

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Ivete Rodrigues

**FRAGILIDADE À EROSÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE  
SANANDUVA- RS COM BASE NA RELAÇÃO ENTRE DECLIVIDADE,  
USO E COBERTURA DA TERRA E PROCESSOS EROSIVOS**

Santa Maria, RS  
2018



**Ivete Rodrigues**

**FRAGILIDADE À EROÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE SANANDUVA- RS COM  
BASE NA RELAÇÃO ENTRE DECLIVIDADE, USO E COBERTURA DA TERRA E  
PROCESSOS EROSIVOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

Santa Maria, RS  
2018

Rodrigues, Ivete  
FRAGILIDADE À EROSÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE SANANDUVA  
RS COM BASE NA RELAÇÃO ENTRE DECLIVIDADE, USO E  
COBERTURA DA TERRA E PROCESSOS EROSIVOS / Ivete  
Rodrigues.- 2018.  
123 p.; 30 cm

Orientador: Mauro Kumpfer Werlang  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2018

1. Declividade 2. Erosão Hídrica 3. Uso da terra 4.  
Fragilidade I. Kumpfer Werlang, Mauro II. Título.

**Ivete Rodrigues**

**FRAGILIDADE À EROSÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE SANANDUVA- RS COM  
BASE NA RELAÇÃO ENTRE A DECLIVIDADE, USO E COBERTURA DA TERRA  
E PROCESSOS EROSIVOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Geografia.**

**Aprovado em 15 de março de 2018:**

---

**Mauro Kumpfer Werlang, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Andrea Valli Nummer, Dra. (UFSM)**

---

**Elsbeth Léia Spode Becker, Dra. (UNIFRA)**

Santa Maria, RS  
2018



## AGRADECIMENTOS

*Este momento é especial, é na elaboração deste que deixamos vir na mente aquelas pessoas e momentos que foram fundamentais ao longo de uma trajetória importantíssima rumo a conquista de mais uma etapa. São pessoas que acreditaram na minha capacidade mesmo quando eu havia “quase” perdido o estímulo de prosseguir a caminhada. Emocionada, nesta noite de chuva, momento em que registro aqui os meus sinceros agradecimentos:*

*Primeiramente ao mestre Divino por me conceder a dádiva da inteligência, sabedoria, força e determinação. Por me guiar nesta caminhada tão importante na realização de mais uma etapa profissional.*

*Agradeço a Universidade Federal De Santa Maria (UFSM), mais especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), pela qualidade de ensino, pela estrutura, pela oportunidade de aprendizado e pelo suporte no desenvolvimento desta pesquisa.*

*Agradeço imensamente meu Orientador Professor Doutor Mauro Kumpfer Werlang, pelos ensinamentos, pelas incansáveis orientações, discussões, questionamentos. Tenho a agradecer pela confiança depositada em mim e pela disponibilidade de tempo. Meu sincero e carinhoso OBRIGADO a você, pelo conhecimento que foi transmitido, as dúvidas esclarecidas, pela amizade, paciência e compreensão que teve comigo durante este percurso. Tenha certeza de que a concretização desta etapa, a qual teve seu auxílio abrirá novos horizontes, porém sempre recordarei desta jornada traçada e alcançada, da experiência do aprender e do saber.*

*Agradeço a família em especial a você Sidnei Bacchi, com a qual compartilhei os diversos momentos desta caminhada. Você é muito especial, foi incentivador em todo este tempo de caminhada, foi minha força, inspiração e motivação. Obrigado por ser sempre compreensivo, paciente e por acreditar em mim na minha capacidade de conquista, estando ao meu lado me incentivando.*

*Agradeço aos colegas e amigos que adquiri durante o período de andamento do mestrado. Com vocês as distâncias percorridas semanalmente se tornaram mais leves. Foi bom compartilhar conhecimentos, almoços no RU e momentos de descontração ao lado de vocês. Enfim, agradeço a todas as pessoas que sinceramente torceram para meu sucesso, a família, os amigos e colegas de trabalho e de profissão.*



## RESUMO

### FRAGILIDADE À EROSÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE SANANDUVA- RS COM BASE NA RELAÇÃO ENTRE DECLIVIDADE, USO E COBERTURA DA TERRA E PROCESSOS EROSIVOS

AUTORA: Ivete Rodrigues  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

As unidades geomorfológicas contidas no espaço geográfico possuem características fundamentais para a apropriação antrópica. A distribuição diferenciada tanto na população residente, quanto nas atividades econômicas desenvolvidas ocorre também pelo controle exercido devido às características físicas dos lugares. A apropriação do homem nas localidades faz com que as mudanças na paisagem ocorram ao longo do tempo histórico. As marcas deixadas por estas mudanças revelam alguns impactos que, na maioria das vezes, são ocasionados ou acelerados pela ação antrópica. Assim, as características físicas dos locais vão sendo modificadas, fator que torna o ambiente desses lugares frágeis à degradação. Historicamente, com a evolução das técnicas principalmente na agricultura os diversos ambientes no espaço geográfico foram modificados, inicialmente pela necessidade do homem em cultivar suas terras, como forma de sobrevivência, posteriormente para atender o mercado externo. A modernização da agricultura de um lado propiciou o aumento e a aceleração da produção, mas por outro degradou recursos naturais. As alterações nestes elementos físicos provocaram alguns impactos negativos, dentre estes pode ser citado aceleração de processos erosivos. Partindo deste pressuposto, neste estudo objetiva-se compreender a relação existente entre a declividade das encostas, o uso da terra e a espacialização de processos erosivos como subsídio ao estudo da fragilidade à erosão hídrica no município de Sananduva, localizado no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, correspondendo a área de transição entre o Planalto dos Campos Gerais e Planalto Dissecado do Rio Uruguai. A pesquisa foi desenvolvida a partir do método dedutivo, sendo que a abordagem metodológica se deu com base na análise sistêmica das variáveis: declividade, uso e cobertura da terra e processos erosivos. Assim, a pesquisa consistiu no mapeamento da declividade do terreno, na identificação da espacialização dos processos erosivos e fatores antrópicos de uso e cobertura da terra. A partir do mapeamento destas variáveis, foram elaborados mapas de fragilidade de cada uma delas e posteriormente a estes mapas foram atribuídos valores que resultaram em diferentes cenários de fragilidade a erosão hídrica. Dentre os cenários foi possível escolher o que mais se adequou a realidade da área de estudo, para isto, o trabalho de campo foi fundamental para escolher o cenário mais próximo da realidade. A metodologia desta pesquisa conduziu na identificação de resultados importantes: A áreas com maior índice de declividade, se concentram na porção denominada de Planalto Dissecado do Uruguai. As áreas com maior índice de ocorrência de processos erosivos também se encontram no Planalto dos campos Gerais. O uso e cobertura da terra possui o predomínio de lavouras seguida de floresta nativa e se distribuem de acordo com determinadas declividades. Assim, a fragilidade a erosão hídrica também se concentra de acordo com o padrão da declividade, uso da terra e processos de erosão já atuantes. Considerando os cenários produzidos, podem ser traçadas metas de conservação de áreas pelos órgãos públicos municipal.

**Palavras- chave:** Declividade. Erosão hídrica. Uso da terra. Mapeamento. Fragilidade.



## ABSTRACT

### FRAGILITY TO EROSÃO HIDRÍCA IN THE MUNICIPALITY OF SANANDUVA-RS BASED ON THE RELATIONSHIP BETWEEN DECLIVATION, USE AND COVERAGE OF THE EARTH AND EROSIVE PROCESSES

AUTHOR: Ivete Rodrigues  
GUIDELINES: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

The geomorphological units contained in the geographic space have fundamental characteristics for anthropic appropriation. The differentiated distribution both in the resident population and in the economic activities developed also occurs by the control exercised due to the physical characteristics of the places. The appropriation of the man in the localities causes that the changes in the landscape occur along the historical time. The marks left by these changes reveal some impacts that, most of the times, are occasioned or accelerated by the anthropic action. The physical characteristics of the places are being modified, factor that makes the environment of these places fragile to the degradation. Historically, with the evolution of techniques mainly in agriculture, the various environments in the geographical space were modified, beginning by the man's need to cultivate his lands, as a way of survival, later to serve the foreign market. The modernization of agriculture on the one hand led to the increase and acceleration of production, but on the other, it degraded natural resources. The alteration in these physical elements caused some negative impacts, among these can be mentioned acceleration of erosive processes. Based on this, the study aims to understand the relationship between slope-slope, land use and spatialisation of erosion processes as a subsidy to the study of water erosion fragility in the municipality of Sananduva, located in the northeast of the state of Rio Grande do Sul, corresponding to the transition area between the Campos Gerais Plateau and Dissected Plateau of the Uruguay River. Through the study of these variables, it is expected to understand and evaluate how the slope and land use parameters influence the distribution of erosive processes and, consequently, the fragility to water erosion. The research was developed from the deductive method, and the methodological approach was based on the systemic analysis of the variables: slope, land use and cover and erosive processes. The research consisted in the mapping of the terrain slope, in the identification of the spatialisation of erosive processes and anthropic factors of land use and land cover. From the mapping of these variables, fragility maps of each of them were elaborated and values that resulted in different fragility scenarios were attributed to water erosion. Among the scenes it was possible to choose a best suited the reality of the study area, for this, the field work was fundamental to choose the scenario closest to reality. The methodology of this research led to the identification of important results: The areas with the highest slope are concentrated in the so-called Dissected Plateau of Uruguay. The areas with the highest rate of occurrence of erosive processes are also found in the Planalto dos Campos Gerais. The land use and cover has the predominance of crops followed by native forest and are distributed according to certain slopes. The fragility of water erosion is also concentrated according to the pattern of declivity, land use and already active erosion processes. Considering the scenarios produced, targets can be drawn for conservation of areas by municipal public agencies.

**Keywords:** Declivity. Water erosion. Land use. Mapping. Fragili.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Perfil esquemático do ciclo de processamento de informações em um SIG. ....	52
Figura 2 - Componentes de um SIG.....	53
Figura 3 - Fluxograma ilustrando a abordagem metodológica do trabalho.....	56
Figura 4 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 1).....	61
Figura 5 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 2).....	62
Figura 6 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 3).....	63
Figura 7 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 4).....	64
Figura 8 - Localização do município de Sananduva em relação ao estado do Rio Grande do Sul. ....	69
Figura 9 - Microrregiões do estado do Rio Grande do Sul. ....	70
Figura 10 - Províncias geológicas do estado do Rio Grande do Sul. ....	71
Figura 11 - Compartimentação geomorfológica do estado do Rio Grande do Sul e paisagem visualizada no Planalto dos Campos Gerais e no Planalto Dissecado do Rio Uruguai. ....	72
Figura 12 - Distribuição das chuvas no ano de 2016 no município de Sananduva, RS. ....	74
Figura 13 - Os biomas do estado do Rio Grande do Sul.....	75
Figura 14 - Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.....	77
Figura 15 - Aspecto da de estudo correspondente a localidade de Três Pinheiros no município de Sananduva, RS. ....	78
Figura 16 - Aspecto da área onde ocorrem encostas íngremes no Planalto Dissecado do Rio Uruguai.....	81
Figura 17 - Principais produtos e produção agrícola (toneladas) no município de Sananduva, RS 1996- 2012. ....	82
Figura 18 - Município de Sananduva, RS – Levantamento do uso da terra. ....	84
Figura 19 - Aspecto do contraste no uso da terra onde aparecem áreas compartilhadas de florestas, lavouras temporárias e de pastagens.....	85
Figura 20 - Aspecto do uso da terra onde aparecem áreas com pastagem plantada e pastagem perene. ....	86
Figura 21 - Município de Sananduva, RS – Levantamento da declividade. ....	87
Figura 22 - Declividade do terreno na compartimentação Planalto dos Campos Gerais.....	88
Figura 23 - Declividade do terreno e processos erosivos atuantes. ....	89
Figura 24 - Divisor de águas da unidade Planalto Dissecado do rio Uruguai.....	90
Figura 25 - Processos erosivos no município de Sananduva- RS.....	91
Figura 26 - Sistematizações na declividade da encosta fortemente onduladas e processos erosivos atuantes. ....	92
Figura 27 - Processos erosivos atuantes na encosta fortemente ondulada. ....	93
Figura 28 - Encostas do Planalto dos Campos Gerais.....	94
Figura 29 - Fragilidade da declividade. ....	95
Figura 30 - Área com 47% de declividade/maior fragilidade. ....	96
Figura 31 - Fragilidade ambiental do uso e cobertura da terra.....	98

