

## MORFOMETRIA E ARENIZAÇÃO: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SANGA DA AREIA, SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

**Sidnei Luís Bohn Gass**

Ex.: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, Brasil  
[sidneibohngass@gmail.com](mailto:sidneibohngass@gmail.com)

**Dieison Morozoli da Silva**

Ex.: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Pós-Graduação em Geografia,  
Uberlândia, MG, Brasil  
[dieison.ufp@gmail.com](mailto:dieison.ufp@gmail.com)

### RESUMO

Uma bacia hidrográfica envolve o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água. Aplicando a esta área os processos de análise morfométrica, torna-se possível subsidiar de forma eficaz seu planejamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre os dados morfométricos e os processos de arenização na bacia hidrográfica da Sanga da Areia. Foram utilizados dados SRTM e imagens de satélite RapidEye, ambos tratados em ambiente QGIS para a obtenção das informações referentes à área de estudo. Verificou-se que existe forte correlação entre os processos de arenização e as características morfométricas, em especial às formas do terreno retilínea-convergente e retilínea-divergente. Esta correlação permite que as atividades de planejamento sejam conduzidas na ótica das intervenções nos processos de uso e ocupação do solo para que os processos de arenização não avancem sobre a área de drenagem, considerando, inclusive, a integridade das Áreas de Preservação Permanente, enquanto elementos de manutenção das estruturas do relevo e da dinâmica da rede de drenagem.

**Palavras-chave:** Formas do terreno; Areais; Sudoeste do RS; QGIS.

### MORPHOMETRY AND SANDIZATION: SUBSIDIES TO THE PLANNING OF THE SANGA DA AREIA HYDROGRAPHIC BASIN, SOUTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

### ABSTRACT

An hydrographic basin involves the set of lands drained by a body of water. it becomes possible to effectively subsidize its planning. The objective of this paper was to evaluate the correlation between the morphometric data and the sandization processes in the Sanga da Areia hydrographic basin. Were used SRTM data and RapidEye satellite images, both treated in QGIS environment to obtain information about the study area. It was verified that there is a strong correlation between the sandization processes and the morphometric characteristics, in special to the rectilinear-convergent and rectilinear-divergent forms of terrain. This correlation allows planning activities to be conducted from the point of view of the intervention of land use and occupation processes so that the sandization processes do not advance over the drainage area, considering, inclusively, the Permanent Preservation Areas integrity, as maintenance elements of the relief structures and of the drainage network.

**Keywords:** Land forms; Areal; Southwest of RS; QGIS.

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, na perspectiva de um estudo hidrológico, envolve, de acordo com Pires et al. (2002), explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e do fluxo de sedimentos e nutrientes. Ainda, de acordo com os mesmos autores, do ponto de vista do planejador direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da bacia hidrográfica, bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. Por sua vez, para Rebouças et al. (2006); Bertoni e Lombardi Neto (2008), a bacia hidrográfica é considerada uma unidade espacial ideal para o planejamento e o gerenciamento integrado dos recursos naturais no meio ambiente por ela definida.

Considerando as definições apresentadas para a bacia hidrográfica, cabem algumas considerações sobre as práticas de planejamento. Para Silva e Santos (2011), o planejamento é uma atividade contínua e deve ter caráter integrador, tratando dos problemas humanos atuais e potenciais, com visão de conjunto. Os autores ressaltam ainda que o planejamento deve ter espírito intersetorial, incorporando critérios de racionalidade ao desenvolvimento, além de possuir um enfoque sistêmico, podendo ser considerado o veículo de integração e previsão ambiental. Por sua vez, Christofolletti (1999), entende que o conhecimento geográfico deva ser o suporte para o planejamento ambiental. De acordo com o autor,

“O planejamento ambiental envolve-se com os programas de utilização dos sistemas ambientais, como elemento condicionante de planos nas escalas espaciais do local, regional e nacional, uso do solo rural, execução de obras de engenharia e planejamento econômico. Em função de focalizar os ecossistemas e os geossistemas (sistema físico), os seus objetivos podem sublinhar perspectivas ecológicas e geográficas.” (CHRISTOFOLETTI, 1999, 15)

Contribuindo na discussão sobre o planejamento, Ross (2009), afirma que as informações e os métodos de análise fornecidos pela Geografia tem o papel de permitir a adoção das práticas de planejamento e gestão ambiental de base territorial com elevado grau de eficiência, o que se torna possível pela condução com qualidade técnica e bases conceituais sólidas. O autor menciona ainda que

“o processo de planejamento e gestão ambiental aplicável para o país, os estados, os municípios, as bacias hidrográficas, os assentamentos rurais, as grandes fazendas, as cidades, os distritos industriais ou as rede viária, deve apoiar-se no binômio base teórico-metodológica e nas tecnologias da informação.” (ROSS, 2009, 198)

Pelas definições apresentadas verifica-se a importância do planejamento como instrumento de análise e gestão para os conjuntos territoriais que possam vir a ser definidos, entre eles, as bacias hidrográficas. Contudo, cabe definir o arcabouço teórico-metodológico e as tecnologias da informação a serem utilizadas para que o planejamento possa ser efetivado.

Nesta perspectiva, as técnicas digitais para extração de informações do relevo em SIG (VALERIANO, 2008), tem ganhado espaço considerando a melhoria dos sistemas computacionais em uso bem como as fontes de dados remotos que vem sendo disponibilizados. Neste sentido, as análises morfométricas que, segundo Christofolletti (1999) correspondem a um conjunto de procedimentos que caracterizam aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais, servindo como indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e a interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais de uma bacia hidrográfica, apresentam uma significativa contribuição no processo de planejamento destas áreas, evidenciando situações e valores que extrapolam as questões hidrológicas e geomorfológicas, como demonstrado por Machado et al. (2011). Considerando sua aplicação nas bacias hidrográficas, a análise morfométrica tem permitido caracterizar tais territórios com o intuito de compreender sua dinâmica ambiental (FERRARI et al., 2013), sua caracterização da paisagem para fins de definição de Áreas de Preservação Permanente (GASS, 2015), a relação entre uso do solo e relevo (MENDES et al., 2015; ANDRADE FILHO et al., 2007), entre outros.

