
Relação entre Condicionantes Ambientais e Ocorrência de Voçorocas no Município de Capão do Cipó/RS

Relationship between Environmental Factors and Occurrence of Gullies in the Municipality of Capão do Cipó/RS

Relación entre los Condicionantes Ambientales y la Ocurrencia de Cárcavas en el Municipio de Capão do Cipó/RS

Marinéli Moraes Gaberti¹

 <https://orcid.org/0001-0001-8208-7055>

Luís Eduardo de Souza Robaina²

 <https://orcid.org/0001-0002-2390-6417>

Romário Trentin³

 <https://orcid.org/0001-0002-0615-2801>

RESUMO: A degradação dos solos ganha destaque por estar diretamente relacionada com os processos produtivos de desenvolvimento socioeconômicos das populações. Este trabalho analisou a ocorrência de voçorocas visando correlacioná-las com os condicionantes ambientais e para essa análise foram utilizados diferentes parâmetros físicos como precipitação, relevo, litologias, solos, uso e ocupação da terra, sendo que para sua elaboração foi utilizado o software ArcGIS® Envi® e imagem de satélites, para o uso da terra, como também mapas preexistentes para as outras características físicas. Como principais resultados pode-se destacar a identificação de 33 voçorocas concentradas na porção sul do município de Capão do Cipó. Quando caracterizada a relação das voçorocas com as características da paisagem há uma predominância em relevo de colinas associadas ao elemento vale, com pontos de máximo avanço junto às áreas de cabeceiras de drenagem marcadas pelas maiores altitudes, declividade ao redor de 5% e formas côncavas-convergentes, estando associadas à litologia areníticas friáveis e latossolos espessos com uso agrícola. Conhecer e indicar áreas suscetíveis têm um papel importante no planejamento municipal, podendo assim apoiar propostas de planejamento e gestão.

PALAVRAS-CHAVES: parâmetros físicos; voçorocas; relevo; planejamento.

¹ Doutoranda em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: marinelemoraes@hotmail.com.

² Doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor titular da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br.

³ Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor titular da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: romario.trentin@gmail.com.

ABSTRACT: *Soil degradation gains prominence for being directly related to the socio-economic development processes of populations. This study analyzed the occurrence of gullies aiming to correlate them with environmental factors. Different physical parameters such as precipitation, relief, lithology, soils, land use, and land cover were used for this analysis. The software ArcGIS® Envi® and satellite imagery were utilized for land use analysis, while preexisting maps were used for other physical characteristics. The main results highlighted the identification of 33 gullies concentrated in the southern portion of the municipality of Capão do Cipó. When characterizing the relationship between gullies and landscape features, a predominance of hilly relief associated with valley elements was observed, with points of maximum advancement near the headwater's areas marked by higher altitudes, approximately 5% slope, and concave-convergent forms. These gullies were associated with friable sandy lithology and thick latosols with agricultural use. This information can support planning and management proposals, as identifying and indicating susceptible areas play an important role in municipal planning and management.*

KEYWORDS: *physical parameters; gullies; relief; planning.*

RESUMEN: *La degradación del suelo adquiere importancia al estar directamente relacionada con los procesos productivos de desarrollo socioeconómico de las poblaciones. Este estudio analizó la ocurrencia de barrancos con el objetivo de correlacionarlos con los condicionantes ambientales. Para este análisis se utilizaron diferentes parámetros físicos como precipitación, relieve, litología, suelos, uso y ocupación del suelo. En su elaboración se utilizó el software ArcGIS® Envi® y imágenes de satélite para el análisis del uso del suelo, así como mapas preexistentes para las demás características físicas. Entre los principales resultados, se destaca la identificación de 33 barrancos concentrados en la parte sur del municipio de Capão do Cipó. Al caracterizar la relación de los barrancos con las características del paisaje, se observa una predominancia de relieve colinoso asociado al elemento valle, con puntos de máxima expansión cerca de las áreas de cabeceras de drenaje marcadas por mayores altitudes, una pendiente de alrededor del 5% y formas cóncavo-convergentes. Estos barrancos están asociados con litología arenosa frágil y suelos lateríticos espesos con uso agrícola. Esto puede respaldar propuestas de planificación y gestión, ya que conocer e indicar áreas susceptibles desempeña un papel importante en la planificación municipal.*

PALABRAS-CLAVE: *parámetros físicos; barrancos; relieve; planificación.*

INTRODUÇÃO

A preocupação com a degradação dos solos ganha destaque por estar diretamente relacionada aos processos produtivos e desenvolvimento socioeconômicos das populações. A cada ano, pesquisadores de diferentes países se preocupam com os casos de erosões profundas. No ano de 2002, o 2º Congresso Internacional de Erosão dos Solos por Voçorocas sobre Mudanças Climáticas Globais, realizado em Chengchu (província de Sichuan - China), trouxe à tona essa problemática, ressaltando que ela não está restrita apenas às áreas rurais.

Estudos sobre os processos erosivos no Brasil são recorrentes e podem se destacar os trabalhos de Oliveira e Meis (1985), Guerra (2005), Bacellar e Morais (2005) e Drumond e Bacellar (2006). A análise dos condicionantes ambientais aos processos erosivos foi trabalhada por autores como: Robaina e Bazzan (2008), Maciel Filho *et al* (2013), Nummer *et al* (2014), Rademann, Trentin e Robaina (2018), e Oliveira, Trentin e Robaina (2019), os quais

contribuíram com pesquisas, sob diferentes formas de abordagens, da problemática da erosão dos solos e o desenvolvimento de feições erosivas.

Historicamente, os municípios do Rio Grande do Sul, especialmente os do oeste do estado, obtiveram seu desenvolvimento econômico baseado no uso intensivo da terra, transformando e potencializando a degradação do ambiente. Estudos sobre os processos erosivos vêm ganhando destaque nas últimas décadas, pois esse fenômeno gera impacto econômico para as atividades agrícolas, causando perda de solo e infertilidade, além de significativas alterações na paisagem.

Voçorocas são um estágio avançado do processo erosivo. O termo é originado da expressão em Tupi “Yby-çoroc”, que significa “terra-rasgada” (Bacellar, 2000), sendo que o quadro mais agravante e seus efeitos refletem-se na desconfiguração da paisagem e suas nocivas consequências para as atividades humanas (Cunha; Guerra, 2000). Na literatura mundial, esse tipo de feição erosiva é denominado “gully erosion”, sendo muito comum estudos sobre os processos que iniciam esse fenômeno, bem como sua gênese evolutiva.