Figura 32 - Solo exposto e sistematizações na declividade da encosta no Planalto dissecado do Rio Uruguai.....	99
Figura 33 - Mapa de Fragilidade dos processos erosivos no Município de Sananduva- RS. ....	100
Figura 34 - Cenário 1- Fragilidade erosiva/Uso da terra. ....	102
Figura 35 - Cobertura vegetal interceptadora da ação da chuva. ....	104
Figura 36 - Cenário 2- Fragilidade da declividade. ....	105
Figura 37 - Declividade predominante no Planalto dos Campos Gerais.....	106
Figura 38 - Declividade e processos erosivos atuantes no Planalto Dissecado do Rio Uruguai, Sananduva-RS. ....	107
Figura 39 - Cenário 3- Fragilidade dos processos erosivos.....	108
Figura 40 - Mapa síntese de Fragilidade/Pesos iguais. ....	110
Figura 41 - Encostas do Planalto Dissecado do Rio Uruguai. ....	111
Figura 42 - Limitações pela erosão no Município de Sananduva-RS.....	112
Figura 43 - Processos erosivos atuantes.....	113

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de uso da terra com os respectivos valores atribuídos para a determinação da fragilidade. ....	59
Quadro 2 - Classes de declividade com os respectivos valores atribuídos para a determinação da fragilidade. ....	60
Quadro 3 - Valores atribuídos para a determinação da fragilidade face a presença ou ausência de feição erosiva. ....	61
Quadro 4 - Classificação da fragilidade em função dos valores dos pixels atribuídos. ....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Município de Sananduva, RS - quantificação das classes de uso da terra. .....	84
Tabela 2 - Município de Sananduva, RS - quantificação das classes de declividade. .....	88



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>25</b>
2.1	A CONTRIBUIÇÃO DA GEOMORFOLOGIA NA COMPREENSÃO DAS FORMAS DE RELEVO E NAS CARACTERÍSTICAS DAS ENCOSTAS .....	25
2.2	DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS COMO PARÂMETRO PARA A FORMAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS .....	29
2.3	O CONCEITO DE PAISAGEM COMO FATOR RESULTANTE DA INTEGRAÇÃO ENTRE A GEOMORFOLOGIA E O USO E COBERTURA DA TERRA .....	36
2.4	A FRAGILIDADE AMBIENTAL INTENSIFICADA PELO USO DA TERRA E A MODERNIZAÇÃO DA BASE TÉCNICA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	43
2.5	AS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ESTUDOS DE FRAGILIDADE A EROSÃO HÍDRICA .....	49
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>55</b>
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>69</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO FISIAGRÁFICA .....	69
4.2	CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA E ECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO... 77	
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>83</b>
5.1	O USO E COBERTURA DA TERRA.....	83
5.2	DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DO USO E COBERTURA DA TERRA DE ACORDO COM AS CLASSES DE DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS .....	87
5.3	ESPACIALIZAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS .....	91
5.4	A FRAGILIDADE: DECLIVIDADE, USO E COBERTURA DA TERRA E PROCESSOS EROSIVOS.....	95
5.5	AVALIAÇÃO INTEGRADA ENTRE MAPAS DE FRAGILIDADES: PRODUÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS .....	102
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>117</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O espaço geográfico, bem como a paisagem, está em constante transformação, seja por meio dos fatores de ordem natural ou pela ação antrópica. A análise temporal das transformações na paisagem torna-se fundamental, pois estas podem ocorrer e serem aceleradas por motivos naturais ou antrópicos em diferentes escalas, sejam elas global, regional ou local. Nesse sentido, Ross (2014) destaca que a estrutura da paisagem é constituída por elementos naturais tais como: o conjunto de rochas, o solo, a vegetação, o relevo e os elementos resultantes da ocupação humana. Observa que estes elementos de ordem natural e social condicionam a existência da diversidade de paisagens e, observa também que as paisagens se caracterizam e se individualizam a partir do conjunto heterogêneo das formas do relevo.

Pode-se considerar uma abordagem em que as formas heterogêneas do relevo estão representadas pela declividade das encostas que as constituem. As características do relevo, a citar a declividade, encontram-se sustentadas por diferentes bases litológicas e são resultantes dos processos endógenos e exógenos. Por isso, a superfície terrestre, apresenta locais que, ora se assemelham, ora se diferem.

A ação conjunta entre relevo, clima e solo permite que a cobertura vegetal apresente estratos arbóreos e herbáceos diversificados. Sendo assim, os elementos físicos que formam o cenário da paisagem, possibilitam a existência e a apropriação do homem, a partir dos diferentes usos da terra. Com a prática da agricultura e a evolução na base técnica de produção os elementos físicos componentes das paisagens, bem como as características das encostas, foram sendo explorados e alterados. A fixação e a sedentarização do homem, desde a antiguidade, têm ocorrido em virtude do uso da terra, que, aliado à evolução das técnicas, colaborou na aceleração do processo de transformação dos locais onde o homem passou a viver.

Na antiguidade, o homem possuía uma relação mais harmoniosa com o meio e com os elementos físicos da paisagem. Retirava da natureza somente o necessário para a sobrevivência, buscava o desenvolvimento local adaptando suas técnicas ao meio. O modo de produção era lento, as técnicas utilizadas não causavam grandes impactos negativos, de forma a degradar a natureza.

Atualmente, nota-se que as técnicas modernas colaboram para a ocupação de áreas impróprias para determinados usos da terra. Sendo assim, os recursos naturais passaram a ser intensamente explorados a partir de uma perspectiva de que os recursos da natureza fossem infinitos. Isso deu notável destaque a ação humana. Observa-se que a intervenção antrópica se revela como impactante no ambiente, seja, no meio rural ou urbano.

As modificações, a partir da intervenção antrópica, implicaram na aceleração de alguns impactos negativos no ambiente e sobre os elementos constituintes da paisagem e, dentre estes podem ser citados: a retração da vegetação, a formação e aceleração dos processos de erosão hídrica, a construção de terraceamentos e os cortes nas encostas. Observado esse contexto, a presente pesquisa tem como recorte a escala local ao nível municipal, cuja área de estudo é o município de Sananduva, que se localiza na microrregião do nordeste do estado do Rio Grande do Sul situado numa zona de transição entre o planalto dos Campos Gerais e o planalto dissecado pelo rio Uruguai.

O problema da pesquisa encontra-se vinculado aos questionamentos referentes à relação entre a declividade das encostas, o uso e cobertura da terra e a espacialização dos processos erosivos e, na fragilidade à erosão hídrica. Nesse pressuposto, parte-se da hipótese de que a intensificação no uso da terra promoveu alterações significativas na cobertura com vegetação nativa e que as mudanças nas características das declividades das encostas, que foram adaptadas a partir de cortes longitudinais e terraceamentos cuja finalidade foi tornar as áreas agricultáveis facilitando a mecanização, promoveram a partir do uso intensivo da terra o aparecimento e/ou na aceleração de processos erosivos.

A pesquisa justifica-se por considerar que existem evidências visuais de processos erosivos acelerados com maior incidência nas maiores declividades e onde a terra é usada intensivamente para fins agrícolas. Dentro desta perspectiva, torna-se relevante compreender a relação entre a declividade e o uso e cobertura da terra como fatores preponderantes ao aparecimento de processos de erosão hídrica. Nesse sentido, a análise das variáveis declividade, uso da terra e espacialização dos processos erosivos, irá contribuir na elaboração de mapas com cenários que mostrarão distintos potenciais de fragilidade à erosão hídrica. A determinação destes cenários também se justifica tendo em vista a intensa pressão exercida, nas últimas décadas, sobre as áreas destinadas para fins agropecuários. A expansão das áreas

de agricultura tem ocorrido, principalmente, em municípios que possuem estabelecimentos rurais de pequena extensão (10 a 50 hectares), com atividades econômicas baseadas na agricultura familiar e de subsistência. A consequência desta expansão pode ser a alteração de alguns elementos físicos/naturais, envolvendo a declividade das encostas, a retração da vegetação, a degradação do solo que a partir dos diferentes usos podem tornar-se menos férteis, e ficam expostos a erosão hídrica, a qual causa perda da camada agricultável.

Ao considerar que o município de Sananduva apresenta expansão agrícola em direção as áreas de encostas declivosas, cobertas por mata de floresta nativa, torna-se necessário conhecer melhor o assunto e, a partir disso, construir uma proposta reflexiva que visa conscientizar os envolvidos sobre a importância em respeitar a capacidade e as limitações do uso da terra bem como identificar se está sendo utilizada de forma inadequada. Neste contexto, é relevante destacar que quando a vegetação é suprimida de uma determinada área, o solo fica desprotegido tornando-a frágil e suscetível à ocorrência de problemas relacionados a erosão.

A formação ou aceleração dos processos erosivos é um dos problemas ambientais que podem ser mencionados quando a capacidade de uso da terra for excedida. A erosão entressulcos é um destes processos. A erosão acelerada pode variar indo desde sulcos e ravinas até voçorocas. Este tipo de erosão pode ocorrer de forma natural, tendo como agentes controladores fatores naturais como a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, a cobertura vegetal e as características das encostas. Entretanto, também pode ser acelerada pelos fatores antrópicos, como o uso da terra. Nesse sentido, cabe uma análise dos principais fatores controladores, tanto os naturais como os antrópicos relacionados com as atividades que compõem o uso da terra. Estes fatores, além de causarem impactos locais, podem contribuir para alterações ambientais em outras escalas de abrangência, como no caso da presente pesquisa, o município. Assim, o estudo vem ao encontro desta temática tendo como objetivo geral: Compreender a relação existente entre a declividade das encostas, uso e cobertura da terra e a espacialização dos processos erosivos para subsidiar o estudo da fragilidade a erosão hídrica no município de Sananduva- RS. Para alcançar esse objetivo, definiram-se como objetivos específicos:

- Mapear as classes de declividade das encostas, uso e cobertura da terra e espacialização dos processos erosivos;

- Analisar a distribuição das classes de uso e cobertura da terra, declividade das encostas e espacialização dos processos erosivos;
- Elaborar mapas de fragilidade do uso da terra, declividade das encostas e processos erosivos;
- Cruzar os mapas de fragilidades de cada variável para subsidiar na elaboração de diferentes cenários no mapa síntese;
- Gerar mapas síntese com diferentes cenários que mostrará a fragilidade a erosão hídrica conforme valor atribuído a cada variável.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A CONTRIBUIÇÃO DA GEOMORFOLOGIA NA COMPREENSÃO DAS FORMAS DE RELEVO E NAS CARACTERÍSTICAS DAS ENCOSTAS

A ciência geomorfológica contribui para o entendimento dos processos formadores do relevo e na evolução das características das encostas. Ao buscar reconhecer a dinâmica das paisagens, a partir do relevo, é preciso considerar os fatores que contribuíram na formação do mesmo. Os principais fatores que contribuem na gênese e evolução das formas do relevo são àqueles ligados aos processos que ocorrem no interior e no exterior da Terra, ou seja, fatores endógenos e exógenos. Os fatores endógenos estão relacionados à dinâmica interna da Terra, através do movimento das placas tectônicas. Enquanto que os fatores exógenos incluem as atividades e acontecimentos físicos que ocorrem na superfície terrestre, tendo como principais processos o intemperismo físico, químico e biológico. Estes mecanismos são os principais “escultores” das formas de relevo que podem ser vistos na superfície terrestre (PORTO, 2011).

