

**MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO VACACAÍ-RS COM A UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO**

**MAPPING OF LAND USE AND OCCUPATION IN THE VACACAÍ RIVER BASIN-
RS WITH THE USE OF GEOPROCESSING**

George Gabriel SCHNORR¹
Anderson Augusto Volpato SCCOTI²
Ana Paula KIEFER³
Carina PETSCH⁴

Resumo: O Sensoriamento Remoto é decisivo para análises ambientais, dada a evolução das geotecnologias e a atual demanda por recursos naturais. O presente trabalho objetiva analisar o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí (BHRV) na porção central do Estado do RS. Os dados em formato vetorial foram obtidos através do IBGE e da Base Vetorial Contínua do RS, as imagens SENTINEL foram obtidas no site da *Land Viewer*, e processados no QGis, versão 3.16. A classificação supervisionada foi realizada através do plugin SCP (Semi-Automatic Plugin Classification) e a validação dos dados ocorreu através do *plugin* AcATaMa. Dessa forma, foram segregadas sete classes para o uso e ocupação do solo da área de estudo: Corpos d'água, Floresta, Silvicultura, Campo, Lavoura, Solo exposto, e Rochas expostas. Em termos de resultados, há predominância de áreas de campo (naturais do bioma Pampa) e áreas de lavoura e solos expostos, que ocorrem devido ao cultivo agrícola ser importante fator de desenvolvimento econômico da região, com monoculturas de soja e arroz. A classificação se mostrou eficaz pois evidenciou a diversidade das formas de uso e ocupação na área de estudo, sendo que a validação dos resultados e acurácia obtida foi de 0,85.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Processamento Digital de Imagens. Recursos Naturais.

Abstract: Remote Sensing is decisive for environmental analysis, given the evolution of geotechnologies and the current demand for natural resources. The present work aims to analyze the use and occupation of land in the Vacacaí Hydrographic Basin (BHRV) in the central portion of the State of RS. Data in vector format were obtained from IBGE and the "Base Vetorial Contínua do RS", SENTINEL images were obtained from the Land Viewer website, and processed in QGis version 3.16. The supervised classification was performed using the SCP plugin (Semi-Automatic Plugin Classification) and data validation was performed using the AcATaMa plugin. Thus, 7 classes were segregated for the use and occupation in the study area: Water bodies, Forest, Forestry, Field, Crop, Exposed soil, and Exposed rocks. In terms of results there is a predominance of field areas (natural areas of the Pampa Biome) and cropland areas and Exposed soils, which occur because agricultural cultivation is an important economic development in the region, with soy and rice monocultures. The classification proved to be effective as it evidenced the diversity of forms of use and occupation in the study area, and the validation of the results obtained the accuracy of 0.85.

Keywords: Remote Sensing. Digital Image processing. Natural Resources.

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: giorgeschnorr@gmail.com

² Professor adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: ascoti2@gmail.com

³ Mestranda do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: anapaulakiefer@gmail.com

⁴ Professora adjunta do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: carinapetsch@gmail.com

Introdução

A modificação do espaço geográfico vem se tornando mais constante com o passar dos anos. Os padrões de consumo seguem taxas crescentes, amplificando as modificações em sistemas naturais. Os processos que abarcam tais atividades podem ser evidenciados em bacias hidrográficas (BH), que surgem como unidade de planejamento e pesquisa a partir de uma visão sistêmica (VITTE e GUERRA, 2004). A integração entre diferentes visões, sejam elas físicas (BARRELLA *et al.*, 2001), sistêmicas (SIQUEIRA e HENRY-SILVA, 2011) ou de planejamento (GUERRA *et al.* 1999), possibilita compreender os efeitos das ações antrópicas no meio ambiente a partir de estudos em bacias hidrográficas realizados ao longo dos anos. Dessa forma, considerar as BH como unidades ideais para o entendimento dos resultados e danos das interações humanas no espaço torna-se fundamental, tendo em vista que os fluxos de matéria e energia convergem para um ponto em comum, o exutório.

O homem altera significativamente o meio natural. Para interpretar tais modificações, surgem técnicas e tecnologias de análise espacial e temporal, como as ferramentas de Geoprocessamento, com destaque para o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Nesta perspectiva, pesquisas em diferentes áreas de estudos ambientais usufruem destes instrumentos, como aquelas aplicadas ao uso do solo em sub-bacias hidrográficas, realizado por De Farias *et al.* (2021) e as que se dedicam a compreender a variabilidade da cobertura do solo em municípios, como é o caso de Almeida *et al.* (2018).

O constante desenvolvimento do geoprocessamento junto às demais geotecnologias tornaram-se fundamentais, tendo em vista a maior facilidade no tratamento de dados e na qualidade dos produtos gerados. Ou seja, o levantamento de dados espacializados, anteriormente realizados de forma manual, passam a ser processados com o auxílio do SIG, em um processo ágil e confiável e que traz maior autonomia e precisão (ROBAINA e TRENTIN, 2020).

Nesse mesmo sentido, o SR surge como uma “[...] forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo” (ROSA e BRITO, 2013, p. 107), possibilitando o monitoramento de recursos naturais, de degradação ambiental e, ainda, das mudanças no uso e ocupação do solo ao longo dos anos. Para Teotia *et al.* (2009), o SR se mostra como uma alternativa viável, técnica e econômica, tendo em vista sua rapidez, precisão e baixo custo. À vista disso, Facco *et al.* (2016) salientam que o SR contribui de maneira decisiva para a identificação do uso do solo, pois o mesmo proporciona a análise da superfície

terrestre de maneira remota.

