

# Definição de padrões de formas das vertentes relacionadas com a ocorrência de areais, através de dados geomorfométricos, em sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí - RS

Laurindo Antonio Guasselli<sup>1,2</sup>  
Henrique Evers<sup>2</sup>  
Mateus Gleiser Oliveira<sup>2</sup>  
Dirce Maria Antunes Suertegaray<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/Dept. Geografia  
Av. Bento Gonçalves, 9500-Campus do Vale  
CEP: 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil  
{henrique.evers, mtgleiser}@gmail.com  
suerte.ez@terra.com.br

**Abstract.** The present paper is linked to the project Arenização e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí – Rio Grande do Sul – Brasil/CNPq. It aims to set patterns for slope form with areais occurrence through geomorphometric data originated by SRTM images. This study comprises three sub-basins of Ibicuí's River hydrographic basin: sub-basin of Miracatu River, sub-basin of Inhacundá River and sub-basin of Sanga do Araçá. It was used the raster file with data from the forma do terreno and mapping occurrences of areais in the Southwest of Rio Grande do Sul. The methodology was the crossing analysis of the areas where areais occur and geomorphometric data from forma do terreno, realized with ArcGIS 9.2 software along with fieldwork. The results obtained by the crossing analysis correspond to the quantification of the forma do terreno, pointing different patterns for slopes inside the sandization process of witness mounds and hills. The results showed that are four patterns of slope forms with areais occurrence: plan-rectilinear form and/or divergent-rectilinear for formed areais on hillside of a witness mounds from the mid slope; convergent-rectilinear form for areais formed on the hill in the downstream of the sandization; convergent-concave form and/or convergent-rectilinear for areais formed on hills located on the mid slope; divergent-convex form for areais formed on hills on the top of the slope.

**Palavras-chave:** sandization, southwest of Rio Grande do Sul, suscept areas, arenização, sudoeste do Rio Grande do Sul, áreas suscetíveis.

## 1. Introdução

Esta pesquisa insere-se no projeto Arenização e Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí - Rio Grande do Sul - Brasil/CNPq. Vincula-se a estudos anteriores de Suertegaray (1987/1998), sobre a gênese e a dinâmica da arenização onde foram estabelecidos padrões de ocorrência de manchas arenosas em formas de relevo do tipo colinas e morros testemunhos. Na continuidade, Andrades Filho et al. (2007) estabeleceram padrões em relação à declividade e à orientação das vertentes. A compreensão dessa dinâmica e de seus padrões permitiu um aprofundamento no entendimento da gênese dos areais.

A Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí têm 3.504.112,83 ha, onde predominam as paisagens do Pampa, nesta identifica-se 2.985,98 ha de areais. Para o mapeamento das áreas de suscetibilidade à arenização, nessa bacia hidrográfica, Oliveira et al. (2008) consideraram três parâmetros em conjunto: a) áreas de reduzida biomassa; b) ocorrência de areais; c) características do substrato arenoso (Formação Botucatu e Guará). Nesse mapeamento foi

quantificado 738.819,06 ha de áreas de suscetibilidade. Busca-se então aprofundar esses estudos relativos à dinâmica dos processos de arenização e gerar subsídios para um aprimoramento do mapeamento de áreas de suscetibilidade à ocorrência de areais.

A disponibilização de dados geomorfológicos derivados de imagens SRTM pelo INPE, viabiliza uma série de novas abordagens para a compreensão das formas do relevo, constituindo-se em uma nova ferramenta para identificação de possíveis padrões relacionados aos areais. Utilizando-se desta ferramenta, este estudo tem como objetivo definir padrões de formas das vertentes relacionadas com a ocorrência de areais em três sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.

## 2. Área de estudo

Considerando o fato de que a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí apresenta-se como a bacia de maior número de manchas arenosas no sudoeste do Rio Grande do Sul, o trabalho volta-se para esta região. Para essa análise optou-se pela seleção de três sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí: Sub-bacia do Rio Miracatu, Sub-bacia do Rio Inhacundá e Sub-bacia da Sanga do Araçá, Figura 1. Esse recorte se justifica, inicialmente, para realizar a pesquisa em uma escala que possibilite uma análise mais detalhada dos processos, evitando a geração de dados muito generalizados que possam causar erros na interpretação dos padrões de formas relacionados às manchas arenosas. A área escolhida apresenta processos de formação de areais tanto em encostas de morros testemunhos quanto em áreas de colinas, o que torna possível identificar diferentes padrões para os diferentes tipos de gênese dos areais já estudados.

