

RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS COM OS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE CACEQUI, RIO GRANDE DO SUL¹

RELATION OF THE ENVIRONMENTAL VARIABLES WITH THE EROSION PROCESSES IN THE MUNICIPALITY OF CACEQUI, RIO GRANDE DO SUL

Lucas Krein Rademann

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria

lucasrademann@yahoo.com

Romário Trentin

Professor do Programa de Pós Graduação em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria

romario.trentin@gmail.com

Luís Eduardo de Souza Robaina

Professor do Programa de Pós Graduação em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria

lesrobaina@yahoo.com.br

RESUMO

Os estudos sobre problemas ambientais, sobretudo processos erosivos, têm recebido destaque nas últimas décadas na Região Oeste do Rio Grande do Sul, pois geram grande impacto econômico no campo, causando perda de solo e de fertilidade. Este trabalho tem como objetivo o mapeamento dos processos erosivos no município de Cacequi, através de ferramentas de geoprocessamento, e a sua relação com as demais variáveis ambientais do município. Para a delimitação dos processos erosivos foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução. Os processos erosivos foram digitalizados manualmente com interpretação visual sobre a imagem considerando processos as marcas de sulcos, ravinas e voçorocas presentes na imagem. As demais variáveis ambientais foram mapeadas e analisadas no SIG ArcGIS 10.1. Posteriormente, as variáveis ambientais foram relacionadas com os processos erosivos e notou-se uma maior relação com as unidades morfolíticas, mostrando estreita relação com os aspectos do relevo e da litologia. Também se observa que há uma ligação com a ação antrópica entre os processos em Cacequi e o Uso do Solo. Tendo em vista que a erosão dos solos são indicadores de degradação ambiental, o trabalho se mostrou importante para futuros estudos

¹ Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio de financiamento da pesquisa.

geoambientais e para a mitigação dos problemas ambientais de erosão encontrados em Cacequi.

Palavras-chave: Processos Erosivos; Geoprocessamento; Cacequi-RS.

ABSTRACT

Studies on environmental problems, particularly erosive processes have been highlighted in recent decades in the Western Region of Rio Grande do Sul, because they generate significant economic impact in the field, causing loss of soil and fertility. This study aims to map the erosion processes in the municipality of Cacequi through geoprocessing tools, and its relationship with other environmental variables of the municipality. For the delimitation of erosion was used high resolution satellite images. The erosive processes were scanned manually with visual interpretation of the image processes considering the marks of furrows, ravines and gullies of the image. The other environmental variables were mapped and analyzed in GIS ArcGIS 10.1. Later the environmental variables were related to the erosive processes and noticed a greater relationship with morpholitoogy units, showing a close relationship with aspects of relief and lithology. It is also observed that there is a connection with the anthropic action between processes in Cacequi and Land Use. Since soil erosion are indicators of environmental degradation, the study proved to be important for future geo-environmental studies and to mitigate the environmental problems of erosion found in Cacequi.

Keywords: Erosion, GIS, Cacequi-RS.

1-INTRODUÇÃO

Os estudos sobre processos erosivos têm recebido destaque nas últimas décadas, pois geram impacto econômico para atividade agrícola, causando perda de solo e de fertilidade, bem como, produzem alterações significativas na paisagem. Apesar da ocorrência de erosão ser um processo natural da dinâmica do relevo, a ação antrópica pode influenciar de maneira a acelerar os processos erosivos ou mitiga-los, portanto se torna importante o estudo e análise destes processos.

Robaina e Trentin (2004) destacam que a degradação dos solos associada a processos erosivos pode ser considerado um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias. Assim, os processos erosivos são um importante tema de estudo em relação aos problemas ambientais, pois implica na capacidade produtiva do solo tendo consequências ambientais e sociais. O processo erosivo é um fator importante a se destacar em estudos regionais tendo em vista a sua atuação na degradação do solo, tornando-se uma variável crucial para o planejamento regional.

Quanto à erosão, Guerra (1993) define como o trabalho mecânico de destruição exercido pelas águas correntes, carregadas de sedimentos, destruindo as saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem. Já de acordo com Bigarella (2003) a erosão pode ser compreendida como o desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Desta forma, implica na relação de fragmentação mecânica das rochas ou na decomposição química das mesmas, bem como a remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo. Portanto, neste trabalho a erosão é entendida como a desagregação e o transporte dos materiais da encosta, acarretando na ocorrência de sulcos, ravinas e voçorocas.

A degradação dos solos associada aos processos erosivos avançados, afetam tanto terras agrícolas como áreas de vegetação natural, e estes processos, hoje, podem ser considerados, de grande preocupação, pois causam perdas econômicas em atividades agrícolas. Desta forma, salientam Maciel Filho e Nummer (2011) que a erosão tem como efeito imediato a perda de camadas de solo fértil, acarretando menores produções agrícolas e conseqüente desvalorização. Ainda é importante destacar que os processos erosivos mais acelerados causam significativos impactos visuais na paisagem à qual se associam. Também é importante relevar que o material infértil desagregado a montante, transportado e depositado pela erosão nas áreas de baixada pode diminuir a fertilidade do solo nestas áreas.

A região Oeste do Rio Grande do Sul possui um passivo ambiental muito pronunciado, com muitas áreas suscetíveis a processos erosivos devido às características fisiográficas de rocha e solo muito friáveis com textura areno-siltosa e estruturas mal desenvolvidas (ROBAINA e TRENTIN, 2004; CORRÊA, 2006). Nestas áreas há uma capacidade de carga muito baixa para a atividade pecuária, aumentando o risco de degradação do solo, e ainda, este solo arenoso quando exposto em sua época de preparo de plantio, com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, aumenta a suscetibilidade a processos erosivos, causando grande degradação do solo (SCCOTI, 2017).

O estudo dos condicionantes dos processos erosivos permite conhecer as dinâmicas superficiais e subterrâneas que estão envolvidas. Para tanto é necessário conhecer a relação da ocorrência dos processos erosivos com as demais condições ambientais do local. Desta forma, foram realizados diversos estudos visando compreender os processos erosivos na

região Oeste do Rio Grande do Sul, dentre eles Suertegaray (1995), Suertegaray et al. (2001), Verdum (1997), Robaina e Trentin (2004), os mapeamentos geológicos e geomorfológicos que apontaram algumas suscetibilidades à erosão nesta porção do estado do Rio Grande do Sul de Scotti, Robaina e Trentin (2013), Trentin e Robaina (2006), Alves e Robaina (2010) e Robaina et al. (2015).