Marques (1998) observa que as características das unidades de relevo são a base que condiciona a fixação humana e a característica do relevo. Diante disso, aborda que as atividades sociais e econômicas são desenvolvidas pela sociedade na medida em que esta se fixa em determinada unidade de relevo. Dentro desta perspectiva, os relevos podem oferecer diferentes benefícios ou riscos, isso irá depender das tendências evolutivas, bem como da interferência dos fatores ambientais e antrópico.

As formas de relevo terrestres podem ser contínuas ou descontínuas, no entanto, se assemelham e se diferem. São as semelhanças e diferenças nas formas de relevo que compõe o cenário da paisagem terrestre. O modelado do relevo e as características das encostas são gerados pelas forças exógenas atuantes. Ao longo dos períodos esse processo vai se modificando por meio do processo chamado de degradação (erosão) das áreas com declividade mais acentuada e agradação (deposição), em áreas com a menor declividade (MARQUES, 1998).

As características geomorfológicas necessitam ser compreendidas de forma integrada com outros elementos que fazem parte da paisagem. A gênese e evolução do relevo estão condicionadas a vários fatores, tais como a geologia, o clima, a

pedologia, a hidrologia e a idade de formação. Dentro desta perspectiva, Marques (1998) destaca, que a maior parte das unidades de relevo pertence ao Quaternário, sendo que as mais antigas remetem ao Terciário Superior. Conforme Marques (1998), a ciência geomorfológica tem destinado a atenção a este intervalo de tempo que abrange o Terciário Superior e Quaternário. No entanto, para qualquer nova forma que tenha seu desenvolvimento inicial é necessário considerar o tipo de terreno geológico, o clima e a forma de relevo que ali existia. O clima, associado a outros fatores físicos, é o responsável pelo modelado das formas de relevo.

As características do relevo bem como a declividade das encostas condicionam a ocupação antrópica que, por meio da construção de cidades ou em atividades em áreas rurais, modifica o ambiente natural. De maneira geral, no estado do Rio Grande do Sul, as ocupações das encostas onde o relevo apresenta declividade íngreme é um processo que teve início a partir da chegada dos colonizadores, com o fortalecimento do setor industrial, com o crescimento das cidades, e com a modernização do setor agrícola (SUERTEGARAY E GUASSELLI, 2004).

As ações antrópicas alteram as características topográficas da encosta a partir da construção de cortes e aterros afim de amenizar as declividades acentuadas. Estas ações interferem nos elementos naturais tais como as características do solo e da vegetação, no balanço hídrico e na conformação do perfil da encosta.

Nessa perspectiva, cabe salientar que para compreender o uso e ocupação da terra é essencial levar em consideração as variáveis que estão integradas às características dos elementos físicos da paisagem, tais como o relevo, o solo, o clima e a vegetação. Nesse sentido, cabe destacar que a geomorfologia permite o desenvolvimento de estudos integrados destas variáveis, bem como a compreensão da transformação do modelado do relevo, ocasionados pelos eventos naturais ou acelerados pela ação antrópica.

As características do relevo condicionam e contribuem para que o ser humano usufrua das diversas porções do espaço geográfico. Dentro desta perspectiva, Christofolletti (1998) menciona que a geomorfologia estuda a dinâmica evolutiva do relevo partindo da análise das suas características que se baseiam na morfologia; materiais componentes; processos atuantes e fatores controladores. O referido autor ainda destaca que a geomorfologia, abrange estudos que buscam

considerar os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável por esculpir estas topografias. Assim, a geomorfologia torna-se relevante, pois busca compreender o modelado terrestre, o qual condiciona as atividades humanas e organizações espaciais.

Considerando que o modelado da superfície terrestre é compreendido como um sistema ambiental físico que enseja a ocupação antrópica, o homem por meio do uso da terra interage com os elementos deste sistema ambiental e passa a modificar os elementos físicos. Sendo assim, a geomorfologia desempenha papel importante na compreensão da ligação entre a ação do homem e os elementos naturais. Portanto, a geomorfologia é uma área da ciência que se preocupa em colaborar na compreensão de estudos ambientais relacionando os aspectos físicos do meio com a ação antrópica.

Para Guerra e Marçal (2010), a geomorfologia busca compreender o espaço geográfico por meio da integração entre os elementos naturais e aqueles que foram transformados pelo homem. Seguindo a linha de pensamento estes autores destacam que a ocupação desordenada do meio físico pode impactar negativamente a saúde humana e dos ecossistemas. Por isso, a geomorfologia precisa considerar a exploração dos recursos naturais, as mudanças físicas nos ecossistemas terrestres e aquáticos, seja pela evolução natural desses sistemas ou pela intervenção antrópica.

As mudanças ambientais podem ser ocasionadas e aceleradas pela intensificação no uso da terra. No caso das áreas rurais, o uso intensivo da terra tem causado problemas de erosão. Neste sentido, estudar e identificar a ocorrência dos processos erosivos é de extrema importância para que se tenha conhecimento prévio dos elementos naturais que compõe o meio e que estão sendo degradados pelo uso da terra.

Para analisar as ocorrências de processos erosivos, faz-se necessário conhecer os aspectos físicos do ambiente e sua integração. Sendo assim, a geomorfologia permite o conhecimento e estudo integrado destes fatores. Partindo da análise integrada dos elementos físicos, naturais e antrópicos é possível pensar e traçar medidas conservacionistas, pois conforme Guerra e Marçal (2010 p. 37) “o relevo de uma determinada área, bem como os solos aí existentes podem, a médio e longo prazo, sofrer grandes transformações na sua fertilidade e na estrutura, se não forem tomadas medidas conservacionistas no meio rural”.

De acordo com Amaral e Ross (2009) a análise integrada, tanto dos ambientes naturais quanto antrópicos, permite estudar as fragilidades bem como as mudanças ambientais. A partir disso, é possível averiguar impactos ambientais aos quais os locais estão sendo submetidos em decorrência do uso da terra. No entendimento destes autores, os processos degenerativos na natureza podem ser causados pela ação antrópica. Destacam que o uso excessivo dos recursos naturais pode acarretar em consequências negativas em longo prazo.

Nas últimas décadas a discussão acerca dos problemas ambientais vem ganhando espaço nas diversas escalas, seja em nível local, regional ou global, pois o desenvolvimento científico e tecnológico e o aperfeiçoamento das técnicas de trabalho contribuíram para que o homem promovesse interação e alteração cada vez mais significativa com a natureza. Isto se reflete no crescimento territorial das áreas urbanas e também na expansão das áreas agrícolas cultivadas nas áreas rurais.

Para Moreira (2013), o desequilíbrio ambiental pode ser um impacto causado pela ação do homem sobre os recursos naturais. A ação antrópica tende a modificar as características físicas das paisagens, podem alterar-se as propriedades físicas do solo, bem como a cobertura de vegetação e os recursos hidrográficos. Estas mudanças podem ser o resultado da relação dos aspectos físicos e as atividades antrópicas.

O crescimento e a expansão das áreas urbanas e agrícolas modificam constantemente o meio natural e a paisagem. No entanto, para que ocorra a fixação humana em um determinado local são necessárias algumas modificações ou adaptações no ambiente. Kawakubo (2005) menciona que uma ferramenta relevante e auxiliadora em estudos de fragilidade ambiental é o mapeamento da fragilidade do ambiente. Esta ferramenta permite identificar as áreas mais favoráveis e as menos favoráveis à ocupação, tendo em vista que o crescimento populacional principalmente nas áreas urbanas tem se intensificado. Neste sentido, cabe discutir e analisar os principais impactos ambientais, principalmente no solo, que o ambiente apresenta uma vez que o uso de práticas agrícolas inadequadas tendem a impactar nas condições edafó-ambientais, influenciando também na reconstrução do solo e sua fertilidade (PALMIERI e LARACH, 2011).

A evolução da técnica colaborou para que o homem pudesse intervir e agir sobre a natureza, sendo assim o funcionamento original que envolve a troca de matéria e energia no ambiente natural passou a estar comprometido. “[...] A

tecnificação e a sofisticação crescente dos padrões sócio-culturais, juntamente com o crescimento populacional, cada vez mais interferem no ambiente natural, a procura dos recursos naturais” (ROSS, 2011, p.292).

Neste sentido para compreender e diagnosticar as áreas que estão suscetíveis à erosão devem-se levar em consideração os fatores: declividade, tipo da encosta (natural ou alterada), presença da vegetação, intervenções antrópicas, presença de escoamento superficial. Para o município de Sananduva as variáveis a serem consideradas envolvem a declividade das encostas, o uso e cobertura da terra e a ocorrência de processos erosivos. Estes fatores possibilitam o conhecimento das características geomorfológicas locais. Sendo assim, o conhecimento geomorfológico tende a contribuir na diminuição dos impactos que causam danos ao solo e ao meio ambiente, principalmente quando estes impactos forem produzidos pela agricultura e pecuária (GUERRA e MARÇAL, 2010).

## 2.2 DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS COMO PARÂMETRO PARA A FORMAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS

Estudos sobre a ocorrência de erosão hídrica encontra-se vinculado com o conhecimento integrado dos aspectos físicos e antrópicos. Os aspectos físicos envolvem a geologia, a geomorfologia, clima e solos, servem como parâmetros para subsidiar pesquisas sobre esta temática. Outro parâmetro fundamental a ser considerado em estudo de erosão hídrica é a influência da ação humana a partir do uso da terra.

Para Ferreira (2012, p.17) “ os processos erosivos dependem de fatores como erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas, e de estruturas de infiltração, armazenamento, percolação e escoamento (superficial e subsuperficial) ”. Estes fatores, também podem ser compreendidos como parâmetros que dão suporte aos estudos sobre a erosão hídrica.

Assim como existem parâmetros fundamentais para o estudo da erosão hídrica, também existem fatores que condicionam a formação da erosão hídrica. Dentre estes, podem ser citados a litologia, depósitos superficiais, tipos e características dos solos, clima, vegetação, precipitação e a declividade das encostas. Estes fatores agindo de maneira intrínseca podem favorecer o aparecimento de marcas de erosão nos diferentes locais, alterando as características da paisagem.

O estudo da erosão hídrica desta pesquisa, será baseada nos seguintes parâmetros: geomorfologia com ênfase para a declividade das encostas, ação antrópica com ênfase para o uso e cobertura da terra e especialização dos processos erosivos existentes na área de estudo. Considera-se que estes aspectos integrados condicionam e aceleram a formação de processos erosivos e alterações na paisagem local.

Bispo (2007) em seu estudo ressalta a importância das condicionantes topográficas na paisagem. Considera que em estudo das paisagens locais ou regionais torna-se necessário fazer o levantamento das características do local. Estas características envolvem as variáveis ambientais, dentre estas as variáveis topográficas que podem ser a elevação do terreno, a declividade, a orientação das vertentes. Observa que essas variáveis permitem a variação na fauna, flora, solos, e no clima.

Gurgel (2011), em estudo de análise ambiental sobre o uso da terra e os processos erosivos defende que a declividade tem relação estreita com o uso da terra, pois em sua visão, os usos múltiplos da terra com agricultura e pecuária por exemplo, ocorrem nas áreas onde a declividade é menos acentuada. Quando as áreas apresentam declividade mais acentuada se inviabilizam para fins agrícolas, principalmente a agricultura mecanizada. Deste modo, a declividade é um fator que faz com que a terra seja usada para outras finalidades que não exijam o uso intenso da mecanização.

Para Ferreira (2012), as feições atuais das encostas foram moldadas pelo intemperismo, fator este que vai orientar os padrões de drenagem, sendo que a declividade nas encostas é um agente que prepondera aos processos erosivos. Dentre os vários tipos de erosão, destaca a erosão laminar, a qual é um processo superficial que inicia com o salpicamento (*splash*) da gota d'água, e que se intensifica com o aumento da concentração e intensidade da chuva, assim, formam-se pequenos canais originando as ravinas, que associadas com a erosão subsuperficial, evoluem para voçorocas.