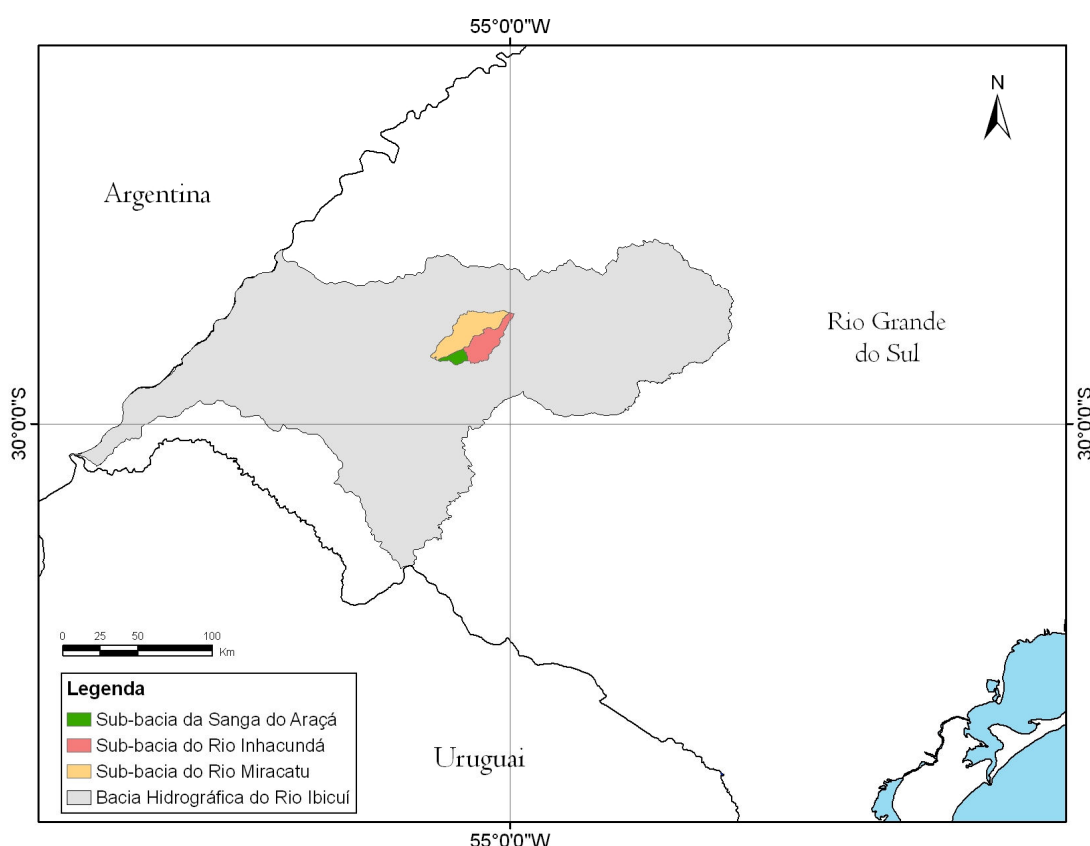


Figura 1. Localização das sub-bacias: Inhacundá, Miracatu e Araçá.

A área de ocorrência dos areais tem como substrato o arenito da Formação Botucatu e Guará; sobre este substrato 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, Suertegaray (1998) e Suertegaray, Guasselli e Verdum (2001).

### 3. Materiais e Métodos

Foram utilizados os dados geomorfométricos derivados de processamentos efetuados em imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do Projeto Topodata - INPE, Valeriano et al. (2008), disponíveis gratuitamente (<http://www.dpi.inpe.br/topodata>), em diferentes planos de informação. Dentro do propósito deste trabalho utilizou-se o plano de informação *forma do terreno*, ou FT, que representa as curvaturas horizontal e vertical do terreno associadas, resultando em uma imagem contendo nove classes (Figura 2). Adota-se, neste estudo, uma ordenação numérica de 1 a 9 para as classes de forma do terreno da esquerda para a direita conforme a figura apresentada.