Frente a isso, é possível constatar que no Rio Grande do Sul, a complexidade e a gravidade dos processos erosivos são mais expressivos nas regiões que apresentam sedimentos de caráter arenosos das sequências sedimentares. A área de estudo é constituída quase que exclusivamente por rochas sedimentares. As rochas sedimentares são predominantemente arenosas, sendo que no município de Cacequi, o substrato é composto por arenitos finos, friáveis com intercalações de lamitos e arenitos finos bem selecionados (SCHERER et al., 2000).

Este trabalho tem como objetivo o mapeamento dos processos erosivos no município de Cacequi, através de ferramentas de geoprocessamento, e a sua relação com as demais variáveis ambientais do município, tais quais, declividade, hipsometria, formas de relevo, litologia, unidades morfolíticas, uso do solo e plano e perfil das encostas.

Cacequi está localizado na região Oeste do Rio Grande do Sul, na província geomorfológica da Depressão Periférica (CARRARO, 1974), caracterizada por rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná e solos arenosos, tendo presente em grande parte do seu território a ocorrência de processos erosivos. Cacequi tem seus limites com os municípios de Alegrete, São Vicente do Sul, São Pedro do Sul e Rosário do Sul, como representado no mapa da Figura 1.

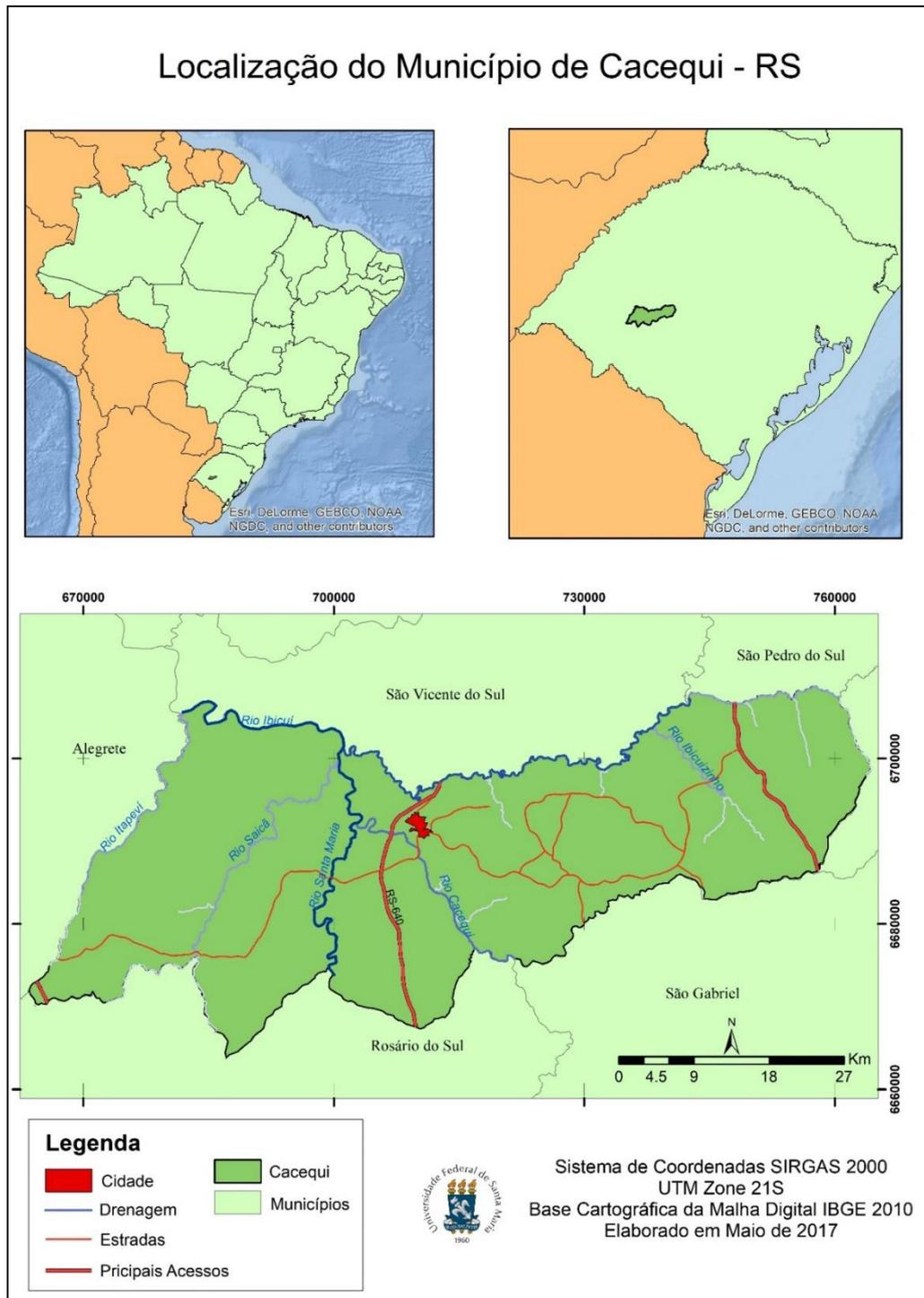


Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Cacequi, RS.

2-METODOLOGIA

A identificação dos processos erosivos se deu a partir da análise de imagens de satélite de alta resolução espacial, do ano de 2012, disponibilizadas pelo *Bing maps*, através de

serviço de imagens do Arcmap e pelo *Google Maps*, através de serviço de imagens do *QGis*. Desta forma, os processos erosivos foram digitalizados manualmente com interpretação visual sobre a imagem, nos softwares *ArcGis*, desenvolvido pela *ESRI* e *Qgis*, *software livre*. Neste trabalho foi demarcado como processo erosivo os locais onde haviam de alguma forma marcas de desagregação e transporte de materiais formando sulcos, ravinas e voçorocas visíveis nas imagens de satélite.