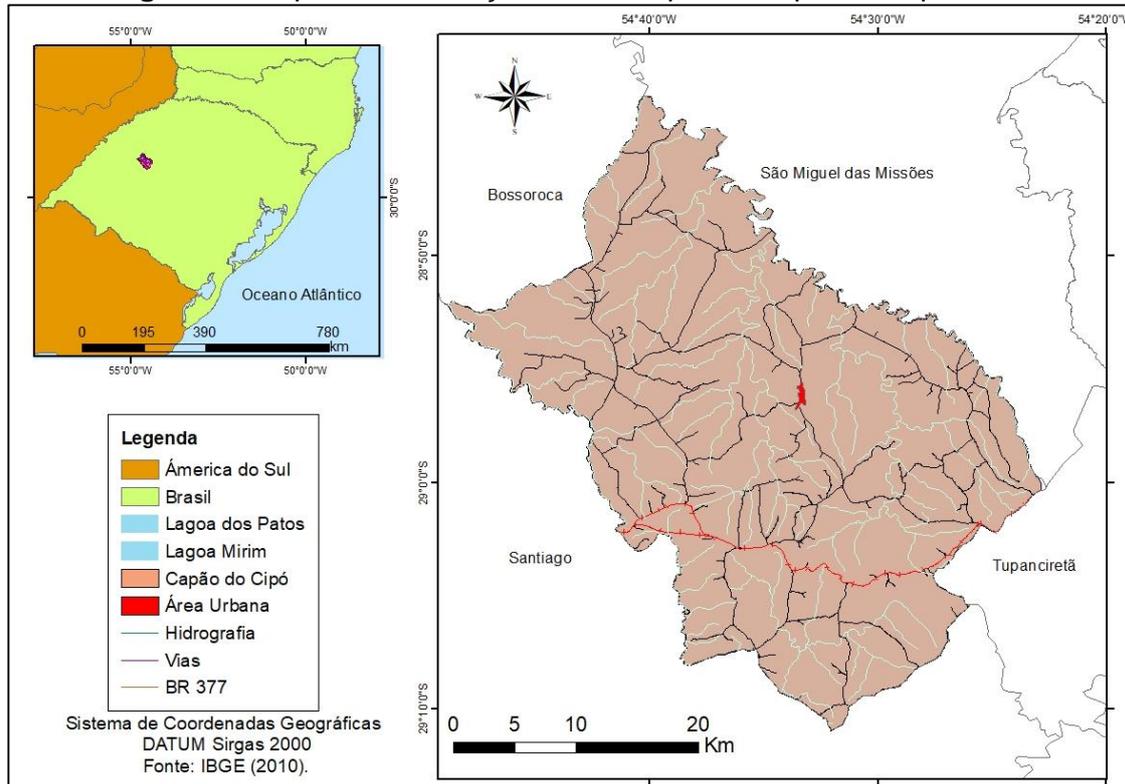
Erosão é um fenômeno bastante complexo, uma vez que envolve a ação direta ou indireta de diversos fatores, tais como as características geológicas e geomorfológicas, os tipos de solos, clima, vegetação, além da interferência humana que modifica as condições naturais de cada um deles. Devido à complexidade do processo, o qual envolve diversos mecanismos e condicionantes, a erosão tem sido tema de pesquisas em diversas áreas, principalmente agronomia, geologia, geografia e geotecnia. Entretanto, apesar de todos os estudos já desenvolvidos, o entendimento do processo ainda não é completo, pois ele sofre a interferências de diversos fenômenos, por isso é importante continuar estudando esses processos para entender melhor como eles funcionam e como podemos prever ou controlá-los.

O presente trabalho analisou as erosões lineares profundas, denominada voçorocas, visando relacionar a sua ocorrência com os condicionantes ambientais. Áreas de grande ocorrência de processos erosivos são significativas na região oeste do estado do Rio Grande do Sul, como é o caso do município de Capão do Cipó.

O município está inserido no bioma Pampa, e caracteriza-se pela ocorrência de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral relacionada ao magmatismo fissural, que afetou a Bacia do Paraná no Mesozoico, e rochas sedimentares definidas como pós-vulcânicas. Apresenta solos com grande concentração de óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, com uso predominantemente agrícola. O município é baseado no setor primário, com destaque para a produção de soja e de trigo. É ranqueado em 11º lugar como maior produtor de soja do Rio Grande do Sul e o 14º maior produtor de trigo do Brasil (EMATER, 2014).

Está localizado aproximadamente a 496 quilômetros da capital do estado do Rio Grande do Sul, fazendo divisa com os seguintes municípios: Bossoroca (noroeste), Santiago (sul), São Miguel das Missões (norte) e Tupanciretã (sudeste). Geograficamente situa-se na Região Oeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo delimitado pelas coordenadas geográficas 28° 50' 00" e 29° 10' 00" de latitude sul e 54° 40' 00" e 54° 20' 00" de longitude oeste (figura 1).

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Capão do Cipó/RS



Fonte: Os autores.

METODOLOGIA

A metodologia se inicia com a revisão bibliográfica e construção do Modelo Digital de Elevação, através de imagens da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 90 metros obtidas junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para os estudos utilizou-se o software ArcGIS® 10.1.4.

Para a análise das precipitações adotou-se um acumulado de dados de 11 anos, 2010 a 2021, onde se calculou a média mensal para cada ano e com os valores encontrados determinando-se os valores médios de precipitação mensal no período. A data escolhida se deve em decorrência da disponibilidade dos dados da estação meteorológica do INMET no município vizinho, Santiago, o qual fica localizado mais próximo a Capão do Cipó. Essa

estação possuía dados a partir do ano de 2009 e como esse ano ainda estava incompleto, optou-se pela não utilização do mesmo, iniciando-se a partir do ano subsequente.

Para determinar o fator erosividade foi utilizada a equação proposta por Wischmeier e Smith, (1978) (equação 1).

$$EL_{30} = 67;955 \left(\frac{-r^2}{p} \right)^{0,85} \quad (1)$$

Onde: EI30 - média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹); r=precipitação média mensal (mm); p= precipitação média anual (mm).

O fator erosividade das chuvas (R), que permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, permite conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo (Menezes; Leite, 2011). Esse fator foi determinado a partir da (equação 2).

$$R = \sum_1^{12} EI30 \quad (2)$$

Onde: R - Fator erosividade das chuvas (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹); EI30 - média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹).

A hipsometria foi representada por cinco classes, obtidas através do método de quebras naturais (Jenks) do software ArcGis® 10.1.4, representadas nos seguintes intervalos de classes de altitudes (metros): 165 – 240; > 241 – 284; 285-324,> 325-361,>362-440, por meio do histograma de frequência realizado na interface do programa ArcGIS® 10.1.4.

O mapa de declividade e curvaturas das vertentes de Capão do Cipó foi elaborado a partir da ferramenta *Slope* e *Curvature* disponível no módulo *Spatial*. Para a definição das formas de relevo utilizou-se, como base, a proposta de classificação do relevo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), modificada e adaptada seguindo algumas particularidades do relevo da área de estudo (quadro 1).

Quadro 1 - Classificação das formas de relevo do município de Capão do Cipó/RS

Amplitude Altimétrica	Declividade	Formas do Relevo
<100 metros	<2%	Áreas planas
	2%-5%	Colinas Suavemente onduladas
<100 metros	5%-15%	Colinas Fortemente onduladas

Fonte: Adaptada de IPT (1981).

Para a análise da distribuição das litologias e dos solos utilizou-se como base os mapeamentos apresentados pelo IBGE (2018, 2021), em escala 1:250.000. A validação e

detalhamento dos dados litológicos e de solos foram obtidos com a realização dos trabalhos de campo através de estradas e caminhos.

Com a finalidade de combinar o perfil e o plano de curvatura das vertentes da área de estudo, foi utilizada a ferramenta combine no módulo Spatial Analyst disponível no ArcGIS® 10.1 e, como entrada de dados, adotou-se os arquivos obtidos na classificação do perfil e do plano de curvatura das vertentes.