Arelado ao SR, temos os SIG, os quais permitem espacializar informações cartográficas, permitindo a sobreposição de planos de informação (ROSA e BRITO, 1996). Assim, essas duas tecnologias complementam-se e auxiliam em pesquisas e estudos com enfoque no uso e ocupação do solo em BH, como a exemplo de Dantas (2022), em que é realizado um estudo de uso e ocupação do solo no médio curso da bacia do Rio Apodi Mossoró no Rio Grande do Norte; e em Borges e Oliveira (2021) a partir do trabalho de análise multitemporal do uso e ocupação do solo na bacia Hidrográfica do Rio Mie Ponte em Goiás.

Para a concretização e compreensão de aspectos físicos, sociais e ambientais é de extrema importância o mapeamento e monitoramento do uso e ocupação do solo, a fim de preservar e conservar os recursos naturais. Assim, as bacias hidrográficas consolidam-se como uma unidade espacial de análise em que o SR contempla e auxilia no seu monitoramento.

Dessa forma, a partir dos pressupostos apresentados e visando compreender as mudanças espaciais ocorridas em bacias hidrográficas devido às ações humanas, o presente artigo possui como objetivo o mapeamento do uso e ocupação do solo, por meio das geotecnologias, na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí (BHRV), que se localiza na porção central do estado do Rio Grande do Sul.

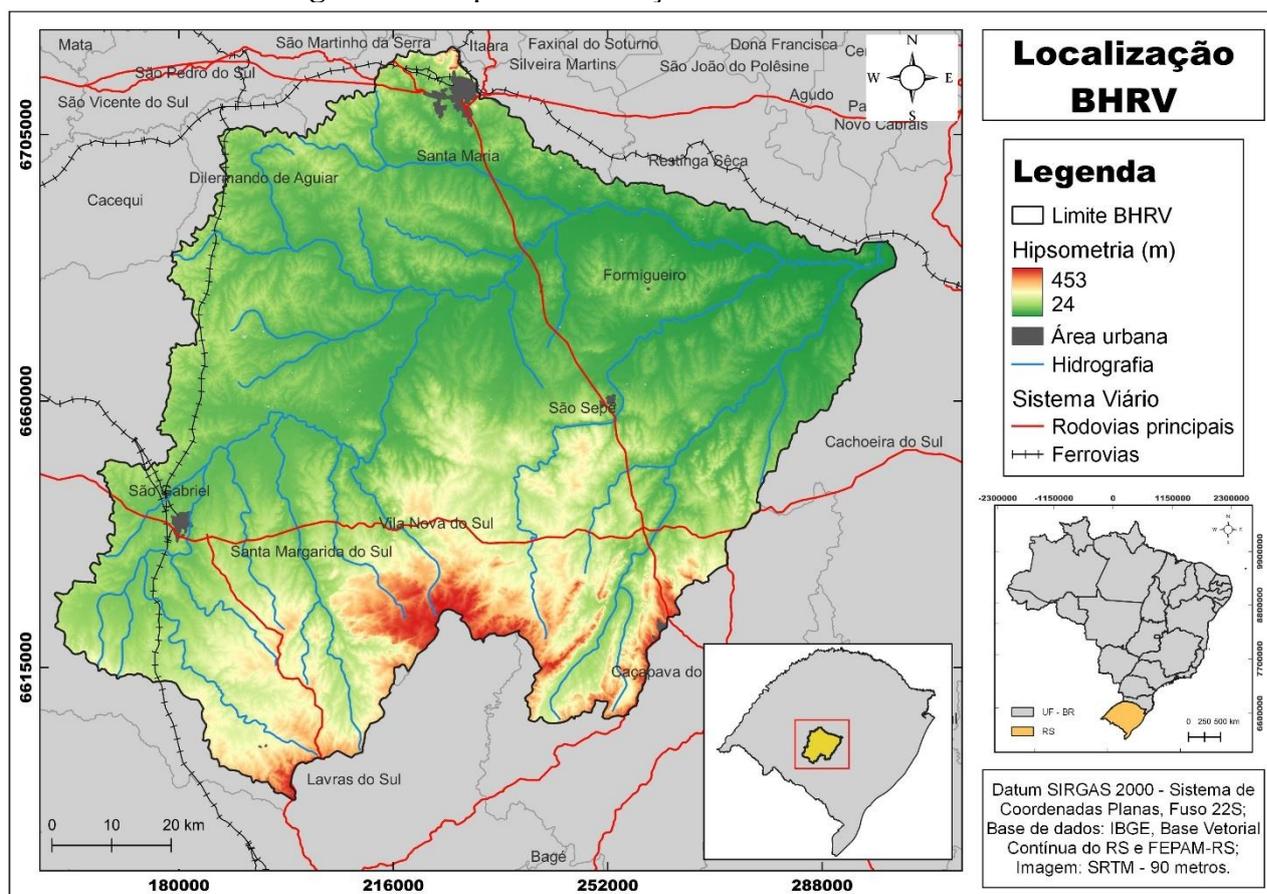
Procedimentos metodológicos

Neste item está descrita uma caracterização socioespacial da área de estudo, a qual possui como propósito apresentar as características que influenciam no uso e cobertura do solo. Na sequência, são apresentadas as ações necessárias para a aquisição dos produtos de sensoriamento remoto, bem como sua classificação supervisionada e verificação da acurácia.

Caracterização da área de estudo

A BHRV, ilustrada na Figura 1, possui área total de 10.009,63 km² e drena o território de 11 municípios, sendo eles: Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Dilermando de Aguiar, Formigueiro, Lavras do Sul, Restinga Sêca, São Gabriel, Santa Margarida do Sul, Santa Maria, São Sepé e Vila Nova do Sul, compreendendo uma população de 501.698 pessoas (IBGE, 2022).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2022).