Na análise da hipsometria de Cacequi foi utilizada a base de dados das cartas topográficas do Exército na escala 1:50.000. Após digitalizadas e georreferenciadas, foram vetorizados os pontos cotados, as curvas de nível e a hidrografia do município, sendo utilizado o interpolador ANUDEM através da ferramenta *Topo to Raster* no *ArcGis* 10.1 para gerar um Raster com o Modelo Digital de Terreno e posteriormente a confecção do mapa hipsométrico. Estabeleceram-se então cinco classes para altitude do município de acordo com a variação média do relevo, sendo estas menores de 80 metros, de 80 até 110 metros, altitudes entre 110 e 140 metros, de 140 a 170 metros e altitudes superiores a 170 metros.

Com o mesmo banco de dados, e através da ferramenta *slope*, do mesmo SIG, foi gerado o mapa de declividade. Para o estudo de declividade utilizou-se de dados definidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo IPT (1981) e apresentado por Trentin e Robaina (2006), 2%, 5% e 15% em que as áreas com declividade até 2% são muito planas e presente o processo de deposição, áreas de declividade de 5% são áreas de transição entre processos de deposição e início dos processos erosivos e as declividades de 15% representam áreas propícias para movimento de massas e limite para uso de maquinário agrícola. Sendo assim, as declividades de Cacequi foram divididas em quatro classes, sendo estas as menores que 2%, entre 2 e 5%, valores de 5 a 15% e superiores a 15%.

Para os estudos das formas de relevo, foi tomado como base a declividade e hipsometria do município. Foram discriminadas quatro classes de relevo diferentes em Cacequi, tendo como base a metodologia do IPT (1981 *apud* MOREIRA & PIRES NETO, 1998). As unidades de relevo foram definidas como: morrotes, elevações com amplitude inferior a 100m e encostas com declividades superiores a 15%; colinas, definidas por amplitudes inferiores a 100m e declividades entre 5% e 15%; colinas suaves, definidas por declividades das encostas entre 2% e 5%; planícies, que são áreas onde o relevo se apresenta de forma bastante plana, com declividades inferiores a 2% e, relativamente, baixas altitudes.

Foram utilizados como base os dados da CPRM (2006) para os estudos da litologia do município. Estes dados foram detalhados através de trabalhos de campo com descrição de rochas e solos, coletas de amostras ao longo de toda a área do município, percorrendo as estradas e caminhos. Ao todo foram discriminadas quatro classes de litologia, os Arenitos Eólicos, pertencentes à Formação Pirambóia (CPRM, 2006), Arenitos Fluviais com Grânulos Silicosos, pertencentes à Formação Guará, Arenitos Fluviais com Mica da Formação Sanga do Cabral, e Depósitos Aluviais Atuais e Colúvios.

A análise do uso do solo foi feita através de imagens de satélite com o sensor OLI do satélite LANDSAT 8. As imagens foram escolhidas de acordo com a cobertura de nuvens do local e são datadas de 04/12/2014 considerando que a órbita do satélite que cobre o município é a 223 e o ponto é 81. As imagens do LANDSAT foram retiradas do *site glovis.usgs.gov*.

Foram utilizadas sete classes para a classificação do uso do solo que são: água que é constituída pelos reservatórios de água do município e as principais drenagens; área urbana que é a sede do município de Cacequi; depósitos arenosos, que são áreas grandes com solo exposto e sem vegetação, com o processo de erosão acelerado; campo, que é constituído de vegetação rasteira típica do Oeste do Rio Grande do Sul; lavoura que são as plantações e cultivos agrícolas em estágio avançado presentes no município; mata, que é constituída de capões e matas ciliares ao longo do município; e também silvicultura que é a plantação de árvores destinadas à produção de madeira, carvão vegetal e celulose.

A classificação do uso do solo foi realizada através do software ENVI de forma supervisionada de acordo com seu espectro de reflectância igual ou semelhante individualizando os pixels da imagem. Posteriormente foram transformados em polígonos que foram editados no SIG *ArcGis* 10.1.

Após a coleta de dados sobre formas de relevo e litologia foram cruzadas as duas informações e discriminadas unidades morfolíticas de Cacequi que foram utilizadas como base de dados para o estudo.

Nos estudos de plano e perfil de curvatura da encosta, foi utilizado a ferramenta *curvature* do SIG *ArcGIS* 10.1 e classificadas quanto ao seu perfil, côncavo ou convexo, e quanto ao seu plano, divergente e convergente.

Após o levantamento dos dados do município foi utilizado a ferramenta *spatial join* para relacionar com os processos erosivos do município de Cacequi. Estes dados foram editados no ArcGis 10.1 e posteriormente trabalhados no *software Excel 2010*.

Depois do levantamento dos dados foi feita uma análise descritiva e comparativa dos resultados encontrados dos processos com os demais dados do município assim como representado na Figura 2 abaixo.