Conforme Guerra e Jorge (2013) a erosão é de ordem natural, porém as antropização dos espaços tendem a acelerar o processo que aconteceria de forma lenta (natural). A erosão que consiste na remoção, transporte e deposição dos sedimentos é vista como um problema no local de início (topo da encosta) e, no seu final, ou seja, onde se depositam os sedimentos que causam assoreamento dos rios

e/ou poluição. Destacam os autores, que a erosão hídrica consiste em remover nutrientes da sua camada fértil (topo), reduzindo assim a penetração das raízes e conseqüentemente o armazenamento de água no solo. Para, além disso, promove a diminuição de áreas agricultáveis e assoreamento dos recursos hídricos. O solo ao ficar sem cobertura vegetal também ficará desprotegido da ação das chuvas, sendo assim, a probabilidade de erosão aumenta, o que pode aumentar também as enchentes além da poluição dos corpos hídricos.

Pereira (2005, p. 11577) conceitua a erosão a partir do ponto de vista agrícola, destacando que, “a erosão é o arrastamento das partes constituintes do solo, através da ação da água ou do vento, colocando a terra transportada em locais onde não pode ser aproveitada pela agricultura”. A erosão do solo que consiste na remoção transporte e deposição de sedimentos pode ser ocasionada pela ação da chuva ou do vento. Sendo assim, em outras palavras, estará condicionada pela ação hídrica ou eólica. Neste caso, é abordado o conceito de erosão hídrica, tendo em vista que as marcas deixadas na superfície são da ação do escoamento superficial.

A declividade de uma determinada encosta é um fator relevante no estudo da espacialização dos processos erosivos, pois no entendimento de Jorge e Guerra (2013, p.08), “terrenos que possuem declividade superior a 3º estão sujeitos a sofrer erosão”. Os mesmos autores destacam que a erosão é um fenômeno natural que ocorre em todas as paisagens. No entanto, tornam-se problemáticos a partir do momento em que as taxas de perda de solo, ultrapassam níveis naturais, devido à falta de práticas conservacionistas.

Conforme indicado por Werlang (2004), as conseqüências dos processos erosivos apresentam grande amplitude e afetam diretamente as atividades econômicas e sociais. A erosão pode ser manifestar de diferentes modos na superfície, podendo ser classificada em ravinas ou voçorocas. Portanto, de acordo com referido autor, é necessário tomar conhecimento de como, onde e porque os processos erosivos ocorrem e quais medidas podem ser adotadas para evitar o surgimento e conseqüentemente a evolução de ravinas para voçorocas.

Ainda Werlang (2004), destaca que as condições climáticas e a declividade do terreno são agentes que contribuem na formação dos processos erosivos. As condições climáticas agem a partir da umidade e da pluviosidade, enquanto que a declividade do terreno favorece na intensidade do escoamento superficial da água oriunda da precipitação, tendo em vista que, uma parte infiltra e recarrega os lençóis

freáticos e a outra escoar em superfície. Sendo assim, a formação de cicatrizes erosivas depende da precipitação e do escoamento superficial difuso.

Meneses (2011) destaca que a erosão hídrica consiste na remoção, transporte pelo agente água e deposição dos sedimentos. Estes sedimentos geralmente são extraídos das partes de maior altitude nas encostas e são carregados para as partes com altitude mais baixas, ou seja, são removidos do topo das encostas e depositados na base das encostas. O principal agente neste caso, é a ação da chuva que pode provocar desagregação de materiais por meio da ação da gota (*splash*) abrindo inicialmente uma pequena fissura ou então pelo escoamento pluvial formando canais que darão início a concentração do escoamento, chegando a formar um curso d'água.

Para o controle da formação de processos erosivos o uso e cobertura da terra é um parâmetro que colabora no controle do aparecimento e formação de canais de erosão. A presença da cobertura vegetal é um agente que pode colaborar para que a ação das gotas de chuva não incida diretamente no solo. Meneses (2011) descreve que a vegetação atua como um agente passivo na interceptação das gotas de chuva, porém, poderá favorecer para que ocorra o aumento da erosão hídrica tendo em vista que, as gotas ao se concentrarem e acumularem na folha da vegetação pode ter o seu tamanho e forma aumentada. Sendo assim, a ação das gotas com maior tamanho e forma tende a ser mais impactante na superfície do terreno.

Para Ross (2011), a proteção dos solos ocorre por meio do uso e cobertura da terra. A partir deste critério o autor classifica os graus de proteção do solo baseado no tipo de uso e cobertura, fica estabelecido então que florestas, matas naturais e florestas cultivadas possui muito alto grau de proteção. Enquanto que, formações arbustivas naturais, densas, mata homogênea de pinus, pastagens cultivadas sem a presença de rebanho de animais, possuem alta proteção para o solo. As áreas com cultivo de ciclo longo, em curvas de níveis com terraceamentos, pastagens com baixo pisoteio, áreas de eucaliptos e silvicultura apresentam médio grau de proteção do solo. As culturas de ciclo longo, com presença de solo exposto, culturas de ciclo curto, presença de terraceamentos, apresentam baixo grau de proteção. As áreas desmatadas, com solo exposto arado, estradas, culturas sem práticas conservacionistas apresentam baixo ou nulo grau de proteção ao solo.

De acordo com Pereira (2005), a erosão hídrica pode ser classificada em diferentes tipos: laminar, sulcos e voçorocas. Para o referido autor tem-se a erosão laminar, a qual se apresenta inicialmente pouco impactante, pois este tipo de erosão quando na fase inicial remove uma pequena parcela na superfície do solo (poucos milímetros), mas que ao longo dos anos tendem a evoluir fazendo com que apareçam rochas e/ou raízes que antes se encontravam cobertas pela camada superficial do solo. A erosão em sulcos consiste na formação de fissuras, inicialmente pequenas, mas que tendem a crescer provocadas pela ação do escoamento da água. São encontradas geralmente nas áreas desprotegidas por cobertura vegetal e também onde o terreno apresenta superfície desnivelada. A erosão em voçoroca é o aprofundamento das fissuras, ou seja, a evolução da erosão em sulcos que apresentam grande profundidade e largura, impedindo o cultivo do solo naquela área onde se concentra.

Uma crítica sobre a confusão conceitual sobre os tipos de erosão é apresentada por Rubira, Melo e Oliveira (2016), que ao fazerem uma revisão de literatura sobre a classificação dos tipos de erosão constataram que os autores usam diferentes terminologias para se tratar de uma mesma questão. Neste sentido, os autores destacam “constatou-se que muitos autores compartilham da mesma ideia de erosão em sulcos, ravinas e voçorocas, as explicações e definições mantêm um padrão, mas alguns autores classificam a mesma forma de erosão com nomenclaturas diferentes” (RUBIRA, MELO e OLIVEIRA, 2016, p. 180).

As proposições feitas por Rubira, Melo e Oliveira (2016), acentuam que se defina a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas como sendo erosão linear. Tendo em vista que, quando se fala em erosão hídrica corre-se o risco de fazer uma generalização de termos de qualquer erosão que tenha a ação da água, podendo gerar confusões já que a erosão hídrica pode ocorrer de forma concentrada (linear) ou difusa (laminar).

De acordo com Magalhães (2001), a erosão em ravinas é ocasionada pela força da água por meio de uma enxurrada. A feição das ravinas se caracteriza por ser um canal de escoamento das águas das chuvas. Possuem traçados definidos, que vão se aprofundando com o passar dos anos, em virtude da erosão provocada pelas enxurradas. Esse tipo de erosão pode atingir até alguns metros de profundidade. Enquanto que, as voçorocas são caracterizadas pelo aparecimento de afloramento de água. Nesta fase, o estágio de erosão encontra-se na passagem

gradual do processo de ravinamento até o ponto em que atinge o lençol freático, isto é, a porção saturada em água no meio.

As proposições feitas por Magalhães (2001) sustentam que, a erosão é determinada pelo agente que atua. Este agente pode ser o vento, o gelo ou a água. Sendo assim, a erosão apresenta-se em diferentes formas de desgaste do solo que varia de superficial ou subterrânea. No caso, da erosão superficial esta terá como agente principal a chuva seguida do escoamento superficial.

Seguindo a linha de raciocínio proposta por Magalhães (2001), a erosão superficial divide-se em diferentes estágios. O estágio inicial consiste na desagregação das partículas e agregados do solo. Um exemplo é a argila, que se desagrega pela ação cinética da gota da chuva. Posterior à desagregação, a tendência é que ocorra o escoamento superficial laminar, onde as partículas coloidais serão arrastadas suavemente. Em outro estágio, agora com maior concentração de água no solo e maior intensidade de chuva, tem-se o escoamento superficial concentrado. Este tipo de escoamento é caracterizado pela abertura de um pequeno canal de escoamento pluvial, com traçado definido. A este tipo de escoamento o autor classifica-o como ravinamento.

Em estágio final e mais avançado apresentam-se as voçorocas. Que para Magalhães (2001, p. 03) “é o estágio mais avançado de erosão acelerada correspondendo à passagem gradual do processo de ravinamento, até atingir o lençol freático, com o aparecimento de surgências d’água”.

Castro (1998), partindo da visão de Foster (1982), compreende a erosão hídrica como sendo a remoção, transporte e deposição de partículas e agregados do solo, destacando que a erosão se inicia pelo desprendimento das partículas pela ação da chuva. Este autor classifica a erosão hídrica do solo em três estágios que são: erosão entressulcos, que se caracteriza pela remoção do solo de maneira uniforme, ocorrendo em superfícies lisas. Neste caso, o escoamento, o fluxo de água é delgada, e a remoção ocorre pelo impacto da gota d’água que provoca o salpicamento dos materiais erodidos. Quando o escoamento começa a formar pequenos canais tem-se a erosão em sulcos.

Guerra (1997) destaca que um dos primeiros pesquisadores a tratar da associação entre geomorfologia e erosão, foi Horton (1945). Para Horton, o papel das ravinas consistia em conduzir água e sedimentos das partes mais altas para as partes mais baixas da encosta. Estes processos de remoção, transporte e deposição

são realizados por meio de canais de escoamento da água, os quais podem ser chamados de ravinas. Ainda conforme Guerra (1997) as ravinais se formam pela ação do fluxo concentrado da água evoluindo a partir do momento em que o solo fica saturado. A partir do momento que a água escorre encosta abaixo ganha velocidade e força aumentando a profundidade do canal. Neste sentido o referido autor destaca que Horton (1945) afirmava que no topo das encostas, ou em divisores de água não temos erosão, tendo em vista que a força para o cisalhamento do canal, o qual é ocasionado pelo fluxo laminar, não seria suficiente para abrir canais no topo das encostas. Porém, na medida em que o fluxo e a velocidade da água aumentam a tendência de que ocorra a erosão também aumenta, pois, o fluxo de água torna-se concentrado.

Guerra (1997) cita que Bergsma et.al (1996), conceituam ravinas como canais superficiais com profundidade superior a 20 ou 30 cm. As ravinas podem ser destruídas no momento em que o solo é arado para o plantio. Relembra também que as características do relevo é fruto do desenvolvimento das microformas de erosão.

Considerando a revisão de literatura apresentada nota-se que vários autores discutem sobre a contribuição da declividade das encostas, na formação de processos erosivos. Os autores também chamam atenção para a ocupação das encostas tanto nas áreas urbanas quanto em áreas rurais. A ocupação irregular dos terrenos, neste caso, as encostas, associado com as mudanças nas características naturais da mesma podem acarretar a formação de processos erosivos. É importante destacar que, a ocupação de áreas com declividades acentuadas, ocorreu de maneira significativa nas décadas posterior a industrialização (área urbana) e modernização da agricultura (área rural). Deste modo, os processos erosivos já existentes foram acelerados, ou então, e formaram-se outros processos de erosão hídrica nos terrenos.