Em termos climáticos, segundo a classificação de Rossato (2011), a BHRV se localiza entre os climas Subtropical II, caracterizado por chuvas anuais entre 1.500 e 1.700 mm, com distribuição em 90-110 dias e temperatura média anual entre 17°C e 20°C e Subtropical Ia, com chuva anual entre 1.200 e 1.500 mm, distribuídos em 80-110, a temperatura média também varia entre 17°C e 20°C. Conforme descrito por Ab'Saber (2003), a BHRV insere-se ao sul no bioma Pampa, em que a vegetação é composta por gramíneas e espécies arbóreas, existentes nas drenagens e isolados na forma de capões. A porção norte da BHRV, no contato com o planalto da Serra Geral, o relevo movimentado preserva importante reserva de Mata Atlântica. Os solos encontrados na BH, podem ser caracterizados, em termos de perfil, como bem desenvolvidos (Argissolos e Latossolos), Solos pouco desenvolvidos (Neossolos Litólicos e Cambissolos) e hidromórficos (Gleissolos e Planossolos) (STRECK *et al.* 2008).

Processos técnicos

Para o desenvolvimento do trabalho, foram necessárias a análise bibliográfica e a estruturação de um banco de dados georreferenciado manipulado no SIG Qgis, versão 3.16. A base cartográfica utilizada foi extraída da Base Vetorial Contínua do RS, organizada por Hasenack e Weber (2010) na escala de 1:50.000 e a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). Os dados que fazem referência aos municípios que compõem a bacia hidrográfica foram extraídos da aba “portal de mapas” (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>) no site do IBGE em formato vetorial (*shapefile*). As imagens analisadas são do satélite SENTINEL 2A, de 9 de fevereiro de 2021, as bandas utilizadas foram as do visível (Azul, Verde e Vermelho) e do Infravermelho próximo (10 metros de resolução espacial), obtidas da plataforma *Land Viewer* (<https://eos.com/landviewer/?lat=-25.38746&lng=-48.18604&z=9>), o *web site* permite a aquisição das imagens a partir de cenas e também de mosaicos prontos, a segunda opção foi a utilizada para esse artigo. Além da imagem multiespectral, utilizou-se de um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 90 metros para análise hipsométrica e de declividade, o MDE foi obtido no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Baseado no Manual Técnico do uso da Terra (IBGE, 2013), para o mapeamento foram definidas as seguintes classes temáticas: Corpos d'água (porções com corpos ou lâminas d'água, seja em lavouras destinadas para a irrigação, seja em açudes e reservatórios); Floresta (áreas de floresta nativa, com vegetação arbórea); Silvicultura (locais em que há plantio de floresta para a extração de madeira com fins comerciais); Campo (vegetação composta por gramíneas, nativas e invasoras do bioma Pampa voltada para a pecuária extensiva); Lavoura (áreas de plantio de grãos, os quais podem variar ao longo da bacia hidrográfica, mas se destacando a soja e o arroz); Solo Exposto (áreas de solo em preparo, de formação inicial do plantio ou depósitos fluviais); Rochas Expostas (afloramento de rochas, principalmente do escudo sul-riograndense, podendo caracterizar declividades acentuadas e pouca vegetação desenvolvida).

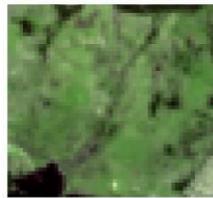
O tratamento das imagens de satélite deu-se através de uma classificação supervisionada com utilização do *Semi Automatic Classification Plugin* (SCP) no QGIS, com o método de mínima distância. O *plugin* em questão, utilizado em outros estudos, como os de Ascutti *et al.* (2019), Ferrari e Junior (2020) e Steiw (2019), permite a criação e ajuste de polígonos na extração de amostras, assim como a organização de uma matriz de confusão para

verificar a acurácia e validar a classificação.

A partir das classes estabelecidas, 1.200 amostras foram coletadas, sendo necessário salientar que ocorreu variação no número destas em cada classe, devido a representatividade espacial. Dessa forma, por demonstrarem resposta espectral semelhante, houve dificuldade na obtenção e segregação de amostras de vegetação de campo e agricultura, sendo necessária a utilização do *google satellite*, para melhor visualização e reconhecimento afim de retratar fielmente a realidade da área de estudo. Para o estabelecimento da quantificação das áreas das respectivas classes e da área total da bacia, foi utilizado a calculadora de campo do QGis, auxiliando nos resultados e discussões acerca da variação no uso e ocupação do solo da BHRV. Posteriormente, a chave de interpretação, do Quadro 1 possibilita assimilar as feições encontradas a partir dos passos anteriores descritos.

A chave de interpretação surge para a assimilação e entendimento das feições encontradas. Dessa forma, foram analisados os elementos de forma, textura e tonalidade e exemplificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Chave de interpretação.

Imagens SENTINEL 2A					
Classe	Descrição	Forma	Textura	Tonalidade	Amostra (RGB)
Corpos d'água	Reservatórios, segmentos do rio principal e áreas alagadas	Irregular	Lisa	Rosa Claro	
Floresta	Vegetação endêmica, com exemplares arbóreos e arbustivos	Irregular	Rugosa	Verde escuro	
Silvicultura	Espécies arbóreas exóticas, cultivadas de forma comercial.	Regular	Lisa	Preto	
Campo	Vegetação composta por gramíneas, endêmicas do Bioma Pampa e invasoras como o Capim-Annoni.	Irregular	Lisa	Verde esmeralda	

Imagens SENTINEL 2A					
Classe	Descrição	Forma	Textura	Tonalidade	Amostra (RGB)
Lavoura	Áreas de cultivo de grãos com destaque para soja e arroz.	Regular	Lisa	Verde Mar	
Solo exposto	Porções em preparo para cultivo, estradas sem pavimentação, áreas de empréstimo, depósitos fluviais	Irregular	Lisa	Branco e bege	
Rochas expostas	Afloramentos de rochas resistentes aos processos intempéricos	Irregular	Rugosa	Roxo	

Fonte: Autores (2022).