Para uso e ocupação da terra do município utilizou-se as imagens de satélite de 30 metros obtidas através do website do USGS¹, sendo que a data da imagem foi de 24/12/2021. O processo de classificação das imagens foi realizado por meio da utilização do software Envi®, e amostras foram coletadas referentes às classes de uso da terra estabelecidas na área de estudo. Posteriormente a isso, a técnica de edição dos mapas e os cálculos das áreas foram realizadas no ArcGIS®. É importante destacar que, para a classificação das imagens no ambiente do software Envi®, foi utilizado o algoritmo da máxima verossimilhança (MAXVER), que consiste em uma ferramenta de classificação supervisionada, utilizando parâmetros estatísticos visando áreas homogêneas ou aquelas que possuem o mesmo valor numérico.

Na identificação das voçorocas foi utilizada como base a imagem de satélite disponível no Google Earth do satélite **Landsat 8** no Sistema de Informações Geográficas QGIS 3.1, através da ferramenta QuickMap Services, com imagens de satélite de alta resolução (normalmente cerca de 0,5 metros) em visualização RGB - visível - (Karydas; Panagos, 2020). O registro das feições erosivas foi realizado de forma manual, por interpretação visual, considerando aspectos de formas, tonalidades, texturas e sombras, de acordo com método adotado por outros autores (Knierin; Trentin; Robaina, 2018)

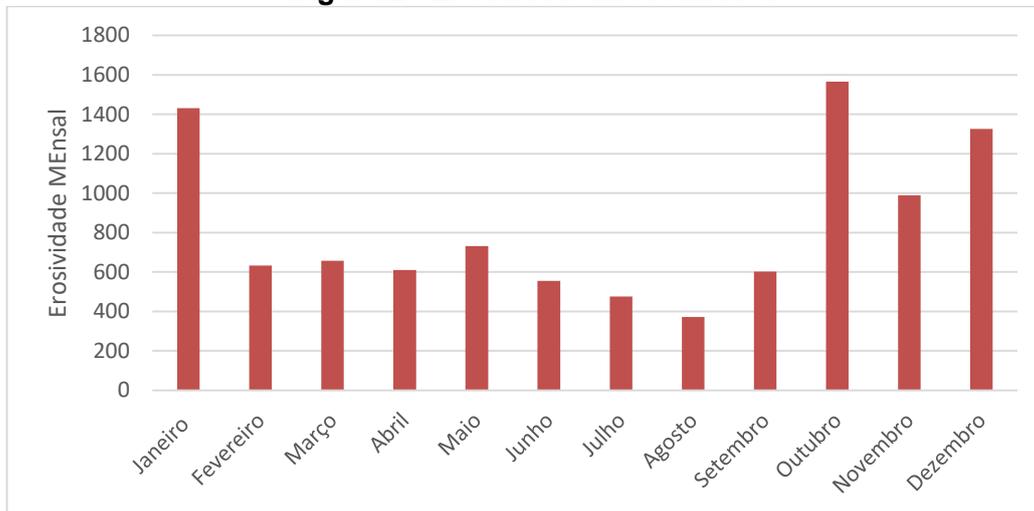
De posse do mapeamento da modelagem do relevo, foi realizado o cruzamento dos *layers* dos processos erosivos lineares com os diferentes fatores avaliados através da ferramenta *Intersect*, do módulo *Analysis*, do ArcGIS® 10.1. 1.

RESULTADOS

A análise das condições de erosividade, no município de Capão de Cipó, referente ao período de 2010 a 2020, identificou a precipitação pluvial média anual de 1291,33 milímetros. O ano de 2010 foi o de maior pluviosidade, com o total de chuvas de 1527,60 milímetros, enquanto o ano de menor pluviosidade foi 2020, com 505,40 milímetros de chuva. Em relação às médias mensais, os meses de janeiro, outubro e dezembro possuem a maior pluviosidade média, respectivamente com 218, 191 e 173 milímetros de chuva. Nota-se, ainda, que os meses de agosto, julho e junho foram os de menor pluviosidade média mensal, com 82, 85, e

114 milímetros de chuva, respectivamente. A erosividade média mensal das chuvas de Capão do Cipó, variou de 372,43 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no mês de agosto, a 1.565,07 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no mês de outubro (figura 2).

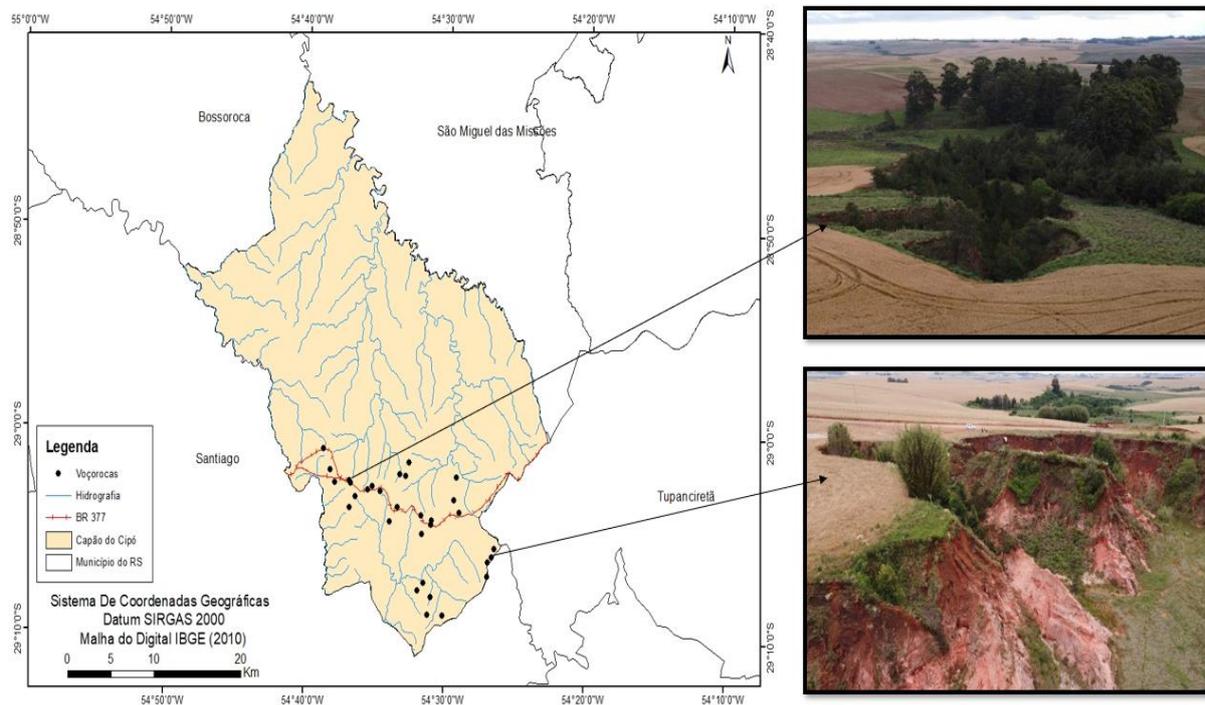
Figura 2 - Erosividade Média Mensal



Fonte: Os autores.

Observa-se que os maiores valores de EI30 concentraram-se nos meses de janeiro, outubro, novembro e dezembro e os menores nos meses de junho, julho e agosto. Para análise dos condicionantes ambientais foi realizada a localização das voçorocas a partir das imagens do Google Earth, da data de 06 de dezembro de 2017, do satélite **Landsat 8 e trabalhos** de campo, permitindo a identificação de 33 voçorocas concentradas na porção sul do município de Capão do Cipó (Figura 3), que são definidas pelo ponto de sua cabeceira.

Figura 3 - Localização das Voçorocas



Fonte: Os autores.