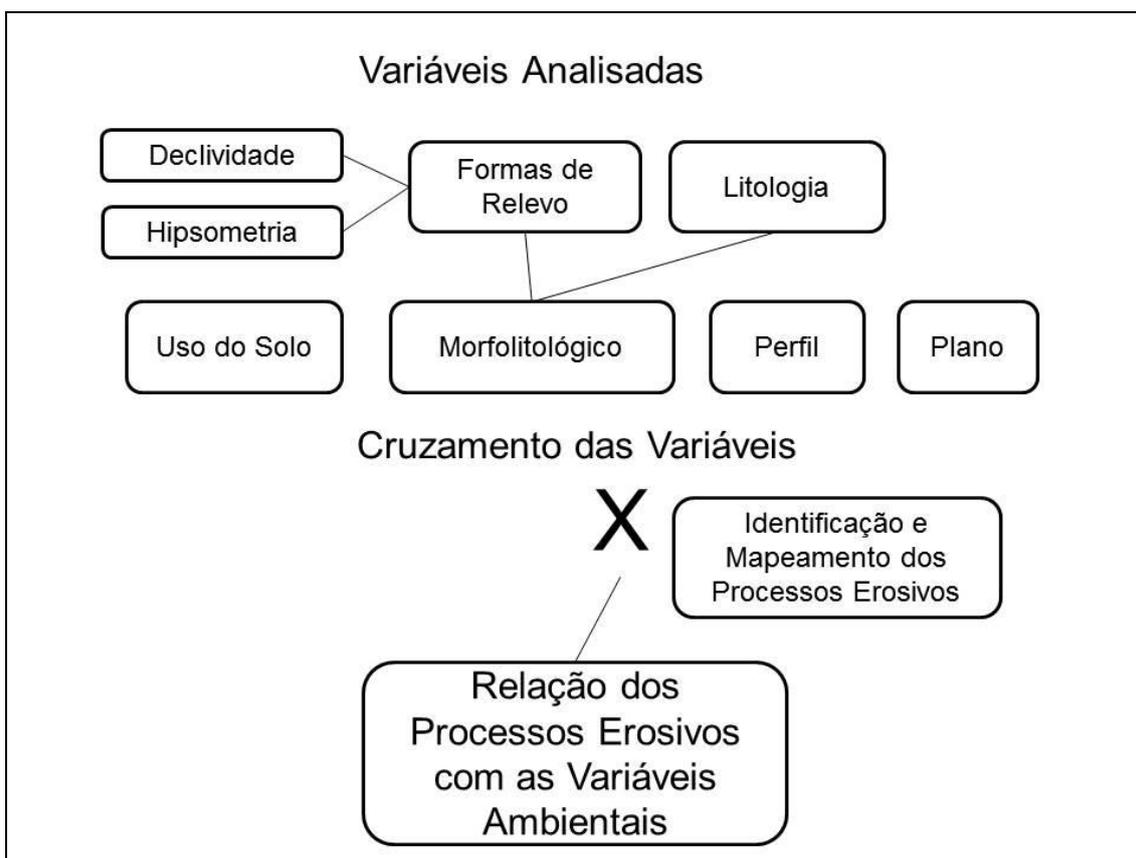


Figura 2 – Fluxograma da Metodologia Utilizada no Estudo;

3-RESULTADOS

Cacequi possui um solo arenoso e bastante suscetível a ocorrências de processos erosivos, sendo assim, foram encontrados um total de 3.103 processos superficiais em sua área total de 2.338,64km² e estes distribuídos em todo o município como podemos observar na Figura 3.

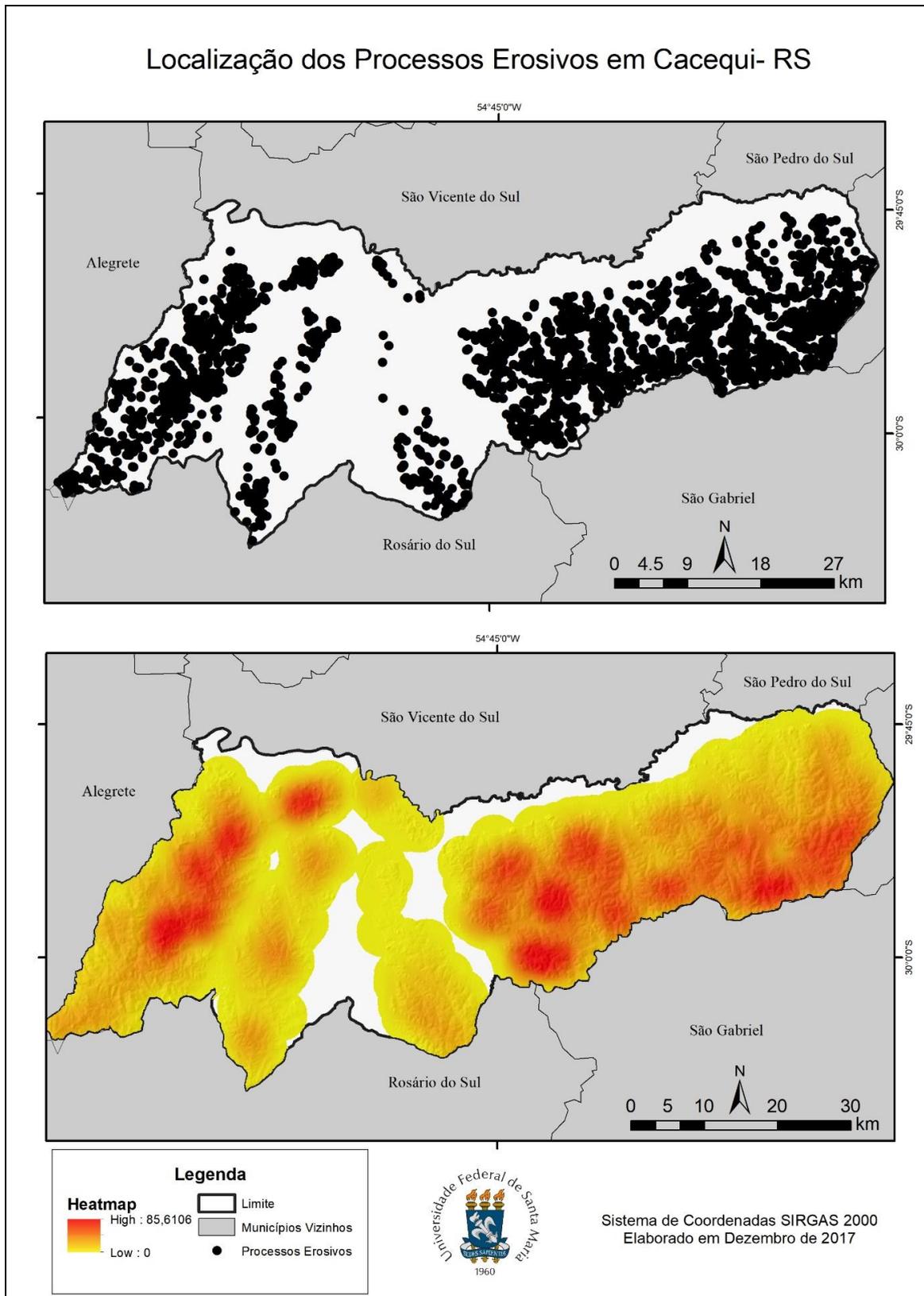


Figura 3 - Mapa da Localização dos Processos Erosivos no município de Cacequi, RS.

A ocorrência destes processos erosivos representa a fragilidade ambiental que enfrenta o município de Cacequi, afetando diretamente na potencialidade do uso do solo, sendo esta limitada pela fragilidade do solo quanto a ocorrência dos processos erosivos nas principais áreas produtivas do município.