Para o auxílio no entendimento da ocupação espacial, o MDE, que apresenta valores de altitude, possibilita a compreensão das condições morfológicas do terreno a partir dos modelos de declividade. Dessa forma, o relevo auxilia, de forma significativa, na compreensão do uso e ocupação do solo, considerando que em determinadas áreas não ocorre, por exemplo, o plantio agrícola devido ao relevo não apresentar condições para esta prática.

Para verificação e validação dos resultados, foi utilizado o plugin AcATaMa no *software* QGIS. Seu funcionamento, ocorre da seguinte forma: Seleciona-se a classificação das imagens e em seguida o *plugin* realiza a dispersão de pontos aleatórios na área de estudo, com base no número de amostras selecionadas para cada classe no momento da classificação. Para a contextualização do resultado obtido na acurácia, foi utilizada a tabela de Índice Kappa de Landis e Koch (1977), a qual determina a acurácia da classificação, com intervalos que variam de 0 a 1 (Tabela 1).

Tabela 1 – Índice Kappa.

Valor do Kappa	Desempenho
<0,01	Péssimo
0,01-0,20	Ruim
0,021-0,40	Razoável

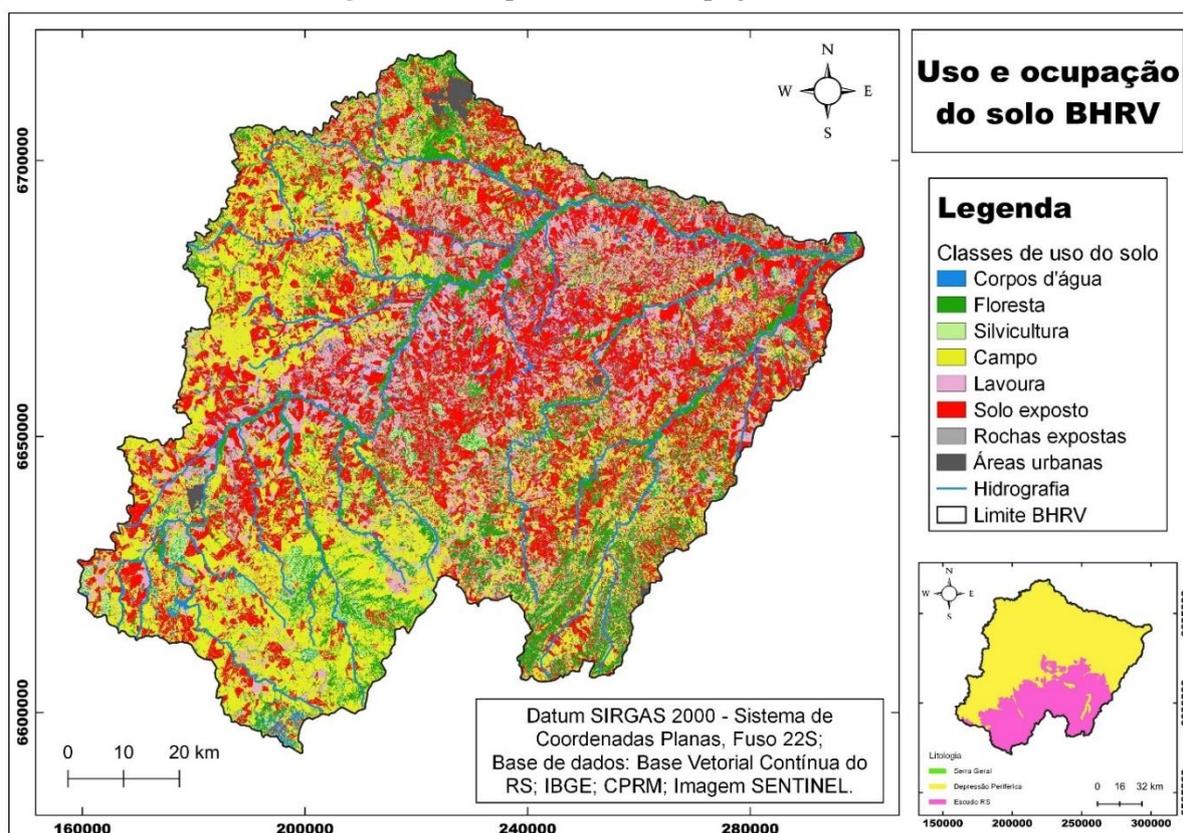
0,41-0,60	Boa
0,61-0,80	Muito boa
0,81-1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Resultados e discussões

Os resultados obtidos desta pesquisa, decorrem dos procedimentos metodológicos apresentados e tornam-se pertinentes para a compreensão do uso e ocupação do solo na BHRV. Assim, com as sete classes definidas, apresentando características distintas, a Figura 2 apresenta o mapa com os resultados, para a classificação de uso e ocupação do solo.

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo.



Fonte: Autores (2022).