Análise dos condicionantes ambientais

O município de Capão do Cipó tem uma amplitude altimétrica de 260 metros com predominância das altitudes no intervalo de 324 a 326 metros em 27,67% do município. As menores altitudes estão registradas na região norte e nordeste-leste do município, com valores inferiores a 285 metros. As altitudes superiores a 324 metros ocorrem ao sul e oeste do município, sendo a classe mais representativa entre 324 e 361 metros (quadro 2, figura 4).

Quadro 2 - Classes de Hipometria

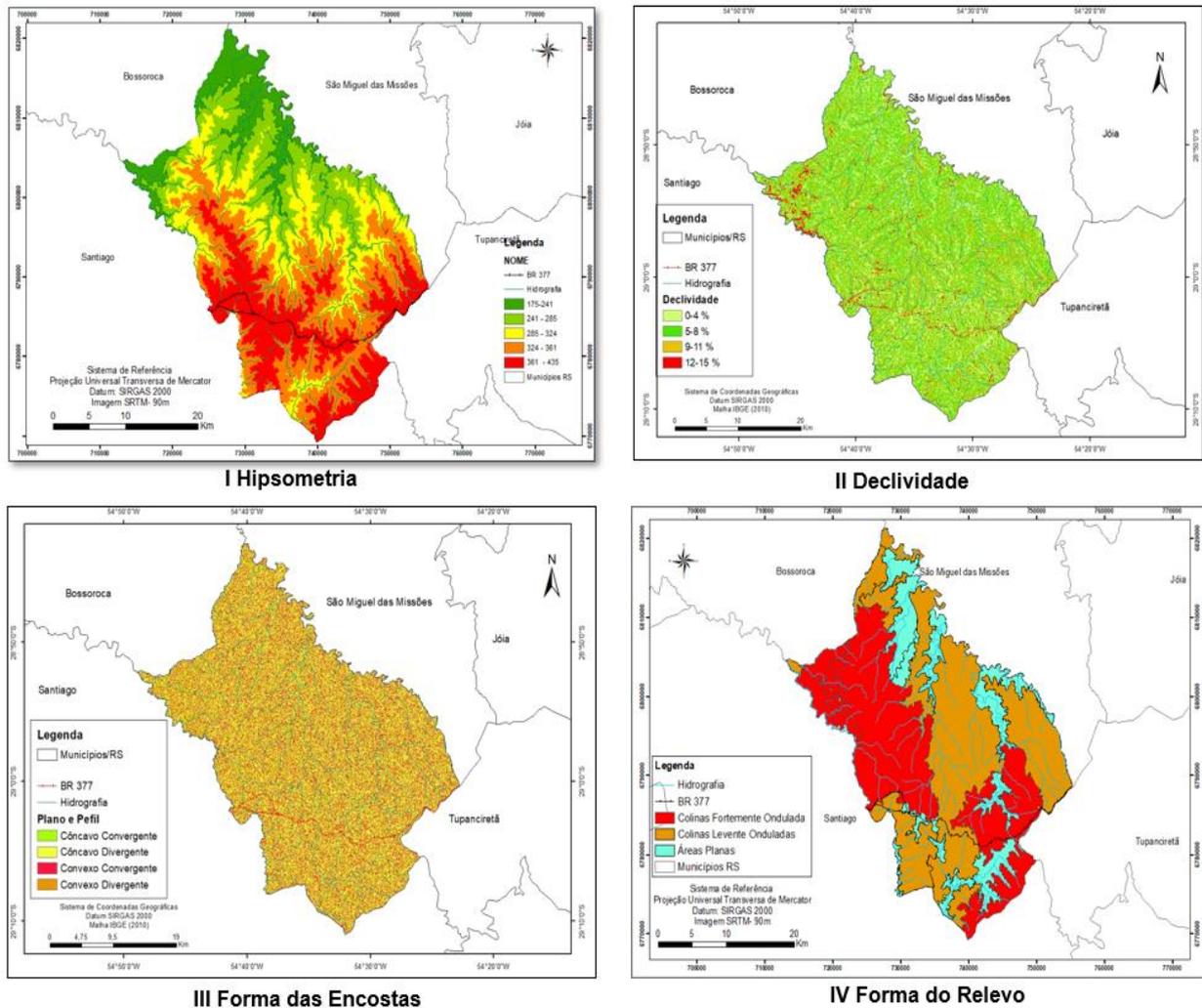
Classes Hipsométricas	Área (%)
175-241 m	12,56
241-285 m	18,85
285-324 m	21,62
324-361m	27,67
261-435m	19,30
Total	100

Fonte: Os autores.

As classes de declividades podem ser observadas no quadro 3, com a distribuição percentual e na figura 4, onde se observa a distribuição espacial. Predominam encostas com

inclinação até 4%, com 56,36% da área do município representando uma área de relevos suaves. As declividades superiores a 12% ocorrem somente na porção noroeste do município.

Figura 4 - Características do Relevo no Município de Capão do Cipó (Hipsometria, Declividade, Formas das Encostas e Formas do Relevo)



Fonte: Os autores.

Quadro 3 - Classes de Declividade

Classes de Declividade	Área (%)
1% - 4%	56,36%
5% - 8%	23,39%
9% - 11%	13,15%
12% -15%	7,10%
Total	100

Fonte: Os autores.

Quanto à forma das encostas predominam as encostas côncavo-convergentes que se caracterizam pelo acúmulo e a concentração máxima dos fluxos de escoamento. A distribuição percentual está apresentada no quadro 4 e a distribuição espacial na figura 4.

Quadro 4 - Classes Curvatura das Vertentes

Classe	Área (%)
Côncavo-Convergente	34,12
Côncavo-Divergente	17,45
Convexo-Convergente	16,13
Convexo-Divergente	32,30
Total	100

Fonte: Os autores.

As formas de relevo são caracterizadas por áreas planas onde a declividade não ultrapassa 2%, comumente associadas à planície de inundação; colinas suavemente onduladas com amplitudes entre 20 e 40 metros e declividade entre 2 e 5%; colinas fortemente onduladas com amplitudes entre 40 e 60 metros e declividades entre 5 e 15% (figura 4).

As rochas vulcânicas, conforme IBGE (2010), compreendem as Fácies Paranapanema e Fácies Caxias. A Facie Paranapanema se encontra localizada no extremo norte do município ocupando uma área de 46% do total, sendo a unidade com maior representatividade na área de estudos. A Facie Caxias se encontra localizada em uma faixa central no município ocupando uma porção de 20% da área de estudo (figura 5).