Ao tratar de processos erosivos cada autor propõe uma determinada classificação para os mesmos. Esta classificação serve tanto para os processos erosivos de ordem natural ou aqueles provocados e intensificados pela ação antrópica. No caso desta pesquisa será adotado o termo de processos erosivos referindo-se a erosão entre sulcos proposto por Pereira (2005), tendo em vista que a mesma irá mostrar a espacialização dos processos erosivos, em sulcos. Para o

referido autor, a erosão em sulcos abrange as feições em formas de ravinas, que se originam pelo escoamento superficial da água da chuva, no terreno.

### 2.3 O CONCEITO DE PAISAGEM COMO FATOR RESULTANTE DA INTEGRAÇÃO ENTRE A GEOMORFOLOGIA E O USO E COBERTURA DA TERRA

Estudos da paisagem podem ser realizados em diferentes escalas (temporal e/ou espacial). A nível destas escalas é possível identificar as modificações decorrentes de fatores de ordem natural ou antrópica. A conformação da paisagem é resultante da integração entre as características geomorfológicas, podendo ser citada como exemplo as encostas com suas respectivas formas e declividade e o uso da terra. Dentro desta perspectiva, para nos remetermos ao termo paisagem é necessário que tenhamos conhecimento sobre o seu conceito, o qual tem sido discutido por autores com diferentes visões e concepções. Neste sentido, quando se fala sobre a paisagem estamos nos remetendo a uma categoria (termo) que é utilizada desde a antiguidade.

A noção de paisagem tem seu início ligado a concepções europeias, pois, foi no Renascimento Europeu (século XVII) que o conceito foi expresso nas pinturas e desta forma, ganha notoriedade a partir do entendimento de representar tudo àquilo que a vista alcança (CAVALCANTI, 2014). Dentro desta perspectiva, a paisagem passa a ser compreendida como sendo, tudo aquilo que é possível visualizar, podendo ser constituída de elementos naturais e humanos. Para Metzger (2001), o termo paisagem aparece inicialmente no antigo testamento, mais especificamente no livro dos Salmos (1000 A.C) que ao falar sobre paisagem compreendiam esta como sendo a vista das obras materiais (casas, templos) em Jerusalém, considerando a visão e estética das construções. Por volta da segunda metade do século XVIII, o termo paisagem foi incorporado pelas artes e pinturas, representando uma imagem voltada ao campo estético.

De acordo Metzger (2001) com o passar dos anos este termo se expandiu, sendo que, no século XVIII passa a ser utilizado pela literatura e pelas artes plásticas. Os escritores pré-românticos, românticos e artistas plásticos representavam a paisagem através da pintura, com as belezas naturais, nas quais muitas vezes retratavam o sentimento expresso pelo ser humano. Porém, a interpretação do termo ganha novos caminhos com o geo-botânico Von Humboldt.

As viagens realizadas por Humboldt permitiram que o naturalista, por meio da observação, considerasse as diferentes fisionomias e aspectos das vegetações que formavam as paisagens dos espaços percorridos. Estas diferentes paisagens possibilitaram a caracterização dos espaços. Segundo Maximiano (2004), Humboldt aplicou o método explicativo e comparativo para caracterizar o espaço e as diversas paisagens. O elemento natural levado em consideração neste caso, foi a vegetação, pois foi a partir da observação da vegetação que Humboldt observou as diferenças entre os espaços e as paisagens. Entendendo que na natureza existem relações causais Ratzel no final do século XIX com esta linha de pensamento contribui para o conhecimento das paisagens. Sendo assim, sua teoria foi aceita e integrada a *landschaftskunde*, ciência que considerava as paisagens sob ótica territorial.

Na Ciência Geográfica, o termo paisagem foi incorporado e se torna um conceito importante a partir do século XX, sob influência das escolas alemã e francesa. Estas proporcionaram que o termo paisagem fosse estudado sob diferentes concepções (usos). De acordo com Pozzo e Vidal (2010), dentro da literatura Francesa o termo paisagem não evoluiu cientificamente, recebendo muitas críticas por parte de alguns autores como André Cholley, que criticava por ser um estudo apenas descritivo, sem muita dinâmica. Enquanto que na Geografia alemã Troll, usava o termo *Landschaft*, compreendendo como uma relação entre o visual e espacial vivenciado pelo homem em um determinado espaço.

Referente à utilização do termo paisagem na Geografia, Verdum e Mazzini (2009) destacam que, partindo de uma concepção geográfica, pode-se entender a paisagem como um determinado setor da superfície terrestre que irá se diferenciar pelo seu conjunto de formas. Permitindo aos geógrafos analisar os elementos que a compõe por meio da sua forma e magnitude. Sendo assim, é possível propor uma classificação das paisagens. Os autores destacam ainda que dentro desta perspectiva é possível considerar a paisagem como sendo o conjunto de elementos da natureza, os quais podem ser observados a partir de um determinado ponto de referência.

Outra base de estudo sobre paisagem fundamenta-se em Troll (1950), o qual destaca que o termo paisagem é utilizado pelos alemães a partir de 1913, sendo apresentada como uma ramificação da geografia. Porém, era passível de confusões com os termos de área e região, ficando evidente a falta de um conceito específico para o termo. Em sua análise Troll (1950, p.01) destaca que, a paisagem apresenta

duas possibilidades para analisá-la, podendo ser a partir da consideração da forma (configuração) e/ou da funcionalidade. Sendo assim, este autor conceitua o termo paisagem como o conjunto da interação homem/meio.

Em Troll (1950), é mencionado que na observação da paisagem é de extrema importância considerar a funcionalidade das paisagens, estas podem ser analisadas através dos geofatores, principalmente pela economia e cultura, as quais interagem entre si. Deste modo, destaca que “[...] segundo a importância da intervenção do homem, distinguem-se as paisagens naturais e paisagens culturais” (TROLL, 1950, p.03).

Na concepção de Troll (1950) as paisagens retratam o passado a partir da reflexão da transformação temporal. Destaca ainda que as paisagens naturais variam em ritmos lentos, podendo levar séculos para ocorrer transformações, enquanto que as paisagens culturais mudam em ritmos rápidos, podendo ocorrer de geração em geração, acelerados pelo processo de antropização.

Outra definição para o conceito de paisagem é proposta por Milton Santos (1988). Em sua compreensão ele conceitua a paisagem como algo que enxergamos, mas não se restringe somente a isto, lembra que ela pode conter elementos visíveis e elementos invisíveis. Referindo-se a paisagem, Santos (1988) define-a como sendo, tudo o que se encontra no campo do visível, ou seja, aquilo que o olhar humano consegue enxergar. Destaca ainda que a paisagem é composta por volumes, cores, movimentos, odores, sons, sendo assim, estes elementos não visíveis também fazem parte da paisagem.

O conceito de paisagem proposto por Milton Santos abarca uma dimensão visual, ligada à percepção do espaço por meio da visão. Em outra definição Santos (2002, p. 103) destaca que “[...] a paisagem é um conjunto de formas que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza. Os espaços são as formas mais a vida que as anima”.

Ao compararmos as definições propostas por Milton Santos (1988 e 2002) podemos verificar que o conceito de paisagem passou a ser compreendido sob uma perspectiva diferente quando comparado com a primeira definição. Ela não é apenas aquilo que a visão abarca, mas sim um conjunto de formas, a qual é constituída por elementos naturais, culturais e invisíveis, sendo que estes formam as suas principais características.

Nota-se que na definição proposta em 2002, o autor relaciona dois importantes elementos na configuração da paisagem: homem e natureza. Além disso, destaca que a relação entre estes é que vai configurar e reconfigurar as paisagens. Neste sentido, esclarece que a paisagem deixa de ser simplesmente algo estático ou aquilo que visualizamos, mas que a paisagem tem marcas que exprimem e demonstram as ações e usos antrópicos no espaço geográfico.

Para Suertegaray (2000 apud SUERTEGARAY e GUASSELLI, 2004), na geografia, o espaço pode ser analisado através do conceito de paisagem, pois é no espaço geográfico que se expressa a materialização das ações da sociedade, podendo ser visualizada pelo observador. Deste modo, o conceito de paisagem é enfatizado da seguinte maneira “[...] Não é apenas a forma, a configuração, é resultado de processos não visíveis, mas possíveis de serem inferidos. No sentido mais clássico a paisagem é observável a partir do nosso campo de visão” (SUERTEGARAY e GUASSELLI, 2014, p. 27).

Bertrand (1972), por sua vez, destaca que, a paisagem encontra-se em constante evolução. Ela é um conjunto único e indissociável, dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que se integram e reagem dialeticamente uns sobre os outros no espaço. Assim, formam as características das paisagens. Portanto, não se podem compreender as paisagens por meio da análise dos elementos individualizados, mas sim integrados.

Se analisarmos e compararmos, podemos perceber que em sua definição conceitual de paisagem o Bertrand se aproxima da escola alemã e com o conceito definido por Troll. Bertrand (1971) destaca que no estudo da paisagem é preciso considerar a escala temporo-espaciais propostas por Cailleux e Tricart. Ao escrever sobre a cartografia de paisagens, Cavalcanti (2014, p. 14) destacou que “[...] vale mencionar as conceituações de paisagem de Humboldt e La Blache, que a tratavam não apenas como um elemento estético, mas como um complexo cuja a aparência era apenas um componente”. No entanto, ressalta que Sauer no ano de 1925, já trabalhava com a concepção de morfologia da paisagem, sendo assim, surgiu o conceito de morfologia da paisagem, o qual considera em seu estudo a composição, forma e arranjo espacial das paisagens. O estudo da morfologia possibilitava a compreensão de dinâmica e evolução das paisagens. (CAVALCANTI, 2014).

Ao referir-se sobre a classificação das paisagens em natural e cultural Cavalcanti (2014) discorda da utilização dos adjetivos natural e cultural, pois

segundo ele, toda a superfície terrestre já se encontra apropriada pelo homem. Este autor cita como exemplo, as unidades de conservação, que são áreas delimitadas politicamente, com objetivo de proteger o patrimônio natural.

Em seu ponto de vista, Cavalcanti (2014) destaca que, as paisagens desenvolvem-se de acordo com a lei da física, possuindo dimensões definidas na superfície terrestre, sendo que suas características estão ligadas com a dinâmica interna e externa do planeta, com os movimentos orbitais e as relações cósmicas ao longo do tempo geológico. Destaca ainda que na geografia pode-se conceber a paisagem como “[...] unidades geoecológicas resultantes da interação complexa de processos naturais e culturais. Elas podem se originar, existir e desaparecer sem a interferência humana, mas sua representação não é independente da cultura” (CAVALCANTI, 2014, p.18).

O geógrafo Ab’Saber (2003) discute o conceito de paisagem, destacando que esta pode ser considerada como uma herança. Sendo assim, “[...] paisagem é sempre uma herança. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente herdaram como território de atuação de suas comunidades” (AB’SABER, 2003, p. 09). Por isso, o autor destaca que o Brasil, devido principalmente a sua extensão territorial, é composto pela diversidade de paisagens, que variam de acordo com fatores climáticos, pedológicos e geomorfológicos. Afirmando, portanto, que neste há potencialidade paisagística.

Com base nas concepções de paisagem apresentadas é possível compreender que este conceito é complexo uma vez que não é utilizado apenas na ciência geográfica e nem surgiu a partir dela. O conceito da paisagem na geografia foi e é utilizado para compreender o espaço geográfico e a interação entre os fatores naturais e antrópicos. Tendo em vista que a paisagem é a totalidade da interação do homem com a natureza, as encostas com as suas peculiares características bem como o uso e cobertura da terra são fatores que compõe e representam o cenário paisagístico no espaço geográfico.

A paisagem se estrutura a partir dos elementos naturais (vegetação, geologia, solo, relevo, hidrografia, clima) que condicionam os usos diversificados da terra. Estes elementos possibilitam a existência e apropriação do homem, a partir dos diferentes usos da terra. Neste sentido, ela é resultado da integração entre elementos físicos e o uso e cobertura da terra.

O uso e cobertura da terra bem como as características geomorfológicas permite o desenvolvimento de atividades diversificadas, tais como: agricultura, pecuária, entre outras, ela também condiciona a formação de novas paisagens com características distintas. Neste sentido, é possível perceber que a partir da intensificação do povoamento, a paisagem começou rapidamente a passar por um processo de transformação em virtude do uso da terra.