O valor de acurácia geral obtido através da análise manual com o auxílio do plugin AcATaMa para a área de estudo foi de 0,85, mostrando, conforme a Tabela 1, um resultado “excelente” na classificação. Ainda, o método de classificação supervisionada permite maior

conhecimento da área, facilitando a discussão e interpretação dos resultados, levando-se em conta que a BHRV possui importante área territorial e diversidade das relações espaciais. Na Tabela 2 dispõe-se a quantificação dos dados relativos à ocupação espacial de classe de uso e ocupação do solo.

Tabela 2 - Quantificação dos dados de uso e ocupação do solo.

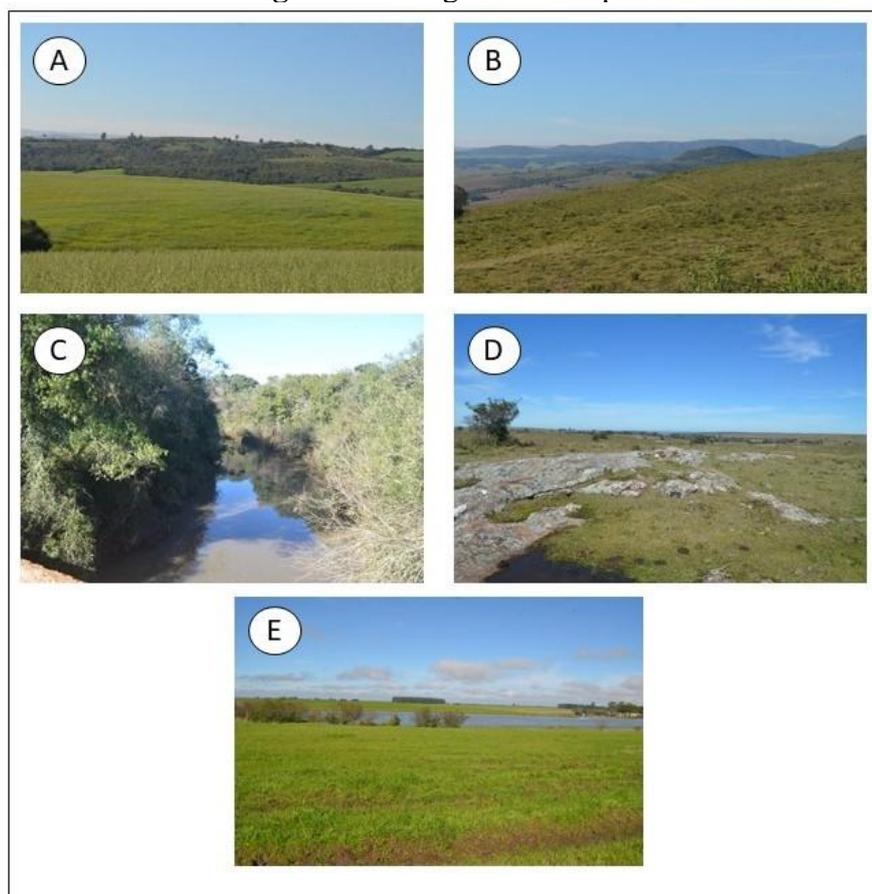
Classes	Área (km ²)	Área (%)
Corpos d'água	179,43	1,79
Floresta	1.600,78	16,0
Silvicultura	222,16	2,22
Campo	2.961,11	29,58
Lavoura	1.992,38	19,90
Solo exposto	2.939,75	29,37
Rochas expostas	114,01	1,14
Total	10.009,63	100

Fonte: Autores (2022).

Através do que foi apresentado até aqui, percebe-se que as classes de lavoura e solo exposto, geralmente áreas utilizadas para o plantio agrícola, possuem destaque no mapa (Figura 2). Ambas, somam quase 50% da área total da bacia (Tabela 2) e representam locais de agricultura, tornando-se importantes para o desenvolvimento econômico da área de estudo. Com referência, a classe que representa o campo, está presente em cerca de 29,58% da área total e possui maior presença espacial. Ao contrário, a classe que ocupa a menor proporção espacial, representa as rochas expostas, ocupando cerca de 1,14% da área total da bacia e se localiza, especificamente, em porções de afloramentos rochosos na porção sul da BHRV.

Para uma interpretação mais eficiente e um amplo entendimento, a partir de dados de campo, houve a coleta de algumas fotografias (Figura 3) as quais permitem a visualização de alguns exemplares das classes mapeadas. Assim a imagem “A” refere-se a uma área com pastagem, no período de primavera e verão, essas áreas são ocupadas com culturas temporárias, principalmente soja. A imagem “B” refere-se a uma porção de campo nativo. Já na imagem “C” é possível observar uma floresta de galeria ou mata ciliar, nas margens de canal fluvial. A imagem “D” diz respeito a um afloramento de rocha, de rochas ígneas intrusivas. Por fim, na imagem “E” observa-se um reservatório de água (lâmina de água).

Figura 3 – Imagens de campo.



Fonte: Autores (2022).

As principais formas de exploração agrícola no Rio Grande do Sul, relacionadas ao cultivo de soja e milho, são observadas também na BHRV, já que a mesma possui área espacial considerável (10.009,63 km²) e apresenta condições estruturais e morfoestruturais distintas, as quais impõem variadas frequências e dimensão nas porções com essa forma de uso. Evidencia-se esta realidade nas áreas classificadas como lavoura, que correspondem 19,90%, com área total presente na bacia de 1992,38 km² (Tabela 2).

As áreas de lavoura estão distribuídas ao longo da bacia hidrográfica e podem ser classificadas a partir de dois principais grupos conforme as suas características de produção: As lavouras em porções mais baixas do relevo, em planícies de inundação e as lavouras localizadas nas porções de colinas (SCHNORR *et al.* 2021). Os municípios drenados pela BHRV, possuem sua economia baseada no setor primário, com destaque para a agropecuária, com exceção de Santa Maria, que se destaca por uma grande contribuição do setor de serviços e comércio.