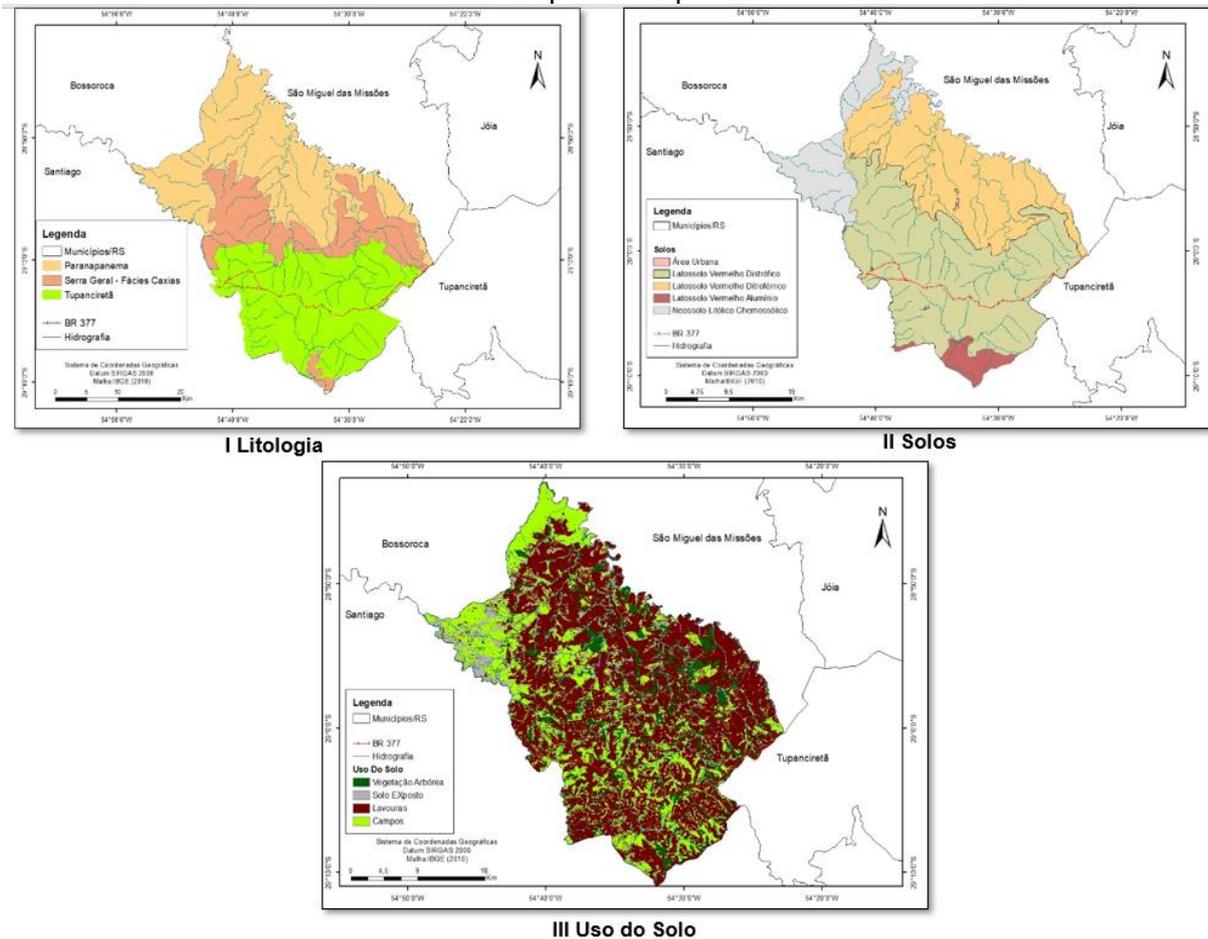
A unidade de rochas sedimentares é formada por arenitos finos a muito finos, frequentemente arenitos-silticos, de cor avermelhada, caracterizada como pertencente à Formação Tupanciretã (Menegotto; Sartori; Maciel Filho, 1968).

Com relação aos solos, de acordo com a classificação do IBGE (2021), a área do município de Capão do Cipó está dividido em quatro tipos de solos: Latossolo Vermelho distrófico; Latossolo Vermelho distroférico; Latossolo Vermelho alumínio; Neossolo Litólico chernossólico.

O Latossolo Vermelho distrófico apresenta cores vermelhas acentuadas, devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, e está concentrado no centro da área de estudo, ocupando uma área de 40,56% do total do município. O Latossolo Vermelho distroférico apresenta as mesmas características físicas do Latossolo Vermelho distrófico, sendo diferente somente em sua característica química, e se encontra localizado mais concentradamente a oeste do município, ocupando uma área de 29,44% da área de estudo. O Latossolo Vermelho alumínio apresenta como principal característica o horizonte B textural, e ocorre no extremo sul do

município, ocupando uma área de 11,65 %. O Neossolo Litólico chernossólico é um solo raso sobre a rocha com altos teores de matéria orgânica no horizonte mineral A, ocorrendo no extremo noroeste do município.

Figura 5 - Espacialização das Litologias, Solos e de Uso e Ocupação no Município de Capão do Cipó



Fonte: Os autores.

A análise do uso e ocupação da terra a classificação supervisionada permitiu individualizar cinco classes: vegetação arbórea, solo exposto, campos, lavouras e área urbana (figura 5).

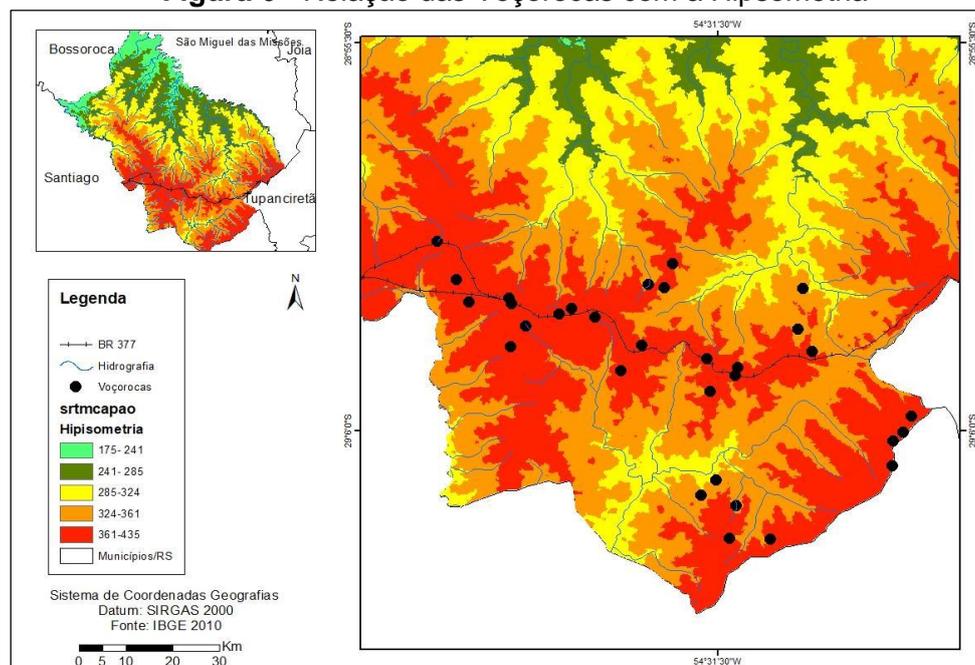
A distribuição da classe vegetação arbórea se dá em uma pequena porção, sendo que essa limita-se a oeste da área de estudos, ocupando 7,65% do total. A classe denominada lavoura ocupa 61,58% do total, confirmando os dados do município, de forma expressiva a produção de grãos de trigo, milho e, principalmente, de soja. A classe de solo exposto está distribuída em pequenas porções por praticamente todo o município, totalizando uma área de 5,68% do total da área de estudo. Os campos se concentram no extremo norte e oeste com 22,09% do total da área. A área urbana está localizada no centro oeste do município, com uma pequena representação de somente 3% do total da área do município.

Discussão

Os dados de precipitação mostram que a região onde se localiza o município de Capão de Cipó apresenta o valor do fator R, da Equação Universal de Perdas do Solos, de 9950.02 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, considerada, portanto, com classe de erosividade “Muito Forte”, favorecendo o desenvolvimento de processos erosivos de grande porte.