São de interesse ao presente estudo, os areais e os processos de arenização, em especial, na bacia hidrográfica da Sanga da Areia. Estes conceitos foram estruturados por Suertegaray (1987), a partir da análise do conceito de desertificação que vinha sendo utilizado para definir tais áreas no sudoeste do Rio Grande do Sul. Percebendo que, pelas características regionais, tais áreas não se enquadram nos processos de desertificação, a autora sistematizou os processos que ocorrem, através da construção do conceito de arenização, processo que passou a ser entendido como

“(…) o retrabalhamento de depósitos arenosos pouco ou nada consolidados e que promove, nessas áreas, uma dificuldade de fixação de vegetação devido à constante mobilidade dos sedimentos.” (SUERTEGARAY, 1987, 112)

Entende-se, portanto, que o processo de formação dos areais na região em questão, é a arenização. Suertegaray e Verdum (2008) ampliaram este conceito:

“O retrabalhamento desses depósitos, no caso de formações superficiais, provavelmente quaternárias, resultou de uma dinâmica morfogenética onde os processos hídricos superficiais, particularmente o escoamento concentrado do tipo ravina ou voçoroca, associados às chuvas torrenciais, expõe, transporta e deposita areia, dando origem à formação de areais que, em contato com o vento, tendem a uma constante remoção.” (SUERTEGARAY e VERDUM, 2008)

Como resultado destes processos, ocorre a perda de nutrientes e a mobilização de sedimentos que, por sua vez, dificultam a continuidade da pedogênese e a fixação da vegetação, resultando em areais, que são a forma mais evidente deste processo, como descrito por Suertegaray (2012). Assim, segundo a autora, é possível definir, o areal como uma área sem presença de cobertura vegetal, construída por depósitos arenosos recentes, portanto, inconsolidados, em constante remoção por processos hídricos e eólicos, como pode ser observado na figura 1. Cabe ainda destacar que, segundo Suertegaray (1987), estas áreas possuem alta fragilidade natural, decorrentes dos aspectos pedo-litológicos, como de um clima passado semiárido ou subúmido seco com cobertura vegetal do tipo estepe, que passou, posteriormente, para o clima úmido atual, como compilado por Binda e Verdum (2015).

**Figura 1.** Visão geral dos areais.



**Fonte:** Os autores (2011; 2013)

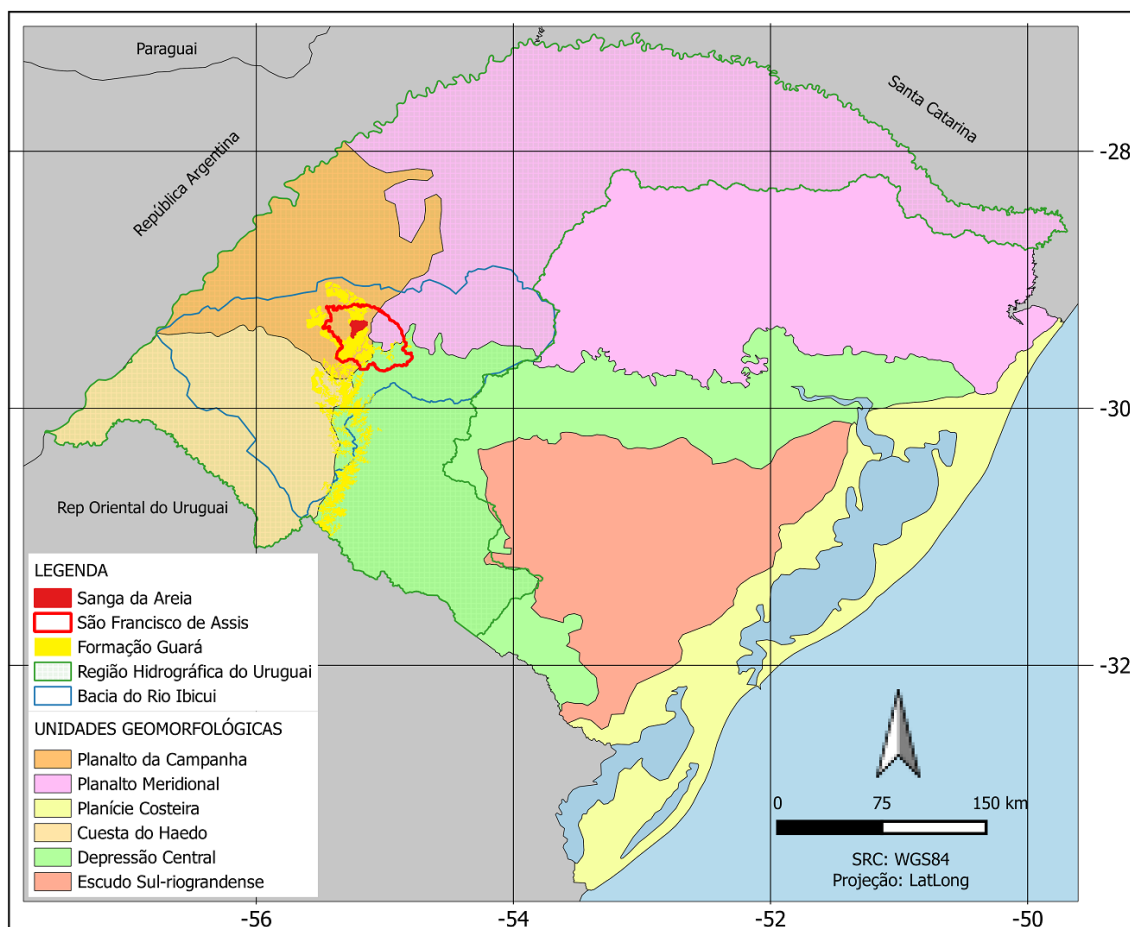
Considerando os elementos apresentados, pode-se afirmar que o planejamento de uma bacia hidrográfica pode ser subsidiado com a determinação de seus dados morfométricos e com a identificação e mapeamento de áreas com alta fragilidade natural, como é o caso dos areais. A associação de ambas informações permite uma melhor compreensão da dinâmica morfológica que ocorre, permitindo que sejam indicados procedimentos de conservação e preservação das áreas que apresentam um conjunto maior de condicionantes. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar a morfometria da bacia hidrográfica da Sanga da Areia, buscando vincular às manchas de arenização às características do relevo, com a finalidade de auxiliar no processo de planejamento da bacia.