As lavouras em planícies de inundação, como descrito acima, se localizam em áreas

planas e pouco rugosas do terreno, com baixa altitude (até 100 m) e declividade (<5%). As lavouras ocorrem em planícies de inundação dos principais rios da BHRV (além do canal principal do Rio Vacacaí, o Rio São Sepé, o Arroio dos Lourenços, Arroio do Arenal, e o Arroio Piraí) e em sua maioria, destinadas ao plantio de arroz. Entretanto, esta realidade não é igualmente distribuída em toda a área, tendo em vista que alguns agricultores consideram maior potencial no cultivo de outros grãos com maior valorização no mercado, como é o exemplo da soja, realizando assim a drenagem dessas áreas úmidas para o preparo do solo. Pires *et al.* (2002) destacam que a busca por alternativas de espécies que trazem a mesma estrutura que é empregada no arroz, com inundação e emprego de técnicas semelhantes e que possuam elevado potencial de rendimento, como a soja, que se adapta facilmente as condições de inundação do solo.

Já as porções de colinas (5-15% de declividade do terreno) são caracterizadas pelo plantio de soja e milho. A influência da monocultura da soja vem crescendo com o passar dos anos, como mostra Overbeck *et al.* (2009), que aponta que entre 1940 e 1996 esta cultura cresceu em mais de 10 milhões de toneladas de produção no sul do Brasil. Nesse mesmo sentido, Kuplich *et al.* (2018) afirmam que, entre os anos de 2000 e 2015, a área plantada de soja aumentou 73,7% no Rio Grande do Sul e no Bioma Pampa, presente na área da bacia, a porcentagem chegou a 188,5% nesse mesmo período.

As áreas de campo estão distribuídas em todas as porções da BHRV, com destaque para a porção Sul-Sudeste. Sendo assim, no total, essa classe ocupa 29,58% da área total da bacia. Além disso, o campo é uma vegetação natural do bioma Pampa e se caracteriza por vegetação arbustiva e gramínea (PILLAR *et al.*, 2009).

Como manifestado por Boldrini (2009), o Pampa é composto por várias formações vegetacionais, com predomínios de gramíneas. Dessa forma, ao longo dos anos, as porções de campos naturais foram utilizados para a criação extensiva de bovinos, o que ocorreu com predominância nas áreas da BHRV. No entanto, a ascensão da mecanização na agricultura no final do século XX, incentivou a utilização de tal espaço para uso agrícola, alterando áreas, anteriormente, de biomas naturais. No intervalo de tempo dos últimos 30 anos, a metade sul do Rio Grande do Sul, a qual tem domínio do Bioma Pampa, perdeu 25% da área total de vegetação natural de campos devido à forte influência da agricultura (OVERBECK *et al.*, 2009). Apesar disso, é interessante destacar que a presença de terras pouco férteis para a agricultura no bioma Pampa faz com que haja menor avanço das lavouras (RADEMANN *et al.*, 2019), ou pelo menos dificulte.

As áreas de solo exposto compreendem a 29,37% da área total da BH, ocupando quantidade espacial significativa e se localizando, principalmente, próxima a canais fluviais onde há presença de plantio de arroz. Estes locais, são definidos por lavouras com o solo em processo de preparo, em períodos de entressafra, onde a vegetação se encontra em processo vegetativo e passando por desenvolvimento. É importante salientar que uma parcela dessa classe é associada a depósitos fluviais do Rio Vacacaí e dos seus principais tributários, sendo que a resposta espectral de ambos é muito semelhante.

A classe de Florestas e vegetação arbórea está presente em cerca de 16% da área total da BHRV, sendo caracterizada por florestas de galeria, em áreas escarpadas, próximas a canais de drenagem. Estas também, podem estar associadas a flancos de estruturas dobradas ao longo relevo, principalmente da área de domínio estrutural do Escudo Sul-rio-grandense (LOPES, 2016).

As porções de rochas expostas estão presentes principalmente na região Sul-Sudeste da bacia e são ligados ao Escudo Cristalino, com rochas ígneas, metamórficas e sedimentares do Proterozóico (WILDNER *et al.*, 2006). Tais afloramentos possuem maior resistência aos processos de intemperismo, fazendo com que se mantenham ao longo do tempo geológico. Além disso, essa classe também se associa as condições de relevo, com formas residuais e porções onde os processos denudacionais se sobressaem aos deposicionais ocupando porções isoladas, compostas por rochas mais resistentes no topo (que resistiram aos processos intempéricos) e mais friáveis na base.

Os locais de afloramentos de rochas se caracterizam pela significativa ausência de vegetação, sendo local impróprio para cultivo agrícola. Dessa forma, dadas as condições espaciais, as atividades direcionadas ao turismo e as práticas esportivas podem se desenvolver nestes espaços com o objetivo de preservar e conservar suas estruturas. No município de Caçapava do Sul, ocorrem ações de planejamento voltadas a valorização e incentivo geoturístico, a exemplo, da Pedra do Segredo, em que Borba *et al.* (2019) destacam que os esportes de aventura como a escalada em rochas acontecem com frequência no local.

A presença da silvicultura, é considerável na porção sul da bacia, representando 2,2% da área total, em que ocorre o plantio, principalmente, de eucalipto em meio a ocorrência de campo. Além disso, o plantio dessas árvores pode servir como mecanismo de sombra para o gado. Algumas áreas ao longo da bacia ainda apresentam o plantio de árvores que funcionam como cercas vivas de forma a diminuir a velocidade do vento, são os chamados “quebra-vento”, já que o vento intenso pode gerar estragos potenciais em residências e demais construções em

superfícies planas e sem a existência de colinas e morros.