A análise do relevo indica que as voçorocas identificadas estão em sua maioria na classe entre 361 a 435 metros e, secundariamente, nas classes 324 a 361 metros (figura 6), que marcam áreas de cabeceiras de drenagem. A associação de voçorocas com rupturas de declive está presente em estudos onde essas feições aparecem ligadas à regressão de linhas de ruptura da vertente por erosão remontante (Ponçano; Prandini, 1987).

Figura 6 - Relação das Voçorocas com a Hipsometria



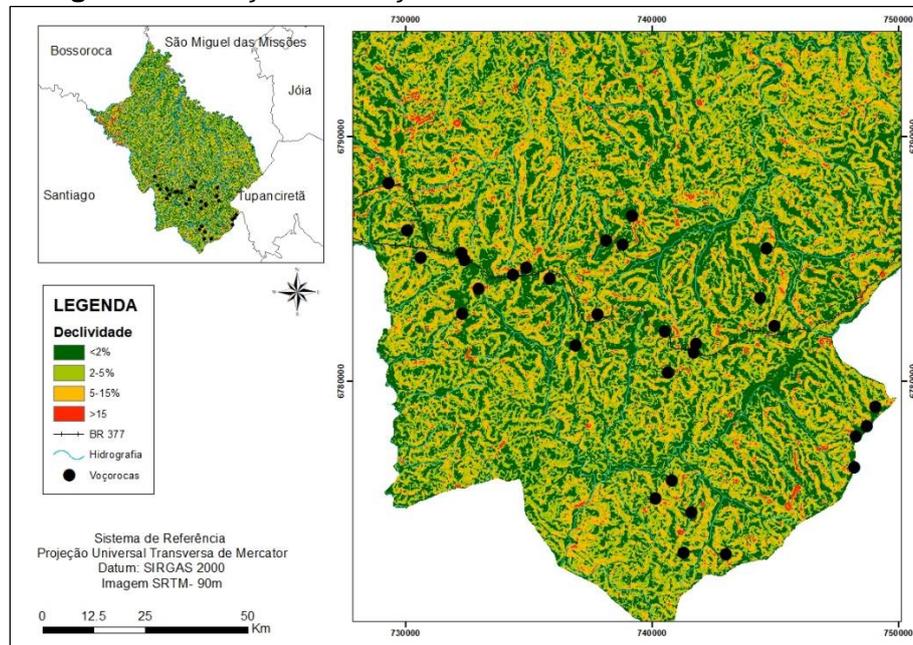
Fonte: Os autores.

A declividade da encosta propicia o desenvolvimento de voçorocas pois está associada à possibilidade de escoamento superficial e infiltração que permite a ação das águas subterrâneas. Dessa forma, não se encontram voçorocas em inclinações acentuadas ou muito reduzidas. Na área, observa-se que a maior parte das feições estão localizadas em declividades de 5 e 6% (figura 7).

Com relação às curvaturas das vertentes, para Rodrigues e Vilar (1984) e Augustin (1999) as voçorocas estão relacionadas às áreas em concavidades. Na área, a grande maioria das voçorocas estudadas encontra-se em encostas côncavas de perfil convexo, sendo que

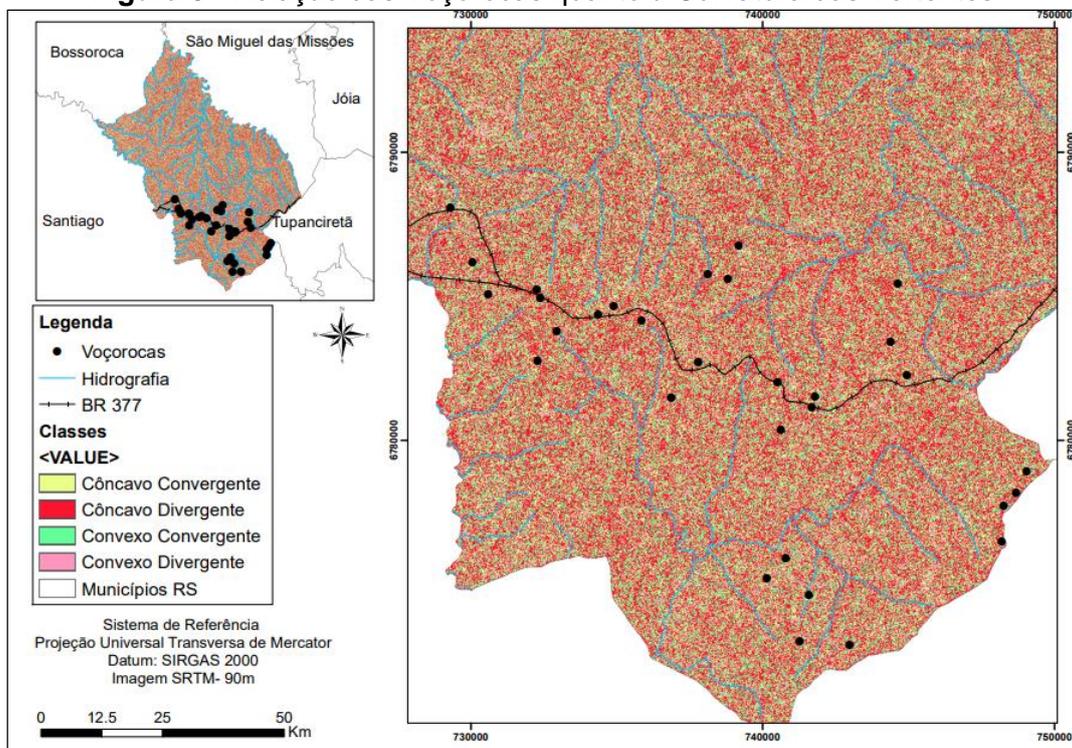
90% dessas voçorocas então localizadas nessas encostas (figura 8). Em geral, essas áreas situam-se em nascentes, fundo de vales e cabeceiras de drenagens, especialmente as que têm formas de anfiteatros côncavos.

Figura 7 - Relação das Voçorocas e a Declividade das Encostas



Fonte: Os autores.

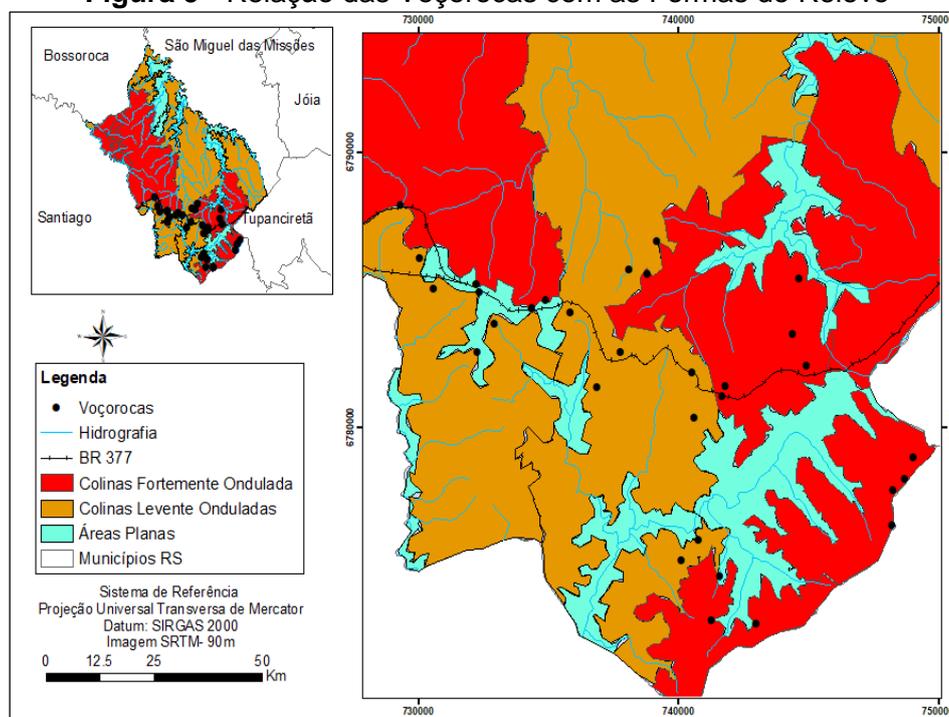
Figura 8 - Relação das Voçorocas quanto à Curvatura das Vertentes



Fonte: Os autores.