Desde a história da humanidade o uso da terra está voltado a utilização dos recursos naturais, os quais vem ao longo das últimas décadas sofrendo uma pressão por parte das áreas destinadas aos sistemas agrícolas. A cobertura da terra passa ser redefinida em virtude da exploração econômica dos recursos naturais. Para Guerra e Marçal (2010, p. 32), “[...] a ciência moderna e os avanços tecnológicos e industriais tem sido aplicado às áreas rurais nas últimas décadas, tendo havido um progresso significativo em um curto espaço de tempo”. No entanto, outras pesquisas destacam que as populações rurais desde o início da colonização já faziam o uso da terra. Tendo se intensificado estes usos a partir da criação da Lei de Terras (1850), quando as pessoas passaram a ter seus lotes delimitados e destinados para diversos fins de exploração. Assim, os interesses especulativos e de interesse individual se intensificaram (MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA, s/d; IBGE, 2013, p. 26).

Ainda de acordo com dados obtidos no Manual Técnico de Uso da Terra, (IBGE, 2013), a porção terrestre pode ter sua cobertura vinculada a áreas antropizadas, (nas quais o homem tenha feito alterações), ou naturais (áreas onde prevalecem com características naturais não alteradas pela ação humana). Nas áreas com presença da ação antrópica a cobertura da terra passa a ser modificada e também passa a ter seu uso diferenciado. Neste caso, o uso pode ser para fins da agricultura, pecuária, extrativismo. Além das áreas agrícolas, também podem ser encontradas as áreas chamadas de não agrícolas, as quais encontram-se com a camada arável da terra descoberta. Outra cobertura da terra é composta pela presença da vegetação natural. Estas áreas podem ser divididas em áreas florestal ou campestre.

A evolução da técnica colaborou para que o homem pudesse intervir e agir sobre a natureza, sendo assim o funcionamento original que envolve a troca de matéria e energia no ambiente natural passou a estar comprometido. “[...] A tecnificação e a sofisticação crescente dos padrões sócio-culturais, juntamente com

o crescimento populacional, cada vez mais interferem no ambiente natural, a procura dos recursos naturais” (ROSS, 2011, p.292).

A agricultura é uma das formas de uso da terra que pode ser citada como exemplo, e pode-se dizer também que foi a partir da expansão desta atividade que as paisagens foram transformadas rapidamente. O setor agrícola é uma atividade que desempenha papel importante na (re) construção das paisagens. O desenvolvimento da prática agrícola tem cada vez mais transformado e explorado gradativamente os elementos das paisagens, chamados também de recursos naturais.

O uso intensivo sem a aplicação de um manejo adequado pode favorecer a impactos de degradação irreversíveis. Um dos impactos que pode ser mencionado inicialmente é a erosão da camada arável do solo. Guerra e Marçal (2010), destacam, nas áreas rurais práticas conservacionistas nem sempre são adotadas, e é por isso que se deve atentar para as mudanças impostas pela agricultura no relevo e na vegetação. Tendo em vista que para a prática da agropecuária sempre se necessita de grandes extensões de terras. O uso da terra é o que pode proporcionar as transformações mais significativas e com maior rapidez sob os elementos naturais, tais como solo, vegetação e relevo. Para Jorge (2004), os efeitos negativos das atividades humanas sobre os recursos naturais implicam no comprometimento da qualidade da água, e na sanidade do solo. Estes efeitos negativos são resultados da expansão urbana e o crescimento das áreas agrícolas que se encontram baseada na monocultura e no uso intensivo de produtos químicos.

Estas transformações nas paisagens estão vinculadas a fatores econômicos voltados para a produção agropecuária. Portanto, o desenvolvimento das atividades agropecuárias, tende a causar impactos erosivos nas encostas, através do transporte de sedimentos. Além disso, alteração na quantidade e qualidade dos rios, lagos e reservatórios, podendo causar assoreamento e contaminação destes corpos hídricos (GUERRA e MARÇAL, 2010).

A intervenção antrópica sob os elementos naturais das paisagens vem sendo percebida há muitas décadas. Com a modernização do setor agrícola e com o aumento da demanda da produção, tornou-se indispensável repensar e planejar o uso da terra. O uso intensivo deste recurso natural tem provocado mudanças nas características das paisagens, principalmente na vegetação e nas declividades das encostas.

## 2.4 A FRAGILIDADE AMBIENTAL INTENSIFICADA PELO USO DA TERRA E A MODERNIZAÇÃO DA BASE TÉCNICA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A fragilidade ambiental é conceituada a partir de diferentes concepções e visões, aqui não se pretende fazer a discussão sobre o referido conceito. Mas sim, enfatizar como dá suporte para o estudo do aparecimento de processos erosivos em áreas degradadas. Portanto, serão feitas algumas abordagens sobre o conceito de fragilidade ambiental embasada em diferentes concepções de alguns autores.

A fragilidade ambiental, é a quebra do equilíbrio dinâmico a partir do momento em que os componentes naturais sofrem alterações, assim a funcionalidade do sistema fica comprometida (ROSS e SPORL, 2004, p. 40). Deste modo, o homem ao intervir e alterar os elementos da natureza, está alterando a funcionalidade do sistema, colocando-o em desequilíbrio.

A fragilidade ambiental é definida como “a susceptibilidade do ambiente de sofrer intervenções, ou de ser alterado. Quando é quebrado o estado de equilíbrio dinâmico, o sistema pode entrar em colapso, passando para uma situação de risco” (SCHIAVO et .al, 2016, p. 465 apud SPORL, 2004).

A fragilidade ambiental também é conceituada como sendo o desequilíbrio tanto de ordem natural como de influência da ação antrópica. Assim, o ambiente ao ter um de seus elementos alterados torna-se vulnerável, sujeito a ocorrência de impactos negativos (TAMANINI, 2008).

Dentro desta perspectiva, a fragilidade ambiental é classificada como potencial e emergente. Onde, “a fragilidade potencial é a vulnerabilidade natural do ambiente. Fragilidade ambiental emergente é a vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem” (KAWAKUBO et.al, 2005, p. 2204).

A evolução da técnica e da tecnologia vinculada com a história e cultura da população, tem vínculos importantes com a interferência humana no meio natural. De acordo com a evolução da técnica e tecnologia os sistemas ambientais são “adaptados, ou alterados (Santos, 2015). Essas alterações nos elementos que formam a paisagem natural, resultam na fragilidade dos ambientes, pois o equilíbrio natural passa a ser modificado.

A partir da revolução industrial e tecnológica o homem intensificou a exploração dos recursos naturais, vencendo os obstáculos, apropriando-se dos

recursos que o meio lhe oferecia. Desta forma, passou a produzir cada vez mais, a fim de atender as necessidades do mercado global, com a produção em grande escala onde as vendas visavam o lucro sem se preocupar com a preservação dos recursos existentes.

O ser humano ao usufruir dos recursos disponíveis na natureza produz e reproduz o espaço, causando alterações significativas no ambiente, provocando alterações no solo, no relevo, na vegetação, nas condições hidrográficas que alteram o sistema que está em equilíbrio natural. Assim, o ambiente está suscetível ao equilíbrio e desequilíbrio, seja por fatores naturais ou antrópicos. Pois, a natureza encontra-se em harmonia com as relações dos seres vivos e o ambiente condiciona ao equilíbrio ecológico e natural. Quando o homem quebra esta harmonia ele está provocando o impacto ambiental negativo, pois com o crescimento populacional o meio fica suscetível a degradação causando impactos que no início da história do homem eram menores. Mas, com o aumento da população e com o desenvolvimento tecnológico foram intensificados.

A modernização da agricultura de um lado propiciou o aumento e a aceleração da produção, mas por outro degradou cada vez mais os recursos naturais entre eles o solo. Após este momento, o meio foi adaptado às técnicas modernas, onde a abundância da natureza passou a ser explorada pelo ser humano sob a perspectiva que os recursos naturais fossem infinitos. Aliado a isso, os estudos da fragilidade ambiental frente à erosão hídrica a serem realizados no município Sananduva- RS, irá mostrar as áreas que apresentam fragilidade ao aparecimento e aceleração de processos erosivos.

O estudo da fragilidade ambiental permite o reconhecimento das áreas que estão sujeitas as mudanças bem como identificar o grau de fragilidade destas, evitando assim maiores impactos e degradações. A fragilidade ambiental está relacionada ao estudo da dinâmica e da transformação dos elementos físicos/naturais que constituem a paisagem. A vegetação, elemento que integra as características das paisagens desempenha papel importante na cobertura do solo. Quando a vegetação é retirada de uma determinada área, o solo acaba ficando desprotegido tornando a área frágil e suscetível a ocorrência de problemas ambientais dentre estes a erosão, a formação de ravinas entre outros. Assim como afetam os demais recursos naturais disponíveis na natureza (Santos, 2015).

A problemática ambiental se revela no momento em que os elementos naturais, a citar, a geologia, o relevo, o solo e o clima passam a apresentar fragilidades, em virtude do uso inadequado dos recursos naturais. No entanto, as mudanças no uso e cobertura do solo, são e permanecerão por muito tempo, o mais importante dos diversos componentes interatuantes de mudanças a nível global que estão afetando os sistemas ecológicos (DIAS, 2002). Cabe, portanto, uma análise profunda das atividades que alteram o uso e cobertura do solo, pois além de causarem impacto local, elas contribuem para as alterações ambientais no Planeta. Portanto, torna-se necessário discutir o assunto, e a partir disso, construir uma proposta reflexiva que visa conscientizar a população sobre a importância da preservação de áreas onde o uso da terra está sendo utilizado de forma inadequada, tanto na área urbana como rural. Assim, é possível conhecer as potencialidades e as fragilidades do ambiente, as quais servirão de subsídio para o planejamento territorial e ambiental, assim como prever medidas conservacionistas para evitar impactos ambientais negativos.

Estudar a fragilidade ambiental é de extrema importância para que se tenha conhecimento prévio dos elementos naturais que compõe o meio. Para os aspectos físicos considera-se necessário estudar os elementos geomorfológicos, geológicos, climáticos, pedológicos e o uso e cobertura do solo, bem como sua integração. Portanto, destaca-se Ross (2004), onde enfatiza que os conhecimentos setorializados precisam ser analisados de forma integrada em estudo de fragilidade ambiental, tendo em vista que, na natureza a funcionalidade é conjunta dos componentes físicos, bióticos e socioeconômicos.

No ambiente natural há trocas de fluxos entre a matéria e energia. O fluxo das trocas entre ambas é comandado pelas ações dos fatores externos da atmosfera e também pela energia proveniente do interior da terra. Assim, a funcionalidade do ambiente terrestre é equilibrada pela interação que ocorre por meio da troca de forças entre a matéria e energia. (SCHENEIDER, 2010). Portanto, o ambiente natural por depender desta troca torna-se frágil e a alteração de um dos elementos que compõe este sistema seja por fatores naturais ou antrópicos desequilibram o funcionamento original do ambiente.

Conforme Amaral e Ross (2009) a análise integrada, tanto dos ambientes naturais quanto antrópicos permitem estudar as fragilidades, a partir dos fatores naturais que condicionam a fixação do homem em determinado local. A partir disso,

é possível averiguar impactos ambientais aos quais os locais estão sendo submetidos em decorrência do uso do solo. Os referidos autores ainda descrevem que os processos degenerativos no meio natural são ocasionados pela ação antrópica, devido a busca do retorno técnico e econômico imediato. Sendo assim as consequências destas ações e intervenções do homem sobre os recursos naturais não são levadas em consideração, sendo passível de ocorrer em longo prazo.