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de São Francisco de Assis. A sanga da Areia está inserida na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, pertencente à região hidrográfica do rio Uruguai. Sob o aspecto geomorfológico regional, a área localiza-se no

Planalto da Campanha, apresentando características de transição para o Planalto Meridional, como pode ser observado na figura 2.

**Figura 2.** Mapa de localização da área de estudo.

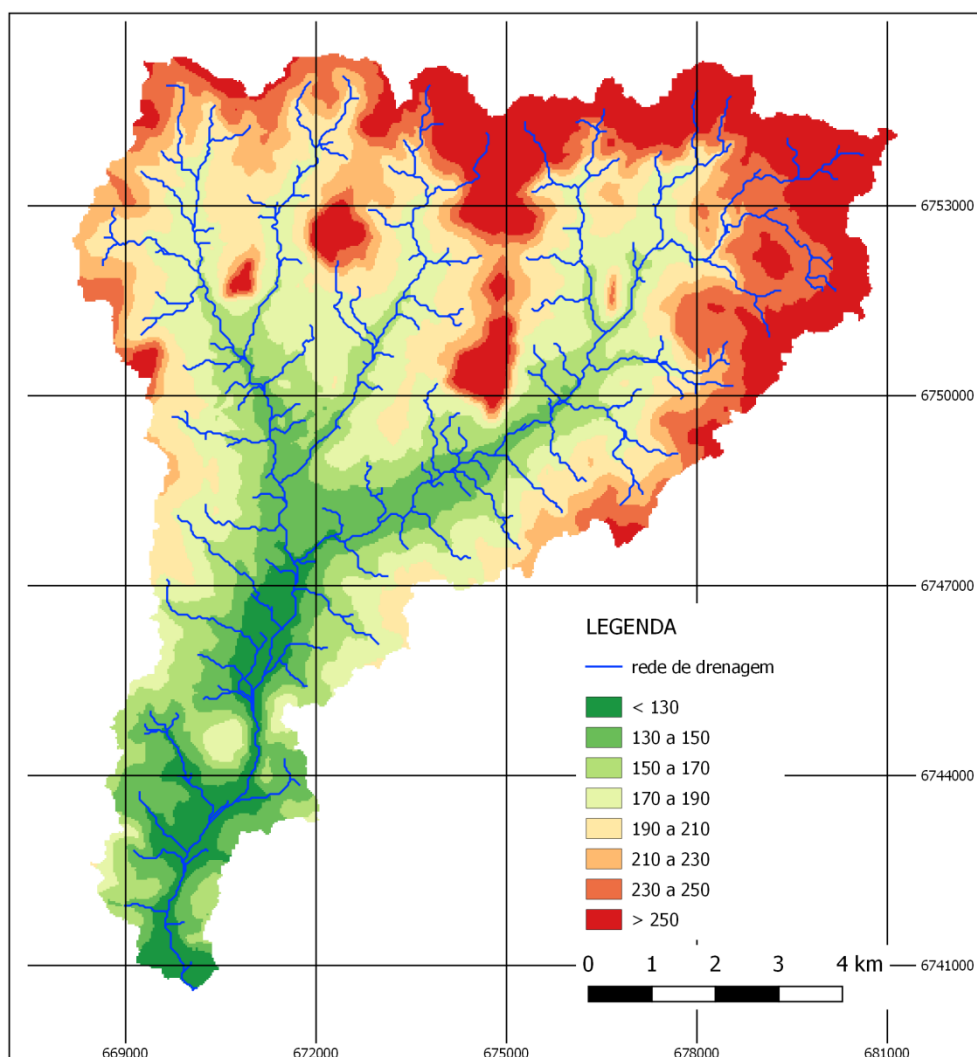


**Fonte:** elaborado pelos autores (2017), a partir da Malha Municipal Digital do IBGE; FEPAM (2007); Guasselli et al. (2006) e Wildner (2010).

O gradiente altimétrico da bacia em estudo varia de 121 metros a 287 metros, com uma amplitude de 166 metros. A figura 3 representa o mapa de classes altimétricas, a partir do qual é possível verificar que a bacia apresenta um conjunto variado de arranjos topográficos, os quais representam diferentes dinâmicas morfológicas, as quais serão analisadas posteriormente.

De acordo com Suertegaray (2012), os areais têm um padrão de localização característico, estando associados predominantemente a médias vertentes de colinas ou morros testemunhos, que são formas do relevo típicas da área. A ocorrência de processos de arenização no Rio Grande do Sul, estão associados, de acordo com Suertegaray (1987), a áreas que tem como substrato o arenito da Formação Botucatu. Contudo, estudos mais recentes, desmembraram da Formação Botucatu, a Formação Guará, sendo a principal diferença entre ambas, a origem dos sedimentos que, no caso da primeira são de depósitos eólicos e, no caso da segunda, de depósitos fluviais, eólicos e lacustres, conforme apresentado por Wildner et al. (2010). As áreas de ocorrência da Formação Guará também podem ser visualizadas na figura 2.