Ao analisar a ocorrência dos processos erosivos nas diferentes classes de declividade observa-se que os processos superficiais se apresentam em sua grande maioria, cerca de 67% nas declividades de 5 a 15% (Tabela 1), apresentando uma concentração de 4,27 processos por km² nestas áreas. Isto se deve, a maior desagregação e transporte de materiais em declividades associadas à relevo ondulado (5 a 15%), onde a energia do relevo é significativa e o escoamento superficial atua com maior intensidade.

Tabela 1 – Distribuição dos processos erosivos nas diferentes classes de declividade

Classe	Área (Km²)	Processos Erosivos	Processos por Km²	Ocorrência (%)
< 2 %	1359.86	0	0.00	0%
2 - 5 %	496.82	964	1.94	32%
5 - 15 %	468.92	2002	4.27	67%
> 15 %	36.34	12	0.33	1%

Fonte: Os autores.

Nas declividades de 2 a 5% houve a ocorrência de 32% dos processos erosivos, evidenciando o grau de fragilidade do solo e da litologia no município, com ocorrência de processos erosivos em locais com declividades a partir de 2%. Já nas declividades superiores à 15%, o escoamento superficial é mais intenso estabelecendo uma superfície de lavagem importante, mas não há o aprofundamento de processos lineares.

Com relação à forma das encostas a partir da análise do plano e perfil da vertente, podemos constatar um maior predomínio de processos nas vertentes convergentes, um total de 67% (Figura 4) e 1,25 processos por km², pois nas vertentes com esta característica o escoamento superficial pluvial converge para uma porção da vertente aumentando o fluxo de energia e a força com que o escoamento desagrega materiais do solo, ocasionando o ravinamento e, em alguns casos, o voçorocamento.

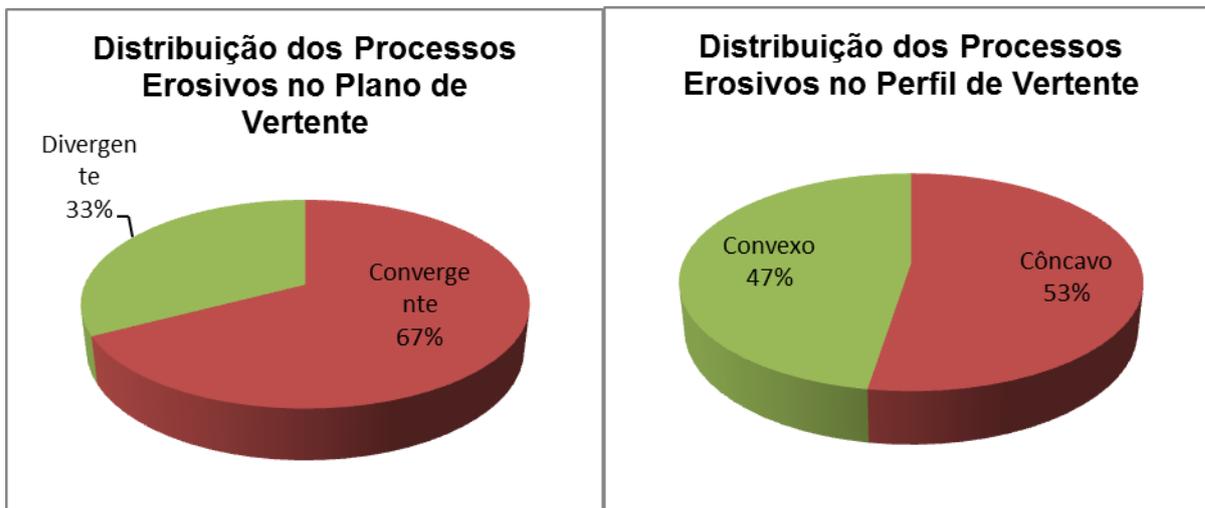


Figura 4 – Distribuição dos Processos Erosivos no Plano e Perfil das Encostas no Município de Cacequi/RS.

Os dados analisados no município são condizentes com as análises de Bigarella (2003) onde o mesmo destaca que as curvaturas das vertentes indicam as áreas de escoamento superficial divergente e convergente, de modo que as vertentes de fluxo concentrados (convergente) tende ao transporte de partículas maiores, que aquelas movidas pelo escoamento laminar difuso (divergente).

Quanto ao perfil CUNHA (1991) *apud* Franco (2008) destaca que nos de perfil côncavo, a declividade tende a crescer com o aumento da altura; e nas de perfil convexo, a declividade tende a diminuir e apresentar maior espessura de solo.

Quando analisado o perfil das encostas observou-se uma pequena predominância nas vertentes com perfil côncavo, cerca de 53%. Explica-se este fato pelas vertentes com perfil côncavo possuir maior velocidade de escoamento da água na parte superior da encosta, facilitando a ação erosiva.

O relevo do município foi classificado pelas formas em planície, colinas e colinas suaves e morrotes (Rademann, Trentin e Robaina, 2016). Relacionando com os processos erosivos lineares presentes na área do município, verifica-se que 94% dos processos superficiais se localizam nas formas de colinas (Figura 5), sendo assim em sua grande maioria, apresentando uma concentração de 20,54 processos por km². Os outros 6% dos processos presentes no município se concentram nas colinas suaves.