Nas últimas décadas a discussão acerca dos problemas ambientais vem ganhando espaço nas observações e estudos, em diversas escalas, seja em nível local, regional ou global. O desenvolvimento científico e tecnológico e o aperfeiçoamento das técnicas de trabalho contribuíram para que o homem promovesse interação e alteração cada vez mais significativa com a natureza. Isto se reflete no crescimento territorial das áreas urbanas e também na expansão das áreas agrícolas cultivadas nas áreas rurais. Neste sentido Moreira (2013), afirma que o desequilíbrio ambiental ocorre a partir da ação antrópica que é capaz de promover mudanças e alterações no solo, vegetação, condições hidrológicas, formas de erosão. Os impactos observados na natureza são reflexos da relação entre elementos do meio físico e das atividades antrópicas.

O crescimento e expansão das áreas urbanas e das áreas agrícolas modificam constantemente o meio natural e a paisagem local. No entanto, para que ocorra a fixação humana em um determinado local é necessário algumas modificações ou adaptações no ambiente como salientado por Kawakubo (2005). Neste sentido, cabe discutir e analisar as principais fragilidades que o ambiente apresenta bem como, os possíveis impactos que estes poderão sofrer. Estes impactos estão muitas vezes atrelados a fatores antrópicos, que modificam e alteram o ecossistema. Desta forma destaca Ross, 2011, p.291) que “os sistemas ambientais naturais, em face de intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas”.

A falta de um planejamento na área urbana e rural permitiu que a sociedade se inserisse em áreas inadequadas para receber a ocupação humana. Nas áreas urbanas este problema pode ser visualizado na ocupação das áreas de encostas ou as margens de córregos. Enquanto que na área rural, a ocupação ocorre em direção ao topo das encostas e também nas margens de redes de drenagem. Portanto, estas ocupações impactam e modificam o ambiente, fazendo com que ocorram desequilíbrios a partir da geração de resíduos poluentes, extinção de elementos da

flora e da fauna, formação e aceleração de processos erosivos. Dentro desta perspectiva, o estudo da fragilidade é de grande importância no sentido contribuir para um melhor planejamento e ocupação dessas áreas, tendo em vista que, com os avanços tecnológicos e a modernização da agricultura os impactos negativos ficaram mais evidentes.

No Brasil o processo de modernização da agricultura começou a ter uma atuação mais forte na década de 1960, intensificando-se a partir do ano de 1964 com a inserção do pacote da Revolução Verde. As consequências das guerras que aconteceram no mundo provocaram o declínio na produção de alimentos. Com argumento de aumentar a produção de alimentos, a fim de combater a fome e a miséria no mundo foi introduzido o pacote tecnológico de produção agrícola.

Este foi um momento em que o Brasil passou a contar com políticas de crédito rural, este crédito era na época fácil e barato. O governo brasileiro começou a oferecer créditos aos agricultores incentivando-os a comprar instrumentos mais modernos tais como: a motosserra para derrubar a mata nativa, sementes fiscalizadas, híbridas, insumos químicos, tais como os herbicidas e fungicidas. O crédito vinha condicionado a compra destes instrumentos que foram fabricados com finalidade de aumentar e acelerar a produção agrícola.

Este novo modelo de produção agrícola além de contar com o incentivo das políticas públicas, também obteve incentivo das cooperativas e da EMATER-ASCAR que disponibilizaram para os agricultores assistência técnica que era voltada para a orientação do uso de insumos na produção agrícola para aumentar a rentabilidade de produção. Também, a mudança no sistema convencional de produção, para o sistema de plantio direto.

A modernização da agricultura promoveu alguns impactos nas localidades onde se inseriu, e estes vêm sendo observados ao longo das décadas, pois as transformações na paisagem rural decorrentes das inovações técnicas e seus reflexos no uso da terra são cada vez mais visualizados no espaço geográfico, em diferentes escalas. Com a evolução da técnica o uso da terra passou a ser redefinido a partir dos interesses e das intencionalidades dos atores que buscam a expansão do capital na agricultura. A técnica acompanha a humanidade desde a sua história. No entanto, as técnicas foram e continuam se aperfeiçoando e se modificando ao longo do tempo histórico. Este aperfeiçoamento é realizado com objetivo de promover transformações diversas, as mudanças do meio técnico

promovem transformações ao mesmo tempo em que, são resultados das transformações que se refletem nas relações de produção, social e física do espaço geográfico.

Através da modernização na base técnica de produção, seguida do trabalho humano, ocorreu a transformação da paisagem, sendo que os espaços passaram a se constituir ou se transformar principalmente na área rural. Dentro desta perspectiva, Saquet (2011) destaca que, a relação de poder e ideologia encontram-se vinculada ao trabalho, pois é a partir do trabalho que a sociedade busca “dominar” e transformar a natureza. Sendo assim, o homem por meio do trabalho constrói, desconstrói e reconstrói os territórios, através de objetos concretos (materializados) e de símbolos (econômicos, políticos e culturais). É a partir do trabalho e do conjunto de técnicas que os agricultores familiares influenciados pelo agronegócio e pelo capital se apropriam cada vez mais das áreas rurais, expandindo a área plantada e modificando as características das áreas com encostas que apresentam declividade mais acentuada. Com a modernização da agricultura o uso da terra que era feito por meio do cultivo de produtos de subsistência, utilizando a base técnica de produção tradicional e rudimentar, ocupando pequenas extensões de terra, foi aos poucos substituída pela mecanização, fator este que ampliou as áreas destinadas à produção agrícola.

A entrada dos produtos agroquímicos juntamente com a inserção da mecanização das lavouras, fez com que ocorresse o aumento na produtividade agrícola. O excedente da produção da agrícola que antes era vendido e percorria circuitos curtos de comercialização, com a modernização da agricultura e a mecanização das lavouras, passou a ser incorporado em outro modelo de produtividade, passando a percorrer circuitos longos de comercialização.

A evolução da técnica colaborou para que o homem pudesse intervir e agir sobre a natureza, sendo assim o funcionamento original que envolve a troca de matéria e energia no ambiente natural passou a estar comprometido. “A tecnificação e a sofisticação crescente dos padrões socioculturais, juntamente com o crescimento populacional, cada vez mais interferem no ambiente natural, a procura dos recursos naturais” (ROSS, 2011, p.292).

## 2.5 AS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ESTUDOS DE FRAGILIDADE A EROSÃO HÍDRICA

As geotecnologias têm sido frequentemente utilizadas nas últimas décadas, isto se deve em virtude da rápida transformação dos recursos naturais por meio do uso da terra. O geoprocessamento tem contribuído nos estudos, desde a escala local até mesmo global. O sistema de informação geográfica (SIG), a cartografia digital, o sistema de posicionamento global, o sensoriamento remoto, são tecnologias que podem ser utilizadas na coleta, processamento, análise e oferta de informações com referências geográficas. A este conjunto de técnicas podemos chamar de geotecnologias ou geoprocessamento (ROSA, 2005).

Dentre as geotecnologias que podem ser aplicáveis em estudos relacionados ao ambiente terrestre, pode ser citado o sensoriamento remoto que permite a visualização diversas áreas através das imagens de satélite/e ou radar. Além do sensoriamento remoto, outra geotecnologia que pode ser utilizada é o aplicativo da *Web*, o *Google Earth*, ferramenta esta que proporciona a visualização do espaço geográfico em uma série de sequência temporal e é de uso livre.

O sensoriamento remoto tem contribuído de forma significativa no desenvolvimento de estudos e pesquisas ambientais, é uma tecnologia que permite obter através de sensores, imagens dos objetos da superfície terrestre sem que esteja em contato direto com estes. Isso só é possível devido à captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície terrestre. Segundo Loureiro e Ferreira (2013), o sensoriamento remoto, permite articular dados temáticos, os quais facilitam no entendimento e análise dos fatores que favorecem o aparecimento de processos erosivos e movimentos de massa, isto ocorre por meio do uso de fotografias aéreas e imagens de satélites, os quais permitem monitorar a evolução das feições ao longo do tempo em distintas escalas de observação.

Dentro desta perspectiva Rosa (2005), destaca que, as geotecnologias ou geoprocessamento representa informações com dados georreferenciados, podendo ser utilizadas na coleta, processamento, análise e oferta de informações com referências geográficas, citando como exemplo de geotecnologias o Sistema de Informações Geográficas (SIG), a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Posicionamento Global e a Topografia.

O uso de um Sistema de informação Geográfica permite e colabora no desenvolvimento de diversos estudos que podem estar vinculados aos fatores físicos/naturais, sociais e econômicos e expansão das áreas urbanas no espaço geográfico. “Em geral, os produtos gerados em SIG vinculam-se ao espaço físico, podendo, entretanto, trabalhar fenômenos climáticos, humanos, sociais e econômicos, entre outros” (FITZ, 2008, p. 64). Dentro desta perspectiva, conhecer melhor os aspectos de uma determinada área ou local ficou fácil a partir da utilização dos SIG's. Observa Fitz (2008) que o Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem por finalidade coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados integrados a partir de um conjunto de programas computacionais que disponibilizam dados referenciados a partir de um sistema de coordenadas conhecidos.

Para Castanho e Teodoro (2010, p. 145), “os Sistemas de Informações Geográficas, ou SIG, comumente conhecidos, vieram a instrumentalizar cada vez mais e colaborar com a compreensão e principalmente espacialização de dados tanto quantitativos como qualitativos para a Ciência Geográfica”. Para tanto, em estudos relacionados aos impactos ambientais uma ferramenta a ser utilizada é o SIG. Esta ferramenta auxilia na realização de pesquisas em benefício da recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, os autores, Castanho e Teodoro (2010), explicam que a superprodução do espaço torna cada vez maior a demanda na produção de alimentos, sendo assim, a aplicação dos SIG's no planejamento urbano e rural tornou-se um meio de controle, conhecimento e controle frente ao uso e ocupação da terra.

Em estudos voltados para a geomorfologia a técnica de geoprocessamento é uma ferramenta de extrema importância, pois permite analisar uma ampla gama de espaços e elementos que se encontram relacionados a um determinado local. A adoção de um SIG no estudo geomorfológico considera os elementos em estudo como unidades geomorfológicas identificáveis a partir da sua geometria, localização, entre outros atributos. O geoprocessamento permite levantar correlações espaciais ou taxonômicas entre as entidades (elementos) geomorfológicas (SILVA, 1988).

Ainda considerando os apontamentos feitos sobre o mapeamento geomorfológico, Argento (1998) aborda que em mapeamentos geomorfológicos é preciso ter cuidado com o ordenamento da legenda, atentando para as macroescalas (1:100.000) em nível regional, mesoescalas (1:30.000) em nível

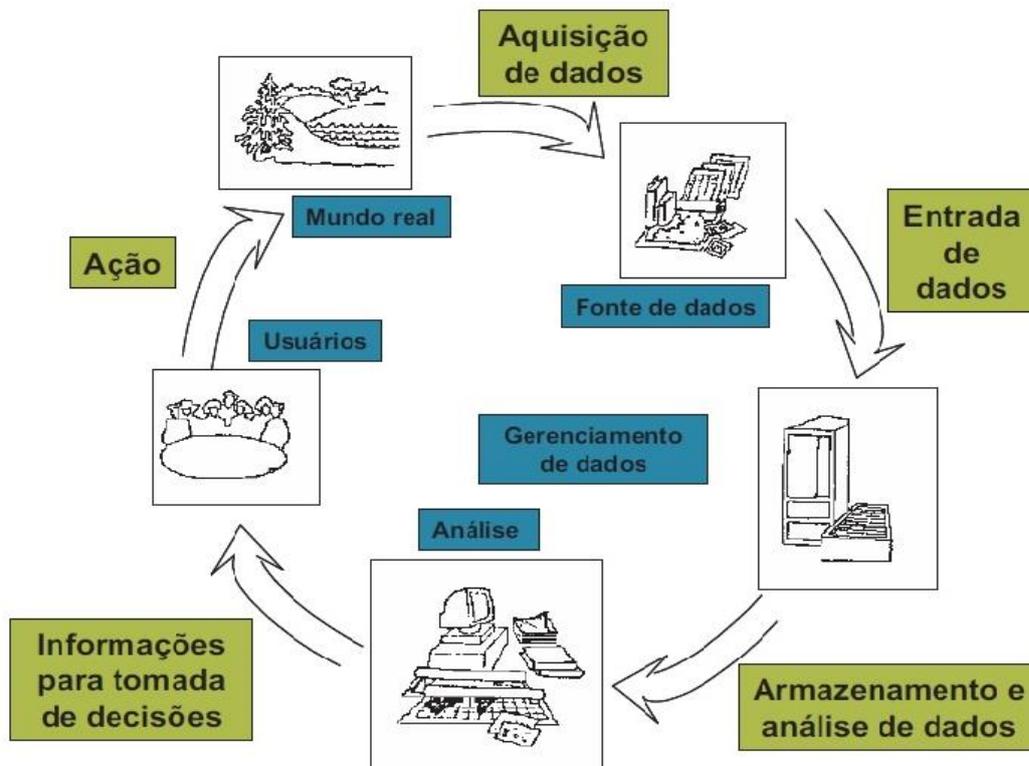
municipal e microescalas (1:25.000) para áreas chamadas de localidades específicas. A partir do mapeamento dos elementos geomorfológicos percebe-se que a geomorfologia assume caráter multidisciplinar, já que possibilita estudos relacionados à natureza física dos fenômenos e também da natureza socioeconômico, permitindo o traçado de medidas conservacionistas de caráter ambiental, subsidiando projetos de gestão de territórios, além de, colaborar em estudos de impactos ambientais - EIA/RIMAS (ARGENTO, 1998).