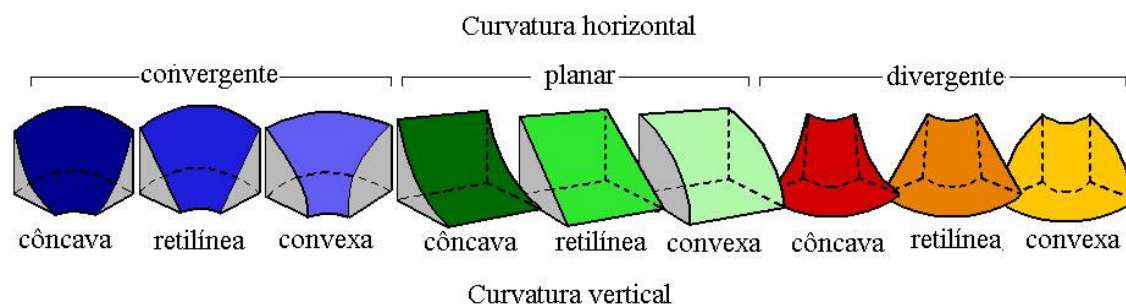


Figura 2. Classes de Forma do Terreno (Fonte: Valeriano, 2008).

Além dos dados geomorfométricos foi utilizada neste trabalho uma base de dados construída ao longo da pesquisa sobre os processos de arenização contendo as áreas de ocorrência de areais e a delimitação das sub-bacias estudadas. O mapeamento das áreas de ocorrência de areais na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, para fins desta análise, foi elaborado com base em imagens Landsat TM5, banda 5, dos anos de 2004/2005. O processo de mapeamento foi efetuado com base na classificação digital pelo método de fatiamento. Após a classificação foi definida uma máscara para eliminar as áreas que, mesmo tendo o mesmo comportamento espectral não correspondem aos areais em análise. Tratam-se essas de áreas de depósitos arenosos no interior de calhas fluviais, particularmente, no Rio Ibicuí cuja gênese está associada a processos de deposição fluvial, portanto, não configurando areais

como os aqui analisados já que estes têm localização nas vertentes e processos diferentes daqueles.

Inicialmente foi necessário o georreferenciamento do arquivo raster contendo as informações sobre a forma do terreno, pois este apresentava deslocamento para nordeste. O georreferenciamento ocorreu através do Software ArcGIS 9.2 com base nas coordenadas dos vértices da imagem, que correspondem aos vértices da carta Santiago de escala 1:250000 da DSG.

O método utilizado para a produção dos dados consistiu no cruzamento das áreas de ocorrência de areais com os dados geomorfométricos FT, realizado através do Software ArcGIS 9.2. Este cruzamento permitiu identificar as formas do terreno apenas onde estão localizados os depósitos arenosos na área de estudo.

Posteriormente, foi realizado trabalho de campo com objetivo de entender o que os dados de FT representam na paisagem, para obter uma interpretação sobre a gênese de alguns areais e a definição de padrões de forma das vertentes.

#### 4. Resultados e Discussões

O trabalho de campo realizado atentou para a importância fundamental de analisarmos a vertente onde ocorre a formação dos areais e não apenas os depósitos arenosos mapeados. Portanto, dentro do objetivo estipulado, foi necessária a visualização da forma das vertentes onde ocorrem os processos de ravinamento junto aos areais.

As análises realizadas em campo possibilitaram algumas relações quanto à forma do depósito arenoso. Em alguns areais, formados na encosta de morros testemunhos, identificou-se que a FT apresentada na imagem correspondia a classe côncava (planar ou divergente), porém, identificou-se que esta forma foi moldada pela erosão do material arenoso que ocasionou a mudança setorial na forma da vertente, originalmente retilínea, como mostra a Figura 3. Este fato evidencia a necessidade de relevarem-se os dados de concavidade da forma do terreno para os areais em encostas de morros testemunhos, o que leva a conclusão, juntamente com a baixíssima porcentagem de formas convexas, de que os areais em encostas de morros testemunhos estão associados a vertentes em formas retilíneas, tanto divergente quanto planares.