**Figura 3.** Mapa classes altimétricas da bacia hidrográfica da sanga da Areia.



**Fonte:** elaborado pelos autores (2017) a partir dos dados do projeto TopoData.

## MATERIAL E MÉTODOS

A análise morfométrica da bacia hidrográfica foi realizada no ambiente computacional QGIS 2.14.11, com o uso do pacote de algoritmos TauDEM (TARBOTON, 1997). Os dados utilizados foram os planos de informação matricial disponibilizados pelo projeto TopoData do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (VALERIANO, 2005), oriundos do processamento dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da *North American Space Agency* (NASA).

As características morfométricas podem ser divididas em três grupos, conforme Ferrari et al. (2013): quanto à geometria, quanto ao relevo e quanto a rede de drenagem. Para o presente estudo foram consideradas as seguintes características do grupo relevo: declividades, apresentadas em seis classes com limites superiores sugeridos pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) (SANTOS, 2013); orientação das vertentes, apresentada em oito classes representando as direções N, NE, E, SE, S, SW, W e NW; formas do relevo, subdivididas em nove classes considerando as curvaturas horizontal e vertical, conforme metodologia desenvolvida por Dikau (1990).

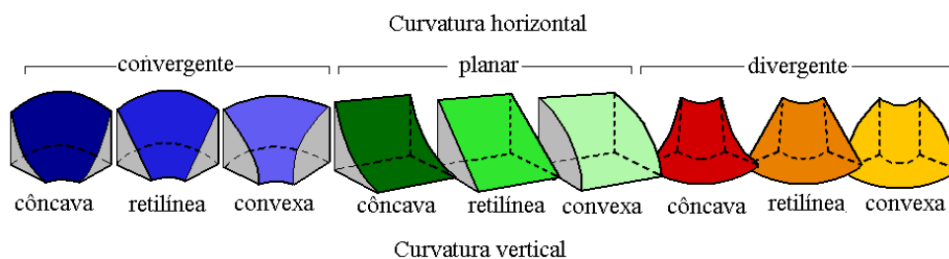
De acordo com Valeriano (2008), a curvatura vertical refere-se à forma convexo/côncavo do terreno, quando este é analisado em perfil e, a curvatura horizontal, refere-se ao caráter



convergente/divergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, quando analisado em projeção horizontal. As curvaturas horizontais e verticais combinadas representam uma caracterização das formas do terreno, como demonstrado pela figura 4,

“às quais se associam propriedades hidrológicas e de transporte de sólidos, diretamente, e pedológicas, ecológicas, além de uma série de outros aspectos, indiretamente. Os casos extremos de combinações de curvatura do terreno são representados pela forma côncavo-convergente (máxima concentração e acúmulo do escoamento) e pela forma convexa-divergente (máxima dispersão do escoamento). As combinações intermediárias têm características hidrológicas mais dependentes das relações entre as intensidades (módulos) dos efeitos individuais.” (VALERIANO, 2008, p. 90)

**Figura 4.** Formas do terreno associadas às curvaturas verticais e horizontais.



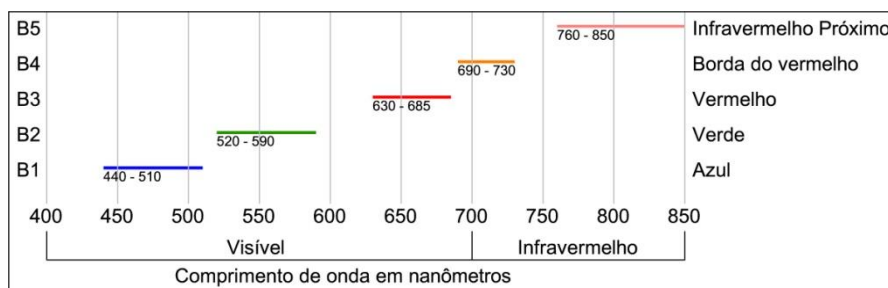
**Fonte:** Valeriano (2008).

A área de contribuição e os canais de drenagem foram obtidos de forma automatizada a partir dos dados de radar da missão SRTM (banda C) com resolução espacial nativa de 30 m. O MDE foi submetido aos procedimentos de extração de pixels escuros, para remover as anomalias altimétricas em função de seus pixels vizinhos, para posterior geração da área de contribuição e respectivos canais de drenagem.

Os areais foram extraídos das imagens da constelação de satélites RapidEye, com 5 m de resolução espacial, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), para a elaboração do Cadastro Ambiental Rural (CAR), utilizando-se a técnica de interpretação visual. As características espectrais das imagens da constelação de satélites RapidEye são mostradas pela figura 5.