Com relação às formas de relevo, observa-se que as voçorocas foram identificadas em áreas classificadas como colinas, mais significantes nas classes de colinas fortemente onduladas e colinas levemente onduladas onde o escoamento superficial é importante, mas existe ampla infiltração que permite ação da água subterrânea (figura 9). Ribeiro e Salomão (2003) definiram que as áreas muito suscetíveis a ravinas e voçorocas são as muito favoráveis à instalação de fenômenos de *piping*. Os processos de voçorocamento se desenvolvem em locais de gradientes hidráulicos subterrâneos elevados, sendo que estão associados a materiais da zona de percolação do lençol freático com características que permitem a remoção e transporte das suas partículas.

Figura 9 - Relação das Voçorocas com as Formas do Relevo



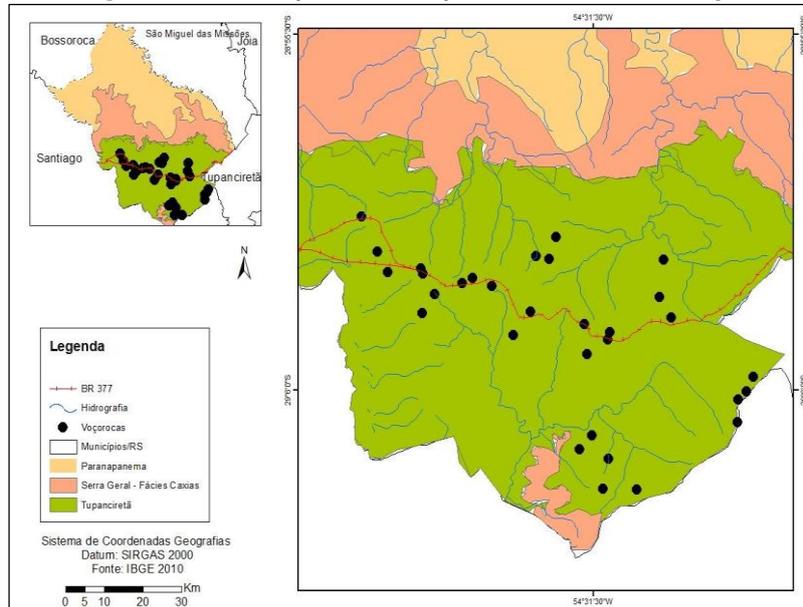
Fonte: Os autores.

Autores como Casseti (1995) consideram o substrato litológico como um fator de extrema importância, pois pode apresentar discontinuidades e pontos de fraqueza, onde há o escoamento preferencial da água, além de fornecer material para a formação do solo, interferindo na sua estrutura, mineralogia e textura. Na área de estudo se destaca a importância das litologias na formação das voçorocas, pois todas estão associadas aos arenitos friáveis da Formação Tupanciretã (figura 10).

Pruski (2009) salienta que o comportamento do solo em relação à erosão, conhecido como erodibilidade, constitui uma propriedade que depende da capacidade de infiltração e de armazenamento da água e das forças de resistência do solo à ação da chuva e do escoamento superficial. Na área de estudo se destaca a presença de voçorocas em solos

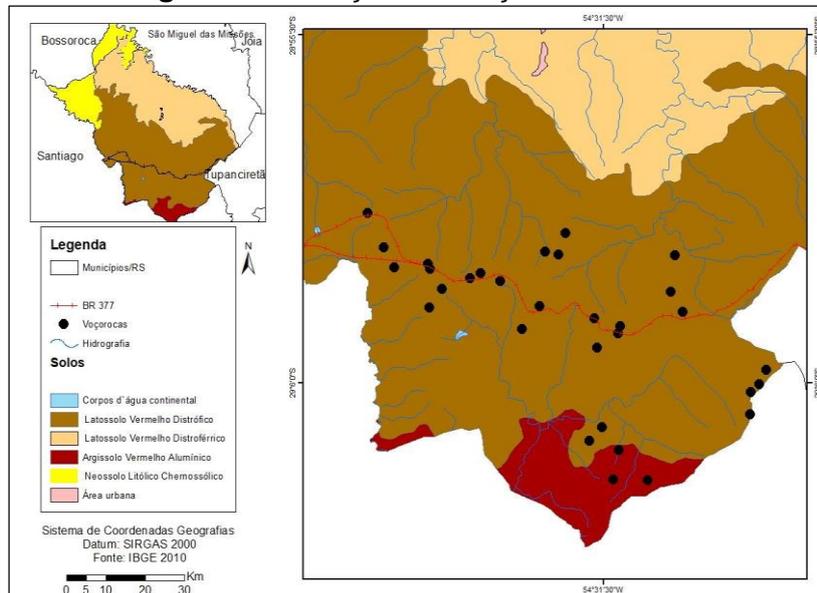
classificados como Latossolo Vermelho distrófico que são representados por solos bem drenados com significativa infiltração, estando associados a rocha friável subjacente (figura 11).

Figura 10 - Relação das Voçorocas com a Litologia



Fonte: Os autores.

Figura 11 - Relação das Voçorocas com os Solos

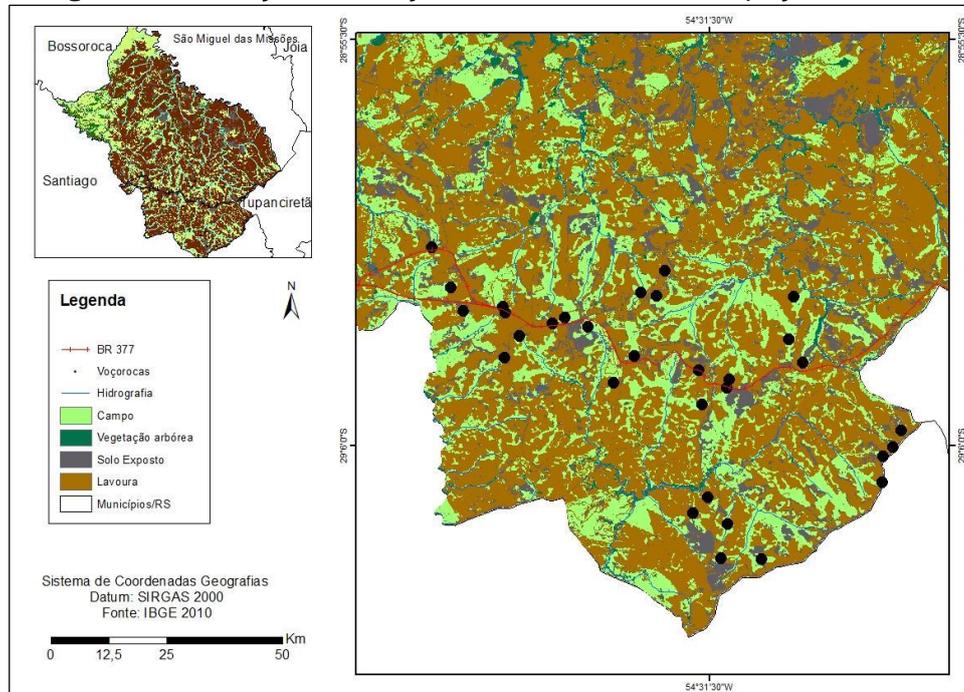


Fonte: Os autores.