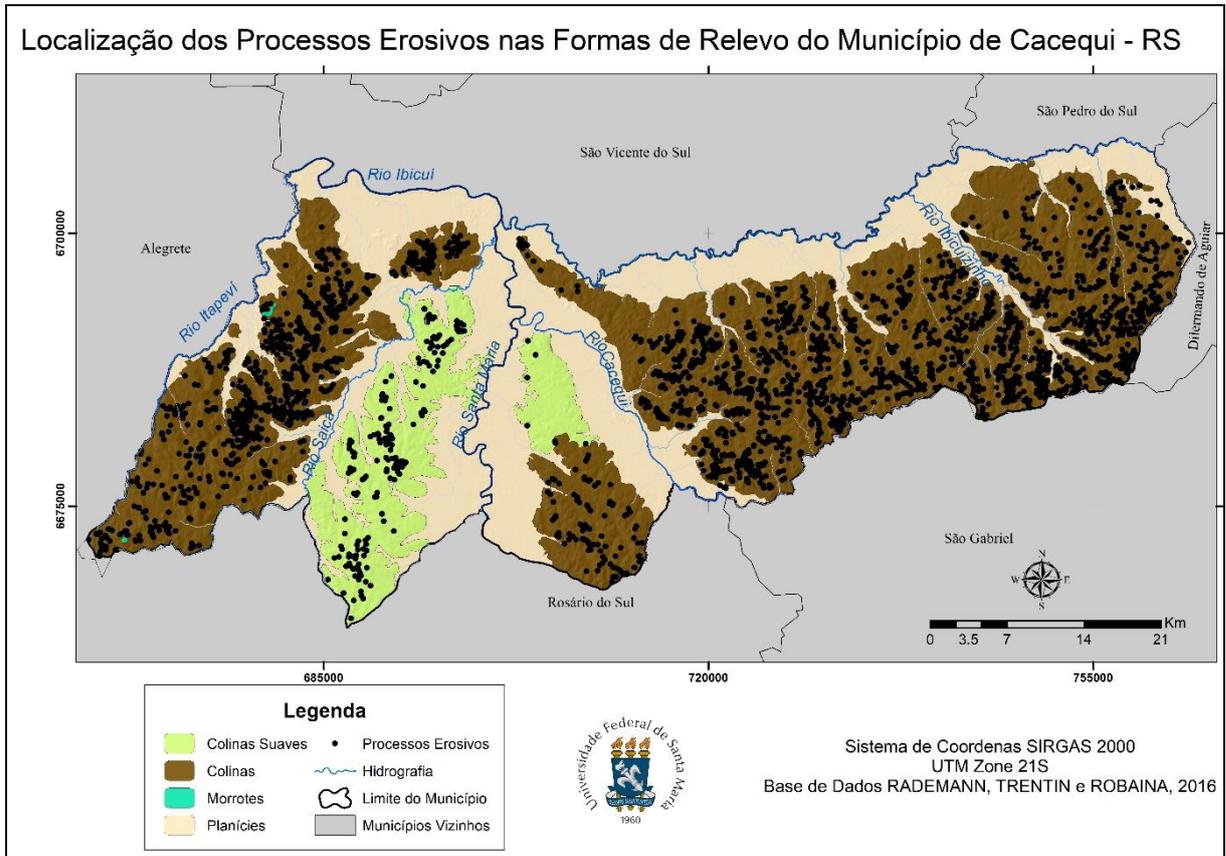


Figura 5 – Distribuição dos Processos Erosivos nas Diferentes Formas de Relevo do Município de Cacequi/RS.

O predomínio de processos nas colinas e colinas suaves se deve ao fato que nestas formas o escoamento superficial é importante e a ocorrência de infiltração permite o avanço do processo em profundidade. O relevo de Cacequi é bastante plano, e as colinas e colinas suaves apresentam a maior parte das declividades do município, portanto é nestas formas de relevo que predominam os processos erosivos.

Na área de estudo se apresentam quatro tipos distintos de litologias representadas por: Arenitos Eólicos (40,01%), Depósitos Aluviais Atuais e Colúvios (36,72%), Arenitos Fluviais com Mica (14,91%) e Arenitos Fluviais com Grânulos Silicosos (7,97%).

Os processos superficiais ocorrem em maior quantidade nos locais de afloramento litológico de Arenitos Eólicos (Figura 6), cerca de 67%. Ocorre com maior frequência nesses arenitos por serem bastante friáveis, com, relativamente, menor número de ligantes. Outros 23% dos processos se apresentam sobre a litologia de Arenitos Fluviais com Micas que, também, são friáveis, mas a presença de camadas finas pode limitar o aprofundamento da erosão. Os 10% restantes estão concentrados sobre Arenitos Fluviais com Grânulos Silicosos que é uma litologia um pouco mais resistente aos processos erosivos pela ocorrência de óxido

de ferro como ligante, dificultando a ação erosiva e, portanto, apresentando processos em menor quantidade.

