicação da relação forma dos areais e orientação.

6. Referências

- Suertegaray, D.M.A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsias**. 2.ed. PORTO ALEGRE/RS:UFRGS, 1998. 109p.
- Suertegaray, D.M.A. **Atlas da Arenização Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul e Secretaria da Ciência e Tecnologia Governo do Estado do RS, 1.ed. Porto Alegre, 84p.
- Uagoda, R.E.S. Degraus de abatimento: estudo comparativo em cabeceiras de drenagem: bacia hidrográfica do Arroio Puitã e bacia hidrográfica das nascentes do Rio das Antas/RS. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004. 93p.
- Verdum, R. *Approche géographique des déserts dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana – État do Rio Grande do Sul – Brésil*. 1997. Tese de Doutorado. Université de Toulouse II - Le Mirail. U.T.H. França. 1997. 211p.
- Valeriano, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756).
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) 2003. Disponível em: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2>. Acesso em 15/05/2006.