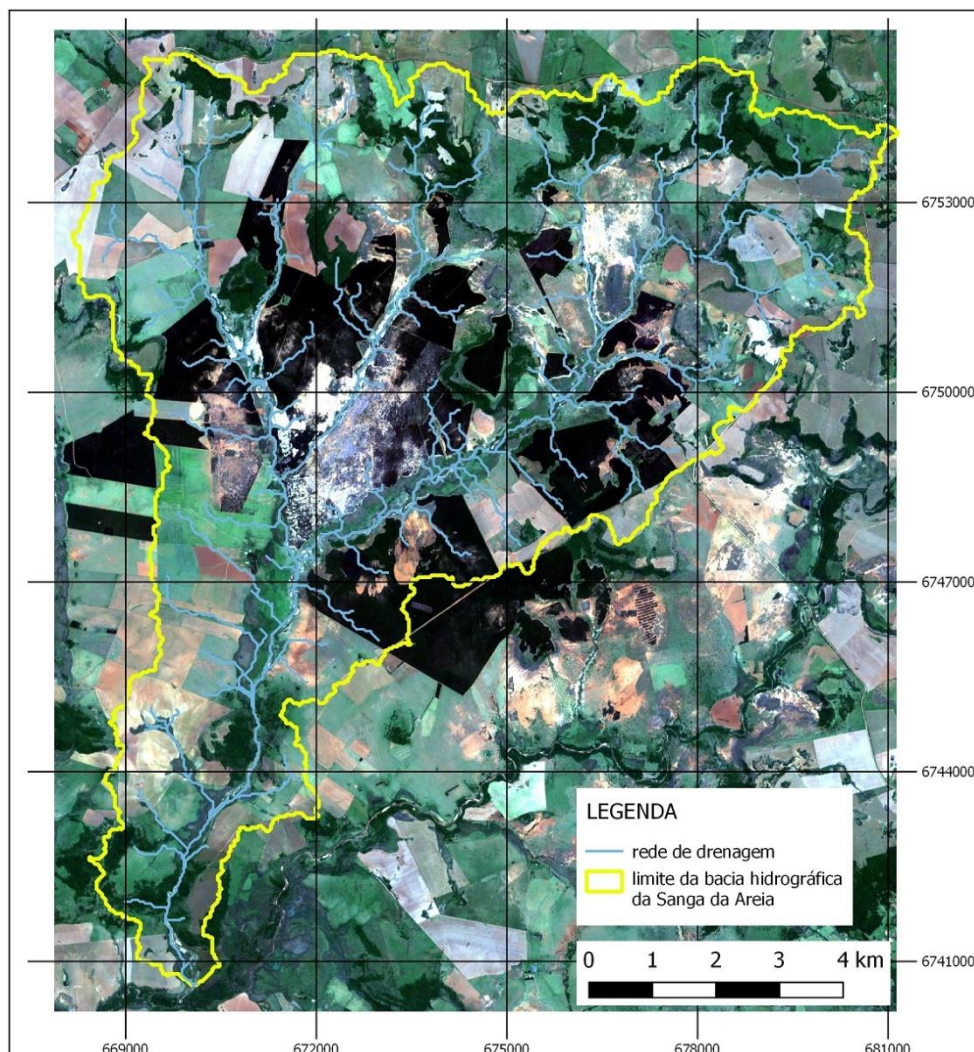
Para facilitar a identificação dos areais, foi utilizada a composição colorida 3-2-1 em RGB, representada pela figura 6. Conhecida como composição em cores reais ou naturais, permite uma boa identificação visual das áreas de solo exposto. Considerando a tonalidade natural avermelhada dos areais, sua identificação é facilitada nesta composição pois há uma boa diferenciação entre estas formações e os depósitos de areia de deposição fluvial recente, oriundos do transporte de sedimentos pelos cursos hídricos.

**Figura 5.** Características espectrais das imagens da constelação de satélites RapidEye.



**Fonte:** Gass et al. (2016).

**Figura 6.** Composição colorida 3-2-1 em RGB, das imagens da constelação de satélites RapidEye.



**Fonte:** elaborado pelos autores (2017).

Foram agregados ao banco de dados, informações referentes aos processos de licenciamento para projetos de silvicultura, os quais estão, em vários casos, diretamente associados às áreas em processo de arenização, além de outras fragilidades ambientais. Após o processamento dos dados realizou-se o cruzamento dos mesmos com o intuito de possibilitar a análise da relação entre a morfometria e os processos de arenização, possibilitando a aplicação destes resultados no processo de gestão do uso do solo na área em questão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica da sanga da Areia possui área de 96,32 km<sup>2</sup> com perímetro de 79,48 km, dados com os quais é possível considerá-la pequena, fator que auxilia no seu processo de análise e planejamento. De acordo com os dados estruturados para a área em questão, as declividades predominantes variam de 3% a 20%, com concentração na classe de 3% a 8% como pode ser observado na tabela 1 e no mapa da figura 7.

Analisando a declividade de maneira isolada, sem considerar os outros elementos em análise, é possível afirmar que sob o aspecto do uso do solo para fins agrícolas, a bacia apresenta um grande potencial, pois seu relevo predominante é suave ondulado, com declividades entre 3% e 8%. Esta

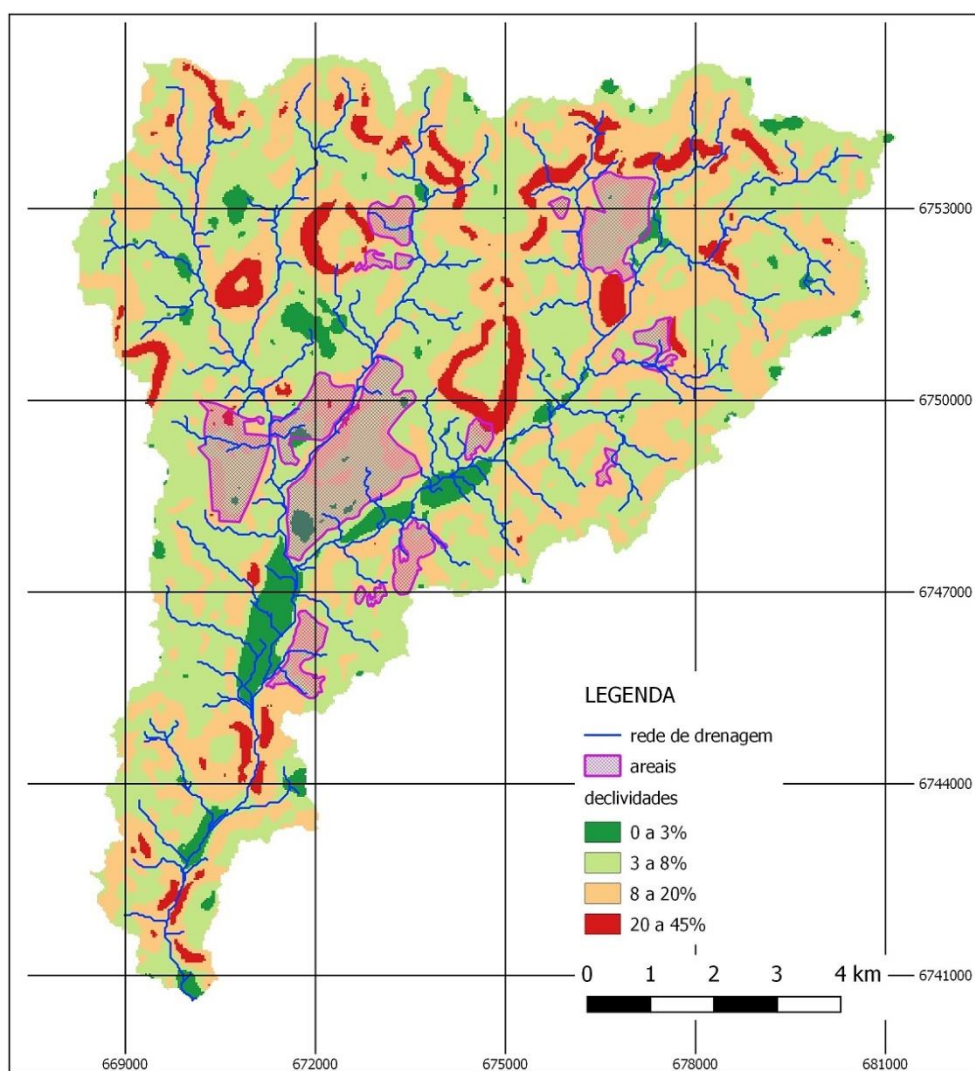
constatação demonstra a importância da utilização de diferentes grupos de dados para uma análise integrada das variáveis que podem ser derivadas dos dados topográficos de uma determinada área, qualificando assim a análise e a identificação de potencialidades e fragilidades para o uso agrícola de determinadas áreas.