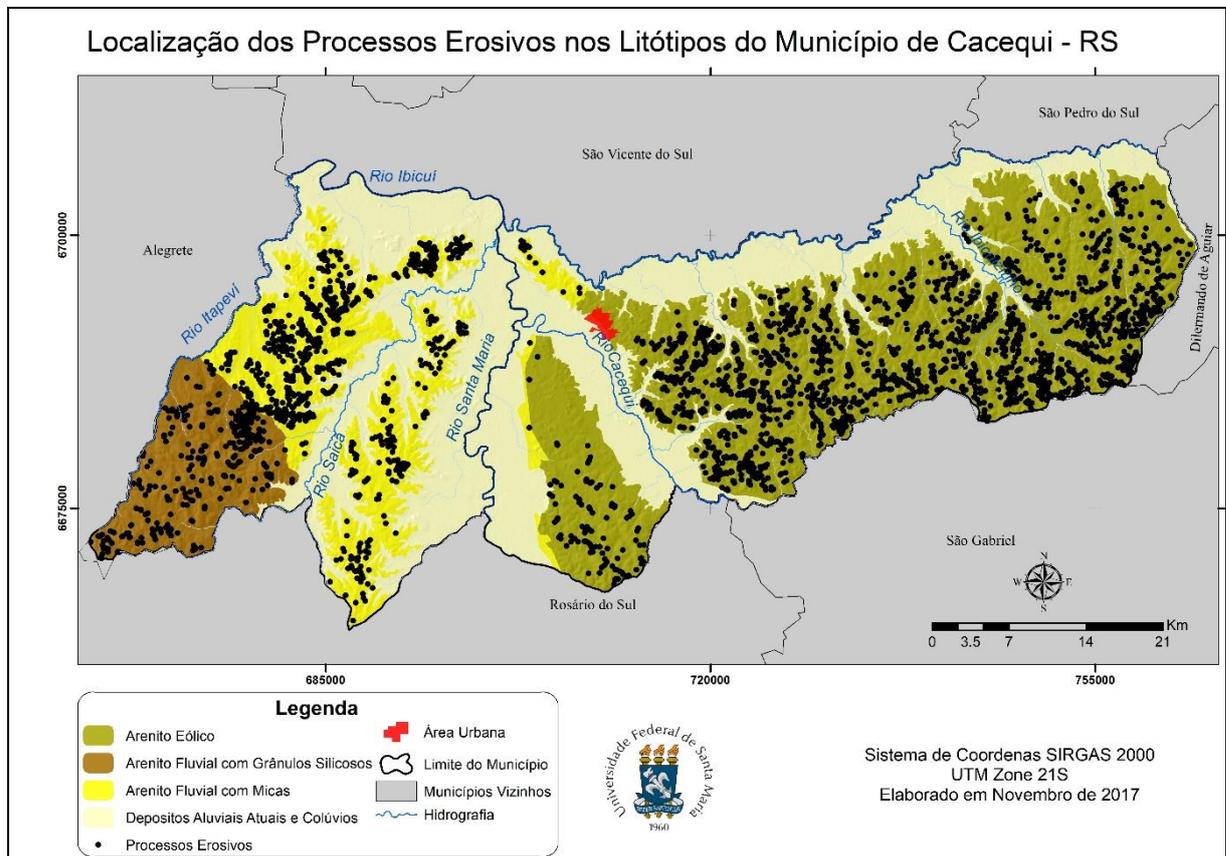


Figura 6 – Distribuição dos Processos Erosivos nas Diferentes Litologias do Município de Cacequi/RS.

Quanto a concentração dos processos nas litologias, podemos destacar que nas litologias de arenito eólico há uma concentração elevada destes por km² com um valor de 2,18. Também é importante salientar que nas áreas de ocorrência dos arenitos eólicos há um desenvolvimento vertical acelerado dos processos erosivos, formando em alguns casos, voçorocas de grandes dimensões. Já nas áreas com arenitos fluviais com mica a concentração é de 2,06 processos por km², com ocorrência de erosão mais branda, de sulcos e ravinas pela concentração do escoamento superficial.

Quando cruzado os processos com as características morfolitológicas de Cacequi nota-se uma predominância de processos nas áreas de Colinas em Arenito Eólico representando 66% do total, representado na Figura 7. Isto se deve pela característica friável da rocha e pela declividade que permite escoamento superficial capaz de desagregação e transporte, além da infiltração que permite o avanço linear profundo dos processos.

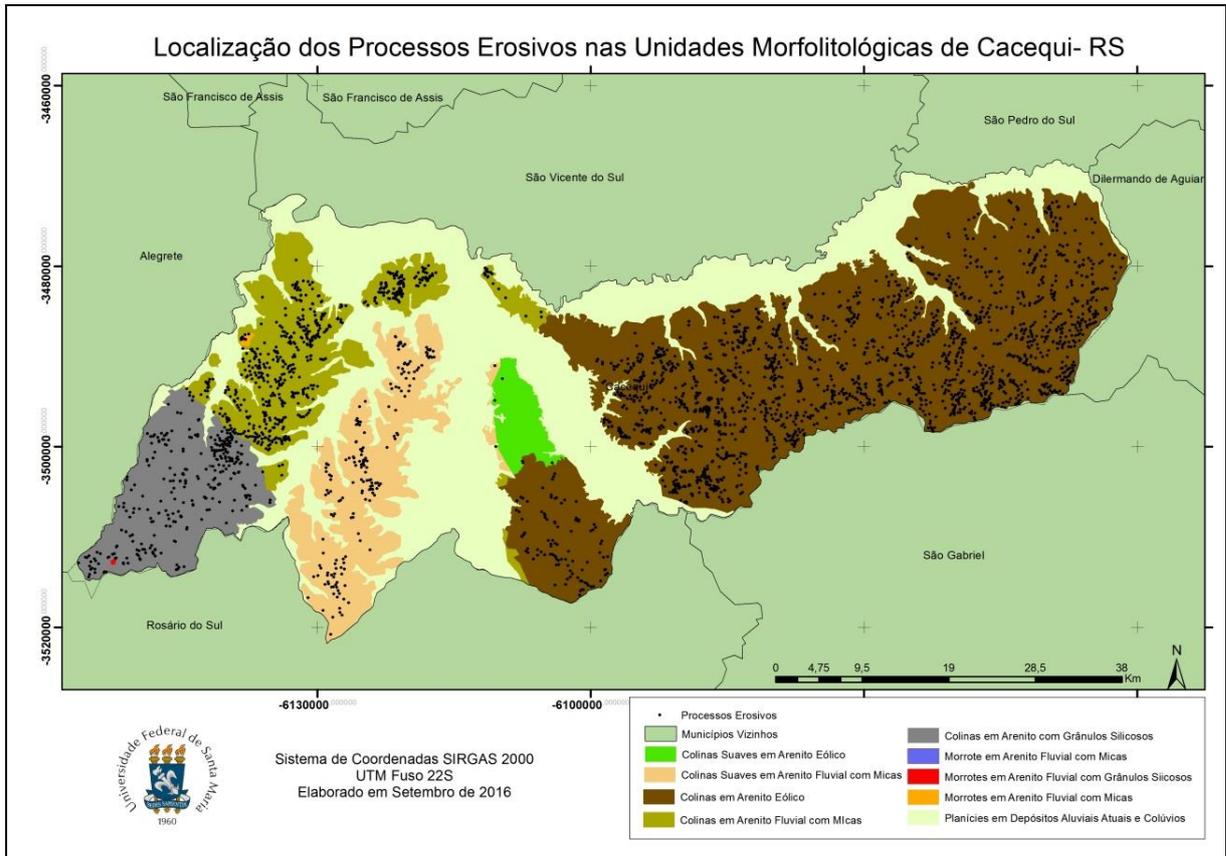


Figura 7 – Mapa de Localização dos Processos Erosivos nas Unidades Morfolíticas de Cacequi/RS.

O restante dos processos se concentra nas Colinas em Arenito Fluvial com Micas, aproximadamente 18% dos processos. 10% dos processos se apresentam nas Colinas em Arenito Fluvial com Grânulos Silicosos e os 6% restantes estão localizados nas Colinas Suaves em Arenito com Mica que por possuírem relevo com declividades menores não apresentam tantos processos erosivos.