Dessa forma, o plantio de árvores exóticas passou a ter representação econômica com o passar do tempo. Através de mecanismos de fomento, o governo do estado do Rio Grande do Sul, na década de 2000, incentivou a produção de eucalipto, principalmente para a extração de celulose. Segundo Binkowski (2009) programas como o “Floresta-Indústria” organizado por profissionais da Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria e o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas (PROFLORA), foram importantes para o desenvolvimento do eucalipto na metade sul do estado, fazendo com que haja assim incentivo para a chegada de empresas privadas na região. Overbeck *et al.* (2009) comentam que o cultivo de árvores exóticas no Bioma Pampa substitui, em grande parte as áreas de campo, devido a questões econômicas, de modo que se torna mais viável economicamente a plantação de *Pinus sp*, *Eucalyptus sp*, e *Acacia sp*, por exemplo.

Já os corpos d'água dispostos na bacia estão relacionados aos principais canais, com maior largura, que foram detectados na classificação e ocupam cerca de 179,4 km² (Tabela 2). Os corpos d'água são, portanto, reservatórios naturais, ou não, que podem funcionar como bebedouros de água para animais ou mesmo irrigação de lavouras. A hidrografia da BHRV se destaca por canais de 7^a ordem de drenagem (SCHNORR *et al.*, 2021), sendo os canais também importantes instrumentos que auxiliam no desenvolvimento agrícola, principalmente de arroz, nas planícies de inundação dos principais canais.

Conhecer as dinâmicas que envolvem o uso e ocupação do solo, se reveste de grande importância, principalmente, em trabalhos com o foco no diagnóstico ambiental. Ao analisar o uso e ocupação do solo, é possível verificar as ações tomadas por meio de políticas privadas e governamentais. Sejam elas com propósitos produtivistas, como é caso das *commodities* ou então de proteção ambiental, ao passo que é possível verificar as áreas com vegetação endêmica preservada.

Considerações finais

Com os avanços tecnológicos, as mudanças ocorridas ao longo dos anos no uso e ocupação do solo são nítidas, principalmente aquelas vinculadas à ação antrópica. A relação entre homem e natureza é evidenciada cada vez mais em estudos que relacionam as mudanças nas paisagens em bacias hidrográficas. Nesse sentido, ressalta-se a importância da temática

atrelada às técnicas de Sensoriamento Remoto, que cada vez mais, suprem as necessidades de estudos que buscam espacializar as relações propostas pelas ações antrópicas.

A aplicação de uma interpretação supervisionada, demonstrou-se eficiente, pois possibilitou a definição das classes de uso e ocupação do solo de maneira excelente. Os procedimentos metodológicos, permitiram, além do processamento da imagem, a quantificação da área ocupada por cada classe. Esses números são fundamentais, pois possibilitam prever as ações na bacia hidrográfica, principalmente aquelas que ocasionam a conversão dos tipos de uso.

Nessa mesma linha, ficou perceptível que há predominância da classe de campo, que ocupa cerca de 30% da área total da bacia, esta que está relacionada às gramíneas naturais do Bioma Pampa e também a algumas espécies introduzidas. As classes relacionadas à agricultura (solo exposto e lavoura) ocupam juntas quase 50% da área total, denotando que a utilização para este fim, se destaca. As áreas de floresta ocupam as porções próximas a tributários da drenagem bem como se encontram em estruturas dobradas ao longo relevo, principalmente da área de domínio estrutural do Escudo Sul-rio-grandense. Já as rochas expostas aparecem principalmente nas porções do Escudo Sul-rio-grandense, com estruturas que resistiram aos processos intempéricos.

Referências

ALMEIDA, Débora Natália Oliveira de; DE OLIVEIRA, Leidjane Maria Maciel; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; BEZERRA, Ulisses Alencar; LEITE, Antônio Celso de Sousa. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2018.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, São Paulo, v. 1, 2003.

ASCIUTTI, Gustavo Augusto Mendonça; STANGANINI, Fábio Noel; MELANDA, Edson Augusto. **Identificação dos diferentes usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Quilombo, São Carlos/SP utilizando imagem do Satélite Sentinel 2 e o complemento SCP do QGis**. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019 Santos, São Paulo.

BARRELLA, Walter; PETRERE JÚNIOR, Miguel; SMITH, Welber Senteio; MONTAG, Luciano Fogaça de Assis. 2001. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: **Matas Ciliares: conservação e recuperação** (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). EDUSP, São Paulo, p.187-207.

BINKOWSKI, Patrícia. **Conflitos ambientais e significados sociais em torno da expansão da silvicultura de eucalipto na metade sul do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 212 p. (Dissertação, Mestrado em Desenvolvimento Rural).

BOLDRINI, Ilsi. Iob. **A flora dos campos do Rio Grande do Sul**. In: Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade, p. 63-77, 2009.

BORBA, André Weissheimer de; GUADAGNIN, Felipe; MATTÉ, Vinícios; CARON, Felipe; FERREIRA, Patrícia Ferreira; KUMAIRA, Sissa; LOPES, Renato Pereira; SELL, Jaciele Carine; DEGRANDI, Simone Marafiga; CORRÊA, Ana Paula Souza; SILVA, Elisângela Lopes da; SOUZA, Luis Paulo Martins e Souza; URBAN, Camile; SIMON, Adriano Luis Heck Simon; BALDUÍNO, Eliseu; RIZZATTI, Maurício. Geoturismo na área de abrangência do COREDE Campanha ('metade sul' do Rio Grande do Sul, Brasil), parte I: geomonumentos de interesse turístico. **Terr@ Plural**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 469-495, 2019.