A ação antrópica pode influenciar de modo a acelerar os processos erosivos e algumas vezes induzir o processo quando promove a concentração de fluxo d'água. Nesse sentido, Casseti (1995) observa que a partir do momento em que a vertente começa a ser ocupada pelo homem, processo esse iniciado com a retirada da cobertura vegetal, as relações

processuais morfodinâmicas são alteradas. A grande maioria das voçorocas estão localizadas em áreas de colinas com intensa atividade agrícola e de pecuária, em cabeceiras de drenagem e áreas próximas a estradas e rodovias do município (figura 12).

Figura 12 - Relação das Voçorocas com o Uso e Ocupação da Terra



Fonte: Os autores.

Os produtores plantam muito próximo às voçorocas, e outros lugares, onde as áreas próximas às voçorocas não podem sofrer inversão mecanizada, são destinadas a campo e inserido o uso de pastagens para gado bovino.

CONCLUSÃO

Este trabalho identificou e cartografou as voçorocas existentes e relacionou as ocorrências das voçorocas com a paisagem do município. Pode-se considerar que a relação das voçorocas com as características da paisagem indica uma predominância em relevo de colinas, com pontos de máximo avanço junto às áreas de cabeceiras de drenagem marcadas pelas maiores altitudes, caracterizados por declividade ao redor de 5% e formas côncavas-convergentes e associação a litologia areníticas friáveis e Latossolos espessos e com uso agrícola.

Os dados obtidos permitem entender melhor os fatores controladores do desenvolvimento dos processos e, portanto, contribui na identificação de condições ambientais suscetíveis.

As erosões lineares profundas são um fator de risco ao desenvolvimento de atividades econômicas e, portanto, conhecer e indicar áreas suscetíveis têm um papel importante no planejamento do município.

Este estudo é base para o desenvolvimento de estudos de maior detalhe, com análise das diferentes formas e comportamentos dos processos erosivos, que vão permitir ampliar o conhecimento dos processos que ocorrem no município, permitindo indicação de ações que minimizem o risco.

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha. The relationship between gully erosion and land use in Gouveia, Minas Gerais. *In: REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY*, 1999, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: [s. n.], 1999. p. 17-22.

BACELLAR, Luis de Almeida Prado. **Condicionantes geológicas, geomorfológicas e geotécnicas dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

BACELLAR, Luis de Almeida Prado; MORAIS, Fernando. Influência do método na predição das propriedades hídricas do solo. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA*, 12., 2005, Quito. **Anais** [...]. Quito: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2005. p. 13-25.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1995.

CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

DRUMOND, Flávio Nasser; BACELLAR, Luís de Almeida Prado. Caracterização hidrossedimentológica e dos processos evolutivos de voçoroca em área de rochas gináissicas do Alto Rio das Velhas (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 7, n. 2-5, p. 87-96, 2006. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.81>

EMATER - EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **4º Expo Cipó é a atração no município de Capão do Cipó**. Capão do Cipó: EMATER, 2014. Disponível em: [Emater/RS - Referência de Qualidade em Extensão Rural \(tche.br\)](http://emater/rs-referencia-de-qualidade-em-extensao-rural-tche.br). Acesso em: 10 maio 2022.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 32-37, 2005. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0003>

IBGE. **Malha municipal do ano de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/basescartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 18 jan. 2022.

IBGE. **Base litológica do ano de 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/basescartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 25 mar. 2022.

IBGE. **Base de solos do ano de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/basescartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 2 fev. 2022.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. **IPT**, São Paulo, v. 2, p. 130, 1981. Escala 1:500.000.

KARYDAS, Christos; PANAGOS, Panos. Towards an assessment of the ephemeral gully erosion potential in Greece using google earth. **Water**, Basel, v. 12, n. 2, p. 603-612, 2020. DOI 10.3390/w12020603

KNIERIN, Igor da Silva; TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Relação dos processos erosivos lineares com os atributos do relevo no município de Unistalda-RS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 23-39, 2018. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.23397>

MACIEL FILHO, Carlos Leite; NUMMER, Andrea Valli; SILVA, José Luiz Silvério da; SANGOI, Dionísio Saccol; DESCOVI FILHO, Leônidas. Feições de carste sobre a formação serra geral na região de Vacaria, RS, e Lages, SC. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 48, p. 197-208, 2013. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG144821692>

MENEGOTTO, Egydio; SARTORI, Pedro Luiz Pretz; MACIEL FILHO, Carlos Leite. Nova sequência sedimentar sobre a serra geral no Rio Grande do Sul. **Instituto de Solos e Culturas**, Santa Maria, v. 1, p. 1-17, 1968. Publicação Especial.

MENEZES, Michele Duarte; LEITE, Fernando Palha. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p.1029-1039, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400003>

NUMMER, Andréa Valli; ÁVILA, Luciele Oliveira de; GUARESCHI, Vinícius Duarte; PINHEIRO, Rinaldo José Barbosa. Relação entre feições doliniformes e a evolução de uma voçoroca em cabeceira de drenagem na bacia hidrográfica do Arroio Sarandi, municípios de Santa Maria e Dilermando de Aguiar-RS. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 10, n. 2, p. 1-17, 2014. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.13379>

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira; MEIS, Maria Regina Mousinho. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). **Geociências**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 87-99, 1985.

OLIVEIRA, Mariana Xavier de; TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. Avaliação da fragilidade erosiva usando cruzamento de mapas com apoio do sistema de informação geográfica do município de São Francisco de Assis/RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 38, p. 83-94, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v38i1.157356>

PONÇANO, Waldir Lopes; PRANDINI, Fernando Luiz. Boçorocas no Estado de São Paulo: uma revisão. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE CONTROLE DE EROSIÃO, 4., 1987, Marília. **Anais** [...]. Marília: ABGE, 1987. p. 149-178.

PRUSKI, Falco. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: UFV, 2009.

RADEMANN, Lucas Krein; TRENTIN, Romário; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Relação das variáveis ambientais com os processos erosivos no município de Cacequi, Rio Grande do Sul. **Revista Geoaraguaia**, Barra do Garças, v. 8, n. 2-7, p. 32-48, 2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/7675>. Acesso em: 20 jan. 2021.

ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; BAZZAN, Thiago. Feições cársticas em rochas siliciclásticas no oeste do Estado do Rio Grande do Sul–Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 53-64, 2008. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v9i2.109>

RIBEIRO, Joaquim Corrêa; SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Suscetibilidade dos solos à erosão na microbacia do córrego Fonseca, região serrana do Estado do Rio De Janeiro. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 83-95, 2003. Disponível em: http://revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22_1/8.PDF. Acesso em: 20 jan. 2021.

RODRIGUES, José Eduardo; VILAR, Orenco Monje. Estudo geotécnico dos fenômenos erosivos acelerados (voçorocas). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 1984, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: CBGE, 1984. p. 169-182.

Recebido: junho de 2017.

Aceito: outubro de 2017.