**Tabela 1.** Classes de declividade

DECLIVIDADE	RELEVO	ÁREA	
		km <sup>2</sup>	%
0% a 3%	Plano	4,61	4,79
3% a 8%	Suave ondulado	49,41	51,30
8% a 20%	Ondulado	37,05	38,46
20% a 45%	Forte ondulado	5,11	5,30
45% a 75%	Montanhoso	0,15	0,15
Acima de 75%	Escarpado	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>96,32</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2017)

**Figura 7.** Mapa de declividades.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).



De acordo com os dados apresentados pela tabela 2, é possível inferir que ocorre uma distribuição normal no direcionamento da orientação das vertentes. Assim, não é possível considerar que haja uma predominância de uma das classes definidas. Por sua vez, como definido por Valeriano (2008), quanto maior a latitude, maior a influência da orientação de vertentes no regime térmico (e hídrico, por consequência), em função da incidência da energia solar, que é maior nas vertentes orientadas ao Norte. Considerando tais características desta variável, ela tem um relevante significado para o planejamento territorial, pois influencia na definição da distribuição de culturas e no próprio valor das terras, para fins de comercialização.

**Tabela 2.** Orientação das vertentes

ORIENTAÇÃO	ÁREA	
	km <sup>2</sup>	%
N – norte	8,98	9,32
NE – nordeste	8,40	8,72
E – leste	12,57	13,05
SE – sudeste	14,30	14,84
S – sul	13,33	13,84
SW – sudoeste	12,76	13,25
W – oeste	13,31	13,81
NW - nordeste	12,68	13,17
<b>TOTAL</b>	<b>96,32</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017)

A definição das formas de relevo passa pela análise das curvaturas horizontais e verticais. Como já mencionado anteriormente, os casos extremos de curvatura do terreno, conforme Valeriano (2008), são representados pelas formas côncavo-convergente (máxima concentração e acúmulo do escoamento) e pela forma convexa-divergente (máxima dispersão do escoamento). Para a bacia hidrográfica da sanga da Areia, a forma do terreno predominante é a retilínea-divergente, seguida da retilínea-convergente que, somadas, ultrapassam 50% da área da bacia, como pode ser verificado na tabela 3 e na figura 8. Por sua vez, os casos extremos da curvatura do terreno perfazem um total de 22,44% da área em questão.

Com relação à variável formas do terreno, é imperioso considerar que além de sua estratificação em nove classes como aqui apresentado, deve ser considerada a sua análise em comparação a outros elementos que possam auxiliar na caracterização e planejamento da área em questão. Se forem considerados, por exemplo, os elementos pedogeomorfológicos, será possível verificar que os processos de arenização poderão ser potencializados em função da forma do terreno e do tipo de substrato sobre o qual se desenvolvem, associados aos processos de escoamento subsuperficial que ocorrem.

Não há um mapeamento em detalhe disponível que represente a ocorrência da Formação Guará (representada na figura 2). Contudo, na comparação visual destes dados com a associação dos areais às formas de relevo (figura 8), verifica-se tal possibilidade de dinâmica morfológica do terreno.