BORGES, Vinícius Silva; OLIVEIRA, Wellington Nunes de. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte. **REEC: revista eletrônica de Engenharia Civil**, v. 17, n. 1, p. 79-93, dez. 2021.

DANTAS, Jaqueline de Souza. **Análise do uso e ocupação do solo no médio curso da Bacia do Rio Apodi Mossoró-RN**. Natal: Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022, 76 pág., (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia).

FACCO, Douglas Stefanello; BENEDETTI, Ana Carolina Paim; PEREIRA FILHO, Waterloo; KAISER, Eduardo André; DAL OSTO, Janderlei Velasque. Geotecnologias para monitoramento florestal no município de Nova Palma-Rio Grande Do Sul-BR. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 417-426, 2016.

DE FARIAS, Danilo Simões; RIBEIRO, Sergio de Jesus Queiroz; CECCATTO, João José Kogut; GOMES, Ingrid Aparecida; PINTO, Karine Anderes Marconato. Geoprocessamento aplicado ao uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Arroio Francelina em Ponta Grossa-PR. **Anais do Salão de Iniciação Científica Tecnológica**, n. 1, 2021.

FERRARI, Danilo Brogio.; JUNIOR, José Carlos Toledo Veniziani. Validação do mapeamento do uso do solo, obtido por classificação de imagens orbitais gratuitas, utilizando softwares livres. **Revista Fatecnológica da Fatec-Jahu**, v. 13, n. 1, p. 106-133, 2020.

GUERRA, Antônio José Teixeira; DA SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340 p.

HASENACK, Heinrich.; WEBER, Eliseu. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de dados e malha digital**. Escala 1:250.000. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Senso da população municipal. In: IBGE: **Panorama**. Rio de Janeiro, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha digital dos limites municipais do Rio Grande do Sul**. Escala 1:250.000. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em geociências: Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, n. 7, e. 3, 2013.

KUPLICH, Tatiana Mora; CAPOANE, Viviane; COSTA, Luis Fernando Flenik. O avanço da soja no Bioma Pampa. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 31, p. 83-100, 2018.

LANDIS, Richard; KOCH, Gary. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, mar. 1977.

LOPES, Elisângela da Silva. **Proteção do patrimônio natural da Serra do Segredo (Caçapava do Sul, RS, Brasil): um diálogo entre a geoconservação e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, da Universidade Federal de Santa Maria, 2016. 115 p. (Dissertação, Mestrado em Geografia).

PILLAR, Valério de Patta; MÜLLER, Sandra Cristina; CASTILHOS, Zélia Maria de Souza; JACQUES, Aino Victor Ávila. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 403, 2009.

OVERBECK, Gerhard Ernst, MÜLLER, Sandra Cristina; FIDELIS, Alessandra; PFADENHAUER, Jörg; PILLAR, Valério de Patta; BLANCO, Carolina Casagrande; BOLDRINI, Ilsi Iob; BOTH, Rogério; FORNECK, Eduardo Dias. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. In: **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 26-41, 2009.

PIRES, João Leonardo Fernandes; SOPRANO, Eliséo; CASSOL, Bibiana. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n 1, p. 41-50, 2002.

RADEMANN, Lucas Krein; ROBAINA, Luis Eduardo de Sousa; TRENTIN, Romário. Série histórica do uso e ocupação da terra no Município de Cacequi–RS de 1986 a 2016. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 9, n. 1, p. 34-49, 2019.

ROBAINA, Luis Eduardo de Sousa; TRENTIN, Romário. Definição das unidades fisiográficas do município de São Francisco de Assis, com aplicações de SIG. **Geo UERJ**, n. 37, 2020.

ROSSATO, Maíra Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Porto Alegre: Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 253 p. (Tese, doutorado em Geografia).

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge, Luis, Silva; **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 104 pág., 1996

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento**. UFU: Apostila. Uberlândia, 142 p., 2013.

SCHNORR, George Gabriel; SCCOTI, Anderson Augusto Volpato; PETSCH, Carina. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Vacacaí: centro do Rio Grande do Sul. **Revista Geonorte**, v. 12, n. 39, p. 44-63, 2021.

SIQUEIRA, Robéria de Medeiros Bonfim; HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia** n. 39. ed. 2, p. 1-15, 2011.

STEIW, Alvaro Debom. **Recentes mudanças na cobertura florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Lami, Porto Alegre, com dados de Sensoriamento Remotos e SIG**. Porto Alegre: Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019. 120 p. (Dissertação, mestrado em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento).

STRECK, Edeimar Valdir; KÄMPF, Nestor; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; KLAMT, Egon; NASCIMENTO, Paulo César do; SCHNEIDER, Paulo; GIASSON, Elvio; PINTO, Luis Fernando Spinelli. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2008.

TEOTIA, Harendra; RIBEIRO, George do Nascimento; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna. **Integração do sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG) para identificação, mapeamento e classificação do uso da terra e cobertura vegetal numa parte do Agreste Paraibano no Brasil**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, p. 4489-4496, abril de 2009.

VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 280p.

WILDNER, Wilson; RAMGRAB, Gilberto Emílio; LOPES, Ricardo da Cunha; IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura. **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. Porto Alegre: CPRM 1 DVD-ROM. Programa Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. 2006.

Artigo recebido em 22-08-2022
Artigo aceito para publicação em 27-02-2024