Quando comparada a concentração dos processos por quilômetro quadrado a classe morfolítica que possui maior valor é a de Colinas em Arenito Fluvial com Micas com 2,96, seguido pelas Colinas em Arenito Eólico com 2,33 processos por km². Esta característica é interpretada pela diferença textural entre as litologias. O arenito micáceo é mais fino e tende a produzir maior número de canais de escoamento com profundidades, relativamente, menores.

O município de Cacequi possui sete classes de uso do solo, as quais são água (1,03%), Areal (1,02%), Campo (40,81%), Lavoura (44,03%), Mata (8,55%), Silvicultura (4,34%) e Área Urbana (0,2%).

Nas diferentes formas de uso do solo os processos erosivos se concentram em sua maioria nas áreas de campo, aproximadamente 53% como podemos ver na tabela da Figura 9, tendo cerca de 1,72 processos por quilômetro quadrado. Outros 39% dos processos se localizam em áreas de lavoura, o que pode levar ao agravamento dos processos erosivos através da exposição do solo. O restante dos processos está localizado nas áreas de mata, 5%, e nas áreas de Silvicultura, 3%. Ainda cabe destacar que as áreas de silvicultura apresentam valor relativamente grande de processos por km² com valor de 1,07, indicando que não representam uma ação de mitigação dos processos lineares.

Tabela 2 – Distribuição dos Processos Erosivos nas Diferentes Classes de Uso do Solo Encontradas no Município de Cacequi/RS

Classe	Processos	Porcentagem
Água	0	0.0
Área Urbana	0	0.0
Areal	7	0.2
Campo	1637	52.8
Lavoura	1202	38.7
Mata	148	4.8
Silvicultura	109	3.5

Fonte: Os Autores.

A análise dos diferentes parâmetros do relevo, litologias e uso pode-se determinar que as áreas de campo, com relevo ondulado de colinas nas porções convergentes da encosta, formada por substrato de arenitos eólicos, são as áreas mais suscetíveis a processos erosivos lineares.

4-CONCLUSÕES

Observou-se durante o estudo que os processos erosivos em Cacequi estão relacionados principalmente aos fatores de relevo e litologia, sendo a classe com maior número de processos erosivos lineares a classe de Colinas em Arenito Eólico, que está relacionado a litologias frágeis, facilmente friáveis e declividades predominantes de 5 a 15%. Outra classe que apresenta grande índice de processos por metro quadrado é a de Colinas em

Arenitos com Mica, que apresenta um valor de 2,96 processos/km², representando sua susceptibilidade aos processos erosivos.

Também podemos constatar através do estudo que a ação antrópica pode aumentar a susceptibilidade do solo à erosão, sendo que as áreas de campo, onde há o pastoreio do gado, muitas vezes acima da capacidade de carga do solo, onde se apresentam o maior número de processos erosivos. Em seguida, nas lavouras, onde o solo fica exposto em alguns períodos do ano, ocorrem 39% dos processos encontrados.

De modo geral as ferramentas de geoprocessamento se mostraram eficientes para a análise dos parâmetros ambientais de Cacequi, para a identificação e mapeamento dos processos erosivos e posteriormente para a análise dos dados obtidos, se dando de forma rápida e eficiente.

Visto que a erosão dos solos são indicadores de degradação ambiental do solo, o trabalho se mostrou importante para futuros estudos geoambientais e para a mitigação dos problemas ambientais de erosão encontrados em Cacequi. Assim, fica evidente que as áreas de colinas sob litologia de arenitos eólicos são áreas que necessitam atenção quanto ao seu uso, restringindo-o de maneira a mitigar o efeito da erosão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. S., ROBAINA, L. E. S. Estudo Morfolitológico na bacia hidrográfica do arroio Lajeado Grande-oeste do RS. **Ciência e Natura**, UFSM,32(2): 141 – 161. Ed da UFSM, 2010.
- BIGARELLA, J. J.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.
- CARRARO, C.C. **Mapa Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Sul**. FAPERGS – UFRGS/Instituto de Geociências. 1974, 1: 1.000.000.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. Escala: 1:750.000.
- CORRÊA, L. S. L. **Processos Erosivos Avançados em São Francisco de Assis - RS: Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- CUNHA, M. A. (Coord.) **Ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991.
- FRANCO, G. B.; **Risco a Escorregamento de Encostas do Sítio Urbano de Ilhéus (BA) como Contribuição ao Planejamento Urbano**. Dissertação de Mestrado, Ilhéus, 2008.
- GUERRA, A. T.; **Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 8ed, 1993.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981.

MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER, A. V.; **Introdução à Geologia de Engenharia**. 4 ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2011.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

RADEMANN, L. K., TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S.; Análise das formas de relevo do município de Cacequi – RS. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v.38, n.1, p. 179-188, jan – abr, 2016.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento Morfolitológico da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí e sua Relação com Processos Superficiais e o Uso do Solo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.16, n.1, Jan-Mar, p.63-77, 2015.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; Degradação dos solos: Problema ambiental no Sudoeste Gaúcho. **Interface**, Porto Nacional, TO. v.1, n.1, p. 29-41, maio 2004.

SCCOTI, A. A. V. **Estudo e Zoneamento Geoambiental com Auxílio de SIG na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria: Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SCCOTI, A. A. V.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Compartimentação do relevo no município de Manoel Viana-RS. **Ciência e Natura**, v. 35, p. 64-70, 2013.

SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U. F.; LAVINA, E. L. Arcabouço Estratigráfico do Mesozoico da Bacia do Paraná. In: **HOLZ, M.; ROS, L. F.** Geologia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2000. P. 335-354.

SUERTEGARAY, D. M. A. O Rio Grande do Sul Descobre os Seus “Desertos”. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, n.11, p. 33-52, 1995.

SUERTEGARAY, D.M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. **Atlas da Arenização: sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S.; Zoneamento Morfolitológico do Município de Manoel Viana-RS. **Revista Geografia**. V. 22, n 1.p. 2737, jan/abr. Londrina, 2006.

VERDUM, R. **Approche Géographique des “Deserts” Dans les Communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana - Etat du Rio Grande do Sul, Brésil**. Tese de Doutorado. França: Université de Toulouse Le Mirail - UFR de Géographie, 1997. 211p.

Recebido para publicação em:
20 / 04 / 2018

Aceito para publicação em:
16 / 10 / 2018