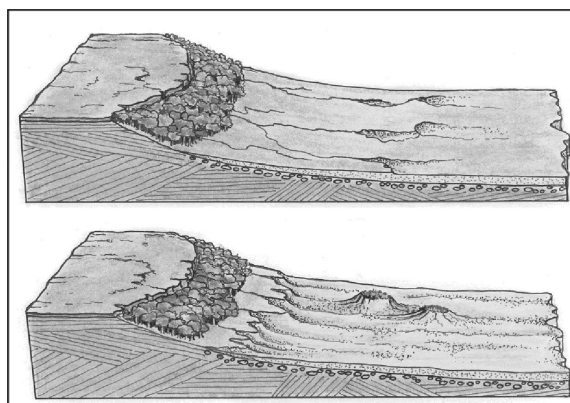


Figura 3. Areal formado em encosta de morro testemunho, gerando concavidade da vertente.

A Figura 4 apresenta a imagem contendo a forma do terreno para as três sub-bacias: Sanga do Araçá, Inhacundá e Miracatu.

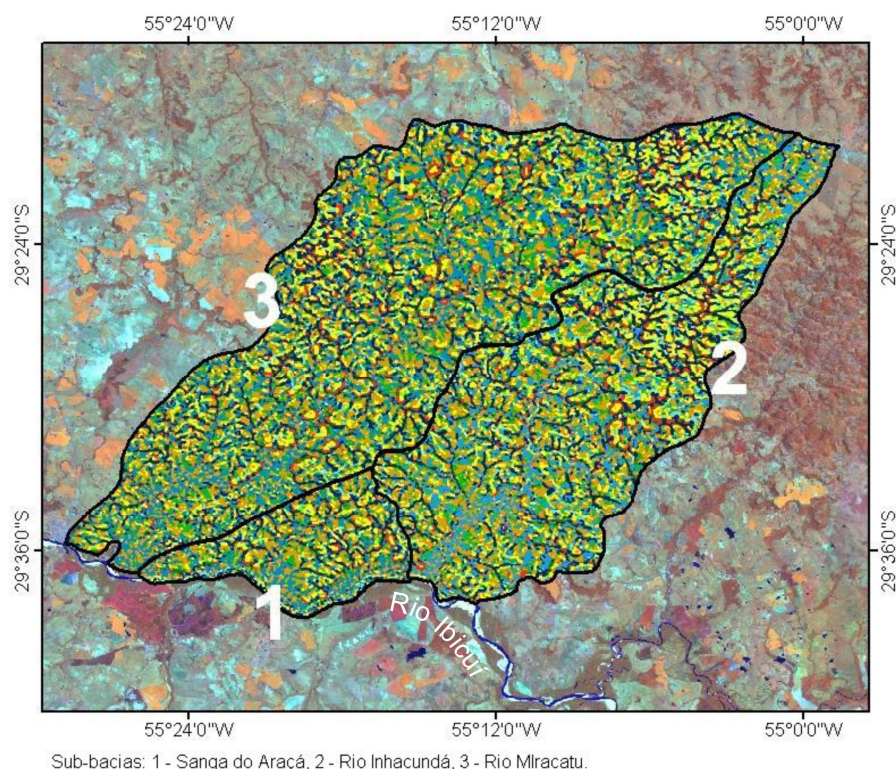


Figura 4. FT das sub-bacias do Rio Ibicuí

Os resultados obtidos através do cruzamento das manchas arenosas com a forma do terreno permitem a análise de dados quantitativos. Esses dados dizem respeito à área dos polígonos de cada uma das nove classes de FT, existentes no interior das manchas arenosas, para cada uma das três sub-bacias. A Tabela 1 apresenta os dados referentes à sub-bacia do rio Inhacundá.