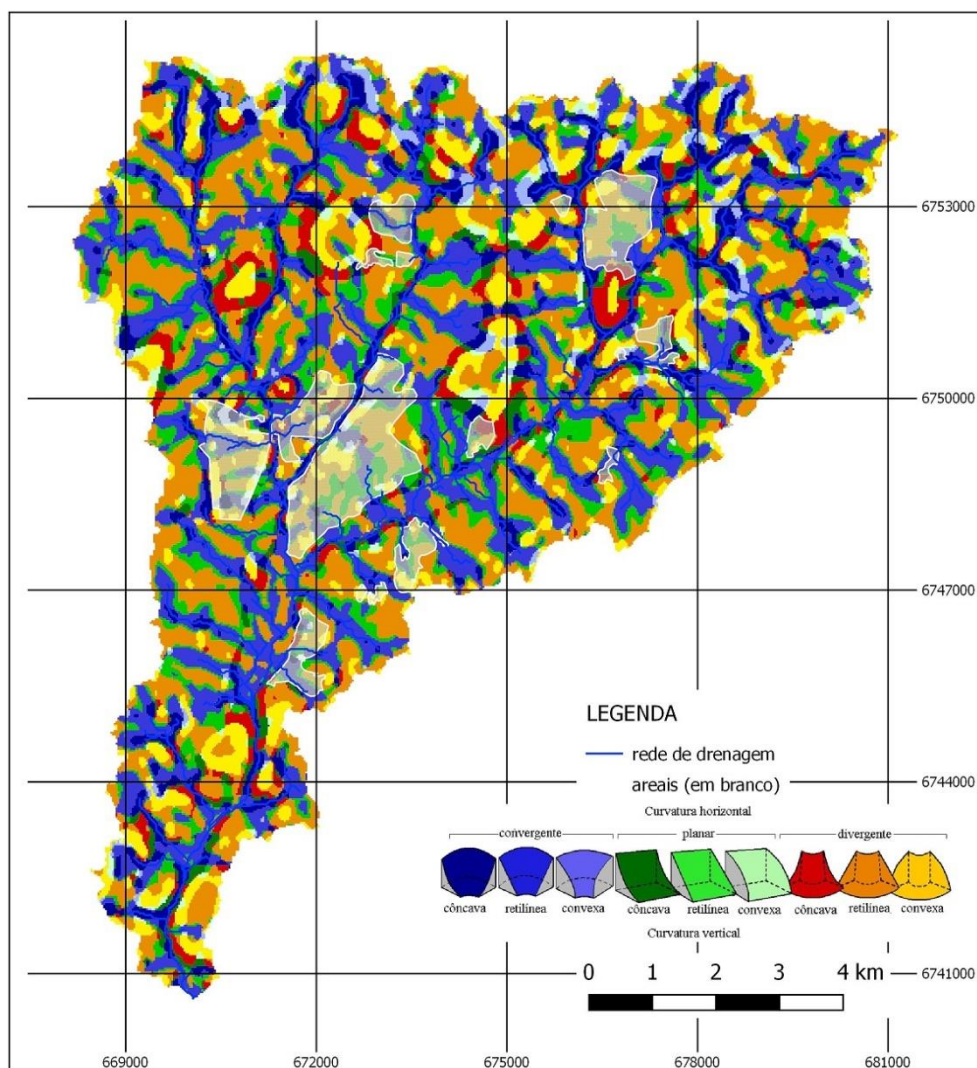
**Tabela 3.** Formas do terreno

CURVATURA		ÁREA	
HORIZONTAL	VERTICAL	km <sup>2</sup>	%
Convergente	Côncava	11,08	11,50
	Retilínea	21,92	22,76
	Convexa	2,18	2,27
Plana	Côncava	4,02	4,17
	Retilínea	12,73	13,22
	Convexa	2,13	2,21

Divergente	Côncava	5,20	5,40
	Retilínea	26,52	27,53
	Convexa	10,53	10,94
<b>TOTAL</b>		<b>96,32</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2017)

Figura 8. Mapa das formas do terreno.

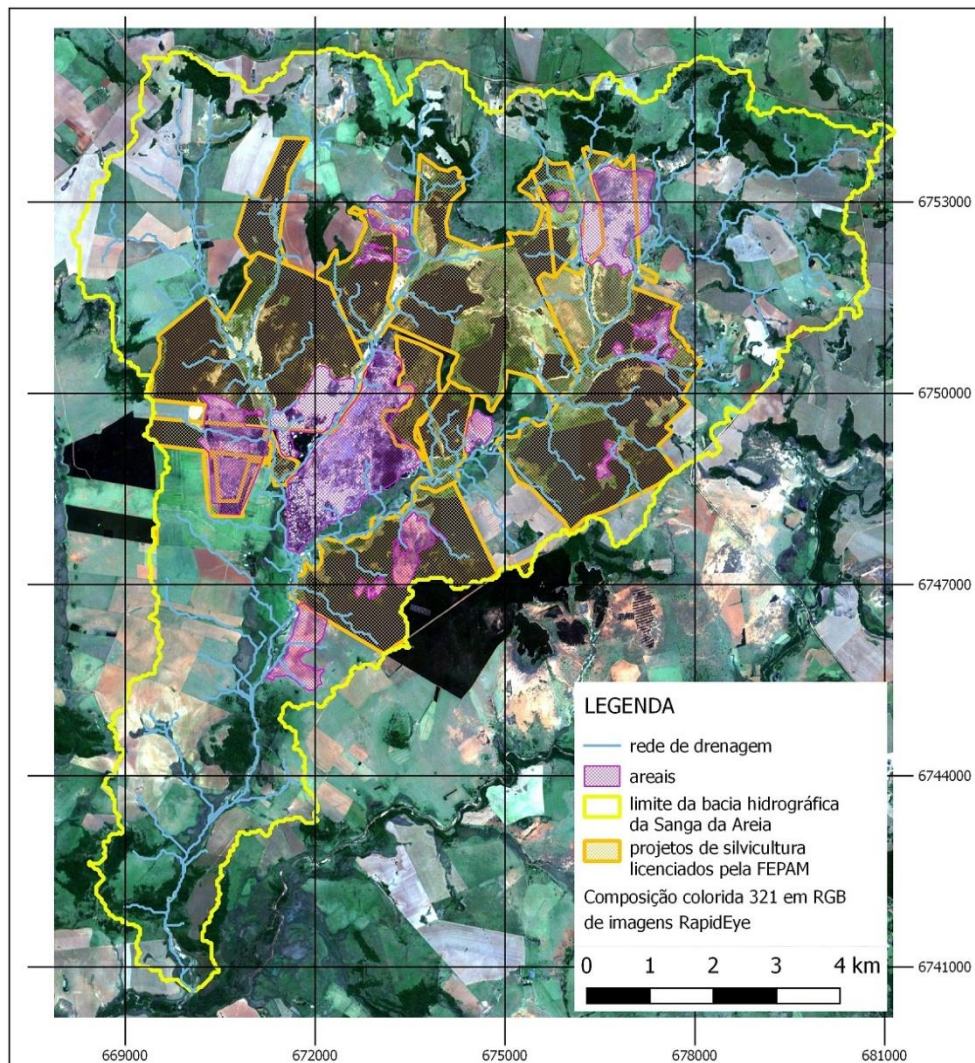


Fonte: elaborado pelos autores (2017).