Em estudos de fragilidade ambiental as ferramentas que compõe o SIG colaboram na elaboração de operações complexas, além disso, permitem integrar um grande volume de dados em diferentes escalas (VALLE, et.al, 2016). Assim. É possível integrar dados com diferentes variáveis. Estes dados integrados permitem a elaboração de mapas temáticos que mostram diferentes realidades, em diferentes escalas.

A potencialidade da elaboração de mapeamentos com a utilização dos SIG's, encontra-se "no seu interfaceamento com projetos de planejamento da ocupação humana, com vistas à economia dos recursos investidos, mediante a preservação de problemas futuros" (ARGENTO, 1998, p.366). Os pesquisadores da EMBRAPA, Hamanda e Gonçalves (2007), destacam que, a utilização de SIG's tem algumas vantagens, tais como: os dados que são colocados no sistema são manipulados rapidamente; é possível fazer diferentes análises de dados a partir de cálculos matemáticos e estatístico; possibilita tomar determinadas decisões; permite ainda a atualização de dados com facilidade e por fim, elaboração de tais como mapas temáticos.

De acordo com Hamanda e Gonçalves (2007), o SIG se constitui em um processo que consiste na em um ciclo interpretativo da realidade através da aquisição de fonte de dados. Sendo assim, o SIG engloba os seguintes processos: entrada dos dados coletados; gerenciamento dos dados; armazenamento e análise. Estas etapas dos processos mencionadas permitirão a geração de produtos cartográficos diversificados, podendo incluir desde mapas até a elaboração de gráficos. Os produtos gerados poderão servir de subsidio para o planejamento territorial urbano ou rural em diferentes escalas geográficas. A Figura 1 mostra o perfil esquemático do processamento de informações em um SIG.

Figura 1 - Perfil esquemático do ciclo de processamento de informações em um SIG.



Fonte: EMBRAPA (2007, p.14).

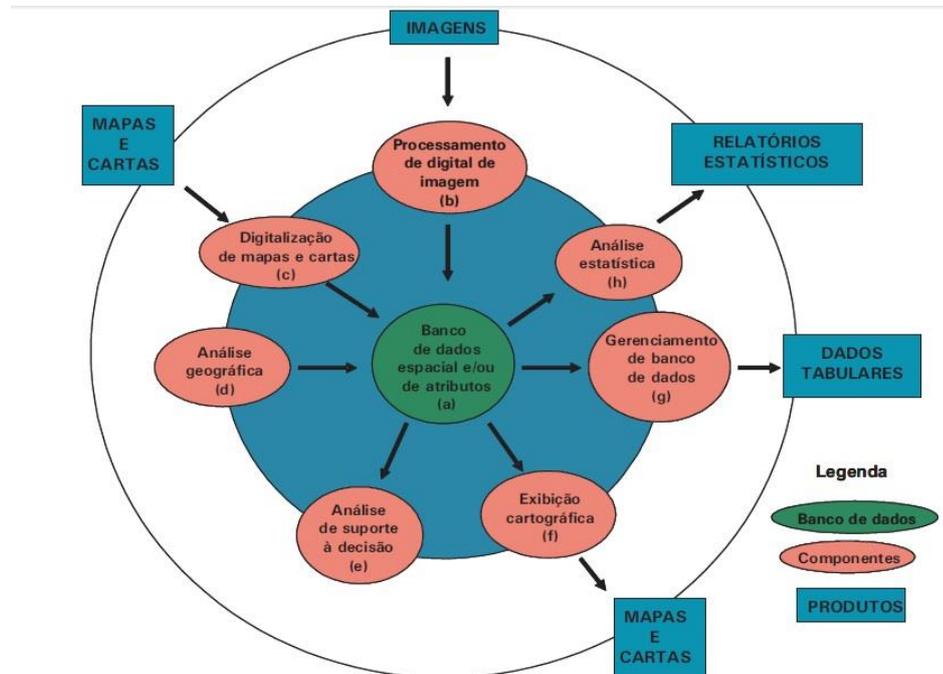
O perfil esquemático ilustrado na figura 1 mostra as etapas do ciclo de processamento de informações em um SIG. Sendo assim, o relatório produzido pela EMBRAPA, destaca que

[...] O SIG é uma ferramenta computacional poderosa. É, portanto, imprescindível o planejamento, desde a sua implantação até a sua utilização, a fim de atingir os objetivos desejados e explorar tudo que ele pode proporcionar. O êxito de sua utilização depende exclusivamente da forma como o usuário o utiliza. (EMBRAPA, 2007, p.15)

Um SIG é composto por diversos componentes, como mostra a figura 2. Ele tem sua base inicial o banco de dados. A partir dele, têm-se os componentes do sistema que englobam o processamento digital de imagem, a digitalização de mapas e cartas, a análise geográfica, a análise de suporte, a decisão, a exibição cartográfica, o gerenciamento de banco de dados e a análise estatística. Estes componentes (ilustrados na Figura 2) darão subsídio à realização de produtos finais

que podem ser imagens, mapas e cartas, dados tabulares e relatórios estatísticos (EMBRAPA, 2007).

Figura 2 - Componentes de um SIG.



Fonte: Eastman (1997 apud EMBRAPA, 2007) modificado.

Conforme a EMBRAPA, (2017) o geoprocessamento tem colaborado nas pesquisas científicas voltadas para os estudos ambientais, desta forma, os órgãos governamentais, as entidades privadas e não-governamentais fazem o uso desta ferramenta com objetivo de desenvolver estudos voltados ao meio ambiente a partir da integração de dados espaciais e não espaciais.

O uso das geotecnologias auxilia em estudos de áreas que apresentam riscos a processos erosivos ou degradação ambiental. Através desta técnica é possível desenvolver mapeamento de áreas de risco entre outros fatores que podem alterar e impactar no ambiente natural. Para tanto, é necessário a aquisição de imagens de satélite ou imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os *softwares livres*, tais como SPRING ou ARCGIS são ferramentas que permitem a elaboração de mapeamento das variáveis em estudo, a declividade, o uso da terra e os processos erosivos atuantes.

Outra geotecnologia que vem sendo utilizada em estudos relacionados aos impactos ambientais e a própria alteração nos elementos que compõe a paisagem natural é por meio do uso do *Google Earth*. De acordo com Loureiro e Ferreira (2013), o *Google Earth* é uma ferramenta de *software* que foi lançada no ano de 2005, e permitiu que se fizessem diversos estudos com diferentes finalidades. O acesso a esta ferramenta é destinado ao público em geral que tenha interesse em obter conhecimento de organizações espaciais globais. As imagens disponibilizadas são gratuitas, abrangendo diferentes resoluções espaciais e temporais.

A partir do uso das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* é possível compreender a dinâmica terrestre a partir do modelado do relevo, a vegetação, a hidrografia e a interferência antrópica sobre os elementos da paisagem. Sendo assim, Loureiro e Ferreira (2013), destacam que, uma ferramenta que pode ser usada em estudos da paisagem é o *Google Earth*, tendo em vista que, esta é um *software* de baixo custo, sendo relevante em estudos geomorfológicos, ainda que pouco usado por pesquisadores brasileiros.

As imagens de satélite possibilitam o monitoramento dos processos erosivos. Elas são ferramentas de fácil acesso e de baixo custo. Além disso, possibilitam ter uma visão abrangente sinóptica e multitemporal de lugares extensos (Silva, et.al, 2015). Desta maneira possibilitam realizar estudos em escala geográfica local, regional e global.

Dentro desta perspectiva, é preciso ressaltar que o uso das imagens de satélite e geotecnologias “auxiliam em muito a leitura do campo pelos geógrafos, porém elas não bastam, como não basta uma máquina de fotografia sofisticada; a leitura expressa em ambos os casos, exige e deixa evidente o método e a visão de mundo do observador geógrafo ou fotógrafo” (SUERTEGARAY, 2002).

Para que os estudos e pesquisas sejam satisfatórios é necessário ter certo cuidado na utilização das geotecnologias, isto pode ser feito por meio da utilização de dados que sejam oriundos de fontes confiáveis e a partir de SIG's que apresentem grau relevante de confiabilidade. Desta forma, a pesquisa desenvolvida terá relevância fundamental na prevenção de impactos ambientais ou recuperação de áreas degradadas.

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada abrangendo escala local, a nível municipal e teve como alvo principalmente o ambiente rural. O estudo da fragilidade a erosão, consiste na alteração dos elementos físicos que estão em equilíbrio no ambiente (Ross, Sporn, 2004). Nesta pesquisa a fragilidade ambiental é classificada como emergente, tendo em vista que a proteção do solo frente a erosão hídrica é determinada pelos graus de proteção quanto ao uso da terra (KAWAKUBO et.al, 2005)

Ross (2011), destaca que na análise empírica da fragilidade é importante que sejam feitos levantamentos baseados nos seguintes parâmetros: litologia-estrutura, solo, uso da terra e clima. O levantamento destes podem ser feitos a partir do trabalho de gabinete, mas também devem ter subsídio do trabalho de campo.

Dentre os diversos parâmetros que podem ser utilizados em estudo de fragilidade, nesta pesquisa optou-se por usar os parâmetros relacionados a declividade das encostas, o uso da terra (Ross, 1994) e a espacialização dos processos erosivos. A escolha destes parâmetros foi devido a área de estudo não possuir dados cartográficos compatíveis com a escala de detalhamento quanto a declividade, o uso da terra e a espacialização de processos erosivos.

A validação deste modelo consiste no resultado da sobreposição dos mapas, nos quais foram utilizados pesos iguais e diferentes para cada variável em estudo, que resultaram em diferentes cenários os quais indicaram para um mesmo resultado quanto a fragilidade a erosão hídrica. A metodologia está baseada na proposta de Reis (2012). Além disso, o trabalho de campo contribuiu para comprovar que as ocorrências de processos erosivos se concentram em áreas com grau elevado de declividade, e uso da terra intensificado pela agricultura.

O método foi o dedutivo abordado conforme a proposta de Libault (1971), a partir dos quatro níveis da pesquisa que são o:

i) Nível Compilatório: este nível consistiu na coleta de dados necessários para atender o objetivo principal da pesquisa. No caso da pesquisa, este foi o momento da coleta de dados que foram realizados em bibliografias e sites governamentais. Após o levantamento dos dados das variáveis em estudo, realizou-se a compilação dos mesmos. As informações coletadas estiveram relacionadas ao uso da terra, a declividade do terreno e a espacialização dos processos de erosão

hídrica em forma de ravinas. Após a coleta e compilação dos dados, a etapa seguinte consistiu no segundo nível da pesquisa.