Tabela 1. Quantificação dos dados para a Sub-bacia do Rio Inhacundá

Inhacundá			
Classe	%	Área (ha)	FT
1	24,65%	26,14	convergente-côncava
2	14,90%	15,80	convergente-retilínea
3	1,74%	1,85	convergente-convexa
4	9,38%	9,94	planar-côncava
5	9,16%	9,72	planar-retilínea
6	2,13%	2,26	planar-convexa
7	16,67%	17,68	divergente-côncava
8	15,59%	16,53	divergente-retilínea
9	5,77%	6,12	divergente-convexa
	100,00%	106,02	

A sub-bacia do rio Inhacundá apresenta 24,65% das áreas cobertas por manchas arenosas na classe 1 (convergente-côncava). Enquanto a curvatura horizontal apresenta 41,29% na classe convergente, a curvatura vertical mostra que 50,70% da área se enquadra na classe côncava, 39,65% na classe retilínea e apenas 9,64% na classe convexa. Em relação a distribuição espacial dos areais na sub-bacia do Inhacundá observa-se uma maior concentração de área e quantidade de areais na porção sul da sub-bacia, próximo ao rio Ibicuí.

De forma geral a região se caracteriza pela presença de dois compartimentos geomorfológicos: a escarpa erosiva do Planalto Meridional com relevo acidentado e presença de relevo testemunho e a Depressão Central, mais a jusante da bacia, com formas mais suaves, em forma de colinas, nas proximidades da várzea rio Ibicuí.

Portanto, pode-se concluir que a presença de areais em forma convergente-côncava na sub-bacia do Inhacundá se deve à localização dos areais em regiões mais próximas ao rio Ibicuí, mais especificamente, em áreas de domínio das colinas em cabeceiras de drenagem. O alto percentual de curvatura vertical retilínea se atribui aos areais localizados na porção norte, nas áreas de predominância de morros testemunhos, com formação de areais em rampa.

O cruzamento das áreas de ocorrência de areais com a forma terreno está representado na Figura 5, sendo que a porção ao norte pertence à sub-bacia do rio Miracatu e a porção ao sul pertence à sub-bacia da Sanga do Araçá. Os dados gerados para essas sub-bacias são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

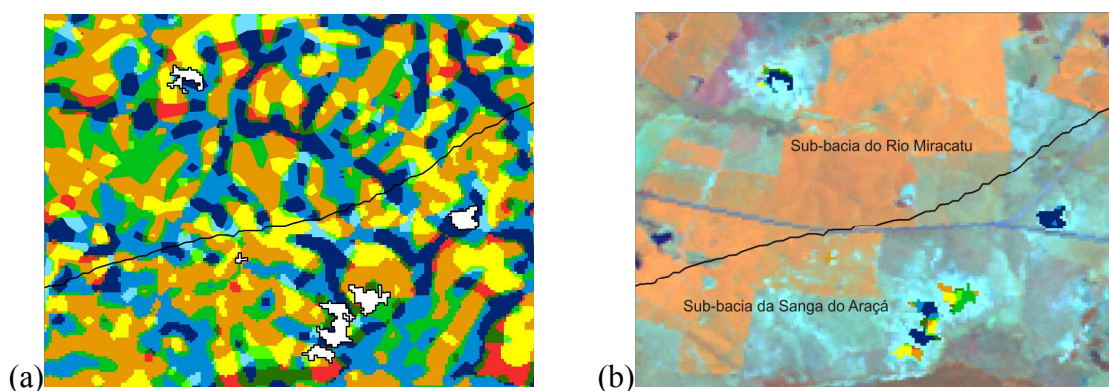


Figura 5. Superposição FT e areais (a) e cruzamento areais e FT (b).

Tabela 2. Quantificação dos dados para a Sub-bacia do Rio Miracatu

Miracatu			
Classe	%	Área (ha)	FT
1	15,96%	85,02	convergente-côncava
2	21,86%	116,45	convergente-retilínea
3	2,06%	11,00	convergente-convexa
4	5,82%	31,02	planar-côncava
5	13,53%	72,10	planar-retilínea
6	1,80%	9,57	planar-convexa
7	6,40%	34,10	divergente-côncava
8	22,08%	117,63	divergente-retilínea
9	10,48%	55,82	divergente-convexa
	100,00%	532,70	

Os resultados obtidos para a sub-bacia do rio Miracatu apresentam a seguinte relação: predominância nas classes de forma retilínea, podendo ser divergente, convergente ou planar. Em relação às outras duas sub-bacias, percebe-se um menor percentual da forma convergente-côncava, que explica-se pela distribuição espacial das manchas arenosas ser inversa à distribuição vista na sub-bacia do rio Inhacundá, ou seja, as manchas arenosas se concentram mais próximas a escarpa do Planalto Meridional, ocorrendo em encostas de morros testemunhos em setores da vertente em forma de rampas.