As manchas de arenização identificadas nas imagens de satélite (figura 9) representam uma área de 8,65 km<sup>2</sup> e ocorrem em áreas com declividade entre 3% e 20%. A análise dos dados cartográficos gerados permite verificar que às formas do terreno que predominam na localização dos areais são retilínea-convergente e retilínea-divergente, fator influenciado pela proximidade das linhas de drenagem, como poder ser verificado na figura 8. Nos casos em que os processos de arenização estão mais próximos à drenagem, as formas de terreno migram para a categoria côncava-convergente, aumentando assim o processo de transporte de sedimentos que é demonstrado pela presença de processos de ravinamento e voçorocamento, como demonstrado pela figura 10.



**Figura 9.** Processos de arenização e projetos de silvicultura licenciados.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

**Figura 10.** Processos de ravinamento e voçorocamento em áreas de arenização.



Fonte: Os autores (2013).

A bacia hidrográfica da sanga da Areia, bem como outras extensas áreas da metade sul do Rio Grande do Sul, passaram nos últimos dez anos por um processo de mudança do uso do solo, com a implantação de projetos de silvicultura para fins comerciais, em especial, para a produção de

celulose. Na figura 9, estão representados os projetos que obtiveram seu licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental responsável. Estes projetos perfazem uma área de 31,78 km<sup>2</sup>, o que equivale a 33% da área da bacia.

Analisando o mapa da figura 9, verifica-se que nem todas as áreas licenciadas foram efetivadas com o plantio de espécies florestais. Vários polígonos licenciados incluem áreas com fragilidades ambientais como é o caso dos processos de arenização associados a ravinamentos e voçorocamentos em função das formas do terreno as quais estão associadas. Este fato ocorre em função das espécies florestais não conseguirem se desenvolver nestas áreas, além de auxiliarem no processo de desestabilização dos areais através dos efeitos de alavanca provocados pelas raízes, em associação aos ventos predominantes na região.

Considerando que para Ross (2008) as informações e os métodos de análise fornecidos pela Geografia tem o papel de permitir a adoção das práticas de planejamento e gestão ambiental de base territorial com elevado grau de eficiência, verifica-se que a associação entre os dados morfométricos e os processos de arenização representam um potencial instrumento de planejamento para os processos de definição de uso do solo. No caso da bacia hidrográfica da sanga da Areia, considerando os dados referentes aos projetos de silvicultura, os dados apresentados poderiam ter dado suporte ao processo de licenciamento, considerando as fragilidades locais e os possíveis impactos da implantação dos maciços florestais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso e ocupação dos espaços rurais, definidos a partir dos limites de uma bacia hidrográfica, possuem grande potencial de planejamento quando analisados sob a ótica da sua morfometria. A análise dos dados permitiu concluir que existe forte correlação entre os processos de arenização e as características morfométricas. Esta correlação permite que os processos de planejamento sejam conduzidos no sentido das intervenções nos processos de uso e ocupação do solo para que os processos de arenização não avancem sobre a área de drenagem, considerando, inclusive, a integridade das Áreas de Preservação Permanente, enquanto elementos de manutenção das estruturas do relevo e da dinâmica da rede de drenagem.

Análises como as aqui apresentadas podem ser conduzidas em delimitações territoriais de diferentes escalas. O arcabouço tecnológico aplicado com o uso do softwares livres QGIS e de dados gratuitos, como é o caso das imagens SRTM e do banco de dados TopoData, se mostraram efetivos, chegando aos resultados esperados com o presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, C. de O. et al. Tratamento de imagens SRTM para análise da relação entre arenização, drenagem e orientação das vertentes. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR)., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2283-2290.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2008.
- BINDA, A. L.; VERDUM, R. Reflexões interpretativas sobre as manchas de areia do sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil: da desertificação à arenização. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 2, p. 273-288, 2015.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- DIKAU, R. Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. In: **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 80, p. 45-55, 1990.
- FEPAM. **Zoneamento ambiental para atividade de silvicultura**. Volume I. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, SEMA, FEPAM, 2007.
- FERRARI, J. L. et al. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a1575>



GASS, S. L. B. **Zoneamento ambiental como subsídio para a definição das Áreas de Preservação Permanente**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, RS, 2015.

GASS, S. L. B. et al. Metodologia para a delimitação da Reserva Biológica do São Donato, municípios de Itaqui e Maçambará, RS, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 6., 2016, Cuiabá. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2016, p. 529-538.

GUASSELLI, L. A. et al. Macrozoneamento do estado do Rio Grande do Sul. In: **Pesquisa em Geociências**. Porto Alegre, RS, v. 33, n. 1, p. 3-11, 2006.

MACHADO, R. A. S. et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 1441-1448.

MENDES, N. G. de. et al. Análise espacial da cobertura florestal de restinga na sub-bacia hidrográfica do rio Comboios, Espírito Santo. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 286-292, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a4974>

PIRES, J. S. R. et al. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. **Conceitos de bacias hidrográficas: conceitos e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002, p. 17-35.

REBOUÇAS, A. da C. et al. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTOS, H. G. dos; et al. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SILVA, J. dos S. V. da; SANTOS, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na bacia hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas, SP: Embrapa Informática Aplicada, 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto grande do sul**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1987.

\_\_\_\_\_. Arenização: análise morfogenética. In: SUERTEGARAY, D. M. A. et al. (org.) **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, Imprensa Livre, 2012.

SUERTEGARAY, D. M. A.; VERDUM, R. Desertification in the tropics. In: UNESCO (Org.) **Encyclopedia of life support systems (EOLSS)**. Paris: UNESCO Publishing, 2008.

TARBOTON, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. In: **Water Resources Research**, vol. 33, n. 2, p. 309-319, 1997. <https://doi.org/10.1029/96WR03137>

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 1441-1448.

VALERIANO, M. de M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008, p. 72-104.

WILDNER, W. et al. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul – escala 1:750.000**. Porto Alegre: CPRM, 2010.