Tabela 3. Quantificação dos dados para a Sub-bacia da Sanga do Araçá

Araçá			
Classe	%	Área (ha)	FT
1	34,96%	13,15	convergente-côncava
2	9,15%	3,44	convergente-retilínea
3	1,79%	0,67	convergente-convexa
4	5,07%	1,91	planar-côncava
5	12,40%	4,66	planar-retilínea
6	3,78%	1,42	planar-convexa
7	5,04%	1,90	divergente-côncava
8	15,10%	5,68	divergente-retilínea
9	12,71%	4,78	divergente-convexa
	100,00%	37,61	

Já a sub-bacia da Sanga do Araçá, localiza-se entre as sub-bacias dos rios Miracatu e Inhacundá, não abrangendo a área de interface com a escarpa. As manchas arenosas, portanto, ocorrem em relevos de colinas, em cabeceiras de drenagens contribuintes do rio Ibicuí. Portanto a quantificação majoritária é de formas da classe convergente-côncava.

## 5. Conclusões

A quantificação dos percentuais de formas do terreno para as áreas de ocorrência de areais permitiu a visualização de uma possível tendência a alguns padrões de forma das vertentes. Porém, quando o areal é de grandes dimensões, desconfigurando a vertente original, se torna necessária a avaliação do entorno das manchas arenosas para encontrar-se uma interpretação da forma da vertente.

Esse estudo avançou sobre o entendimento anterior que identificava dois padrões de forma do relevo para a ocorrência de areais: colinas e encostas de morros testemunhos. O presente trabalho concluiu a existência de duas subdivisões dentro destes padrões. Os areais formados em encostas de morros testemunhos podem estar instalados sobre a média vertente onde se inicia o processo de ravinamento, ou então depositados a jusante das ravinas (ravinas mais alongadas), em forma de leque. Os areais originados em formas de relevo colinoso (coxilhas) podem localizar-se a partir da média vertente se expandindo pelo interior dos anfiteatros que constituem as cabeceiras de drenagem, ou então estendem-se recobrando o topo da vertente.

A avaliação dos dados quantitativos somada às interpretações visuais da imagem FT, juntamente com o trabalho de campo, permitiu a definição de quatro padrões de forma da vertente para ocorrência de areais nas três sub-bacias estudadas:

- Padrão de forma planar-retilínea e/ou divergente-retilínea para areais formados em encostas de morros testemunhos a partir da média vertente;
- Padrão de forma convergente-retilínea para areais formados em encostas de morros testemunhos a jusante do ravinamento;
- Padrão de forma convergente-côncava e/ou convergente-retilínea para areais formados em colinas instalados na média vertente;
- Padrão de forma divergente-convexa para areais formados em colinas instalados no topo da vertente.

Pretende-se, através de um mapeamento futuro desses padrões de forma para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí gerar subsídios para o aprimoramento do mapa de áreas suscetíveis aos processos de arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul.

## 6. Referências Bibliográficas

Andrades Filho, C. O., Suertegaray D. M. A., Guasselli, L. A. Arenização no Sudoeste do Rio grande do Sul: investigação sobre a relação entre areais, drenagem e orientação do relevo. **Anais...** VI Simpósio de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology. Goiânia setembro de 2006. 12p.

Oliveira, M.G.; Evers, H.; Suertegaray, D.M.A.; Guasselli, L.A.. Áreas suscetíveis a dinâmica da arenização: bacia hidrográfica do rio Ibicuí RS/Brasil. In: XVI Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo, 2008, Montevideo. **Anais...** Trabajos Completos, p. 2510 – 2517. CD-ROM.

Suertegaray, D.M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS.** Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987. 243 f. IL. Mapas.

Suertegaray, D.M.A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsias.** 2.ed. PORTO ALEGRE/RS:UFRGS, 1998. 109p.

Suertegaray, D.M.A., Guasselli, L. A., Verdum, R. **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.

Valeriano, M. M. TOPODATA – Banco de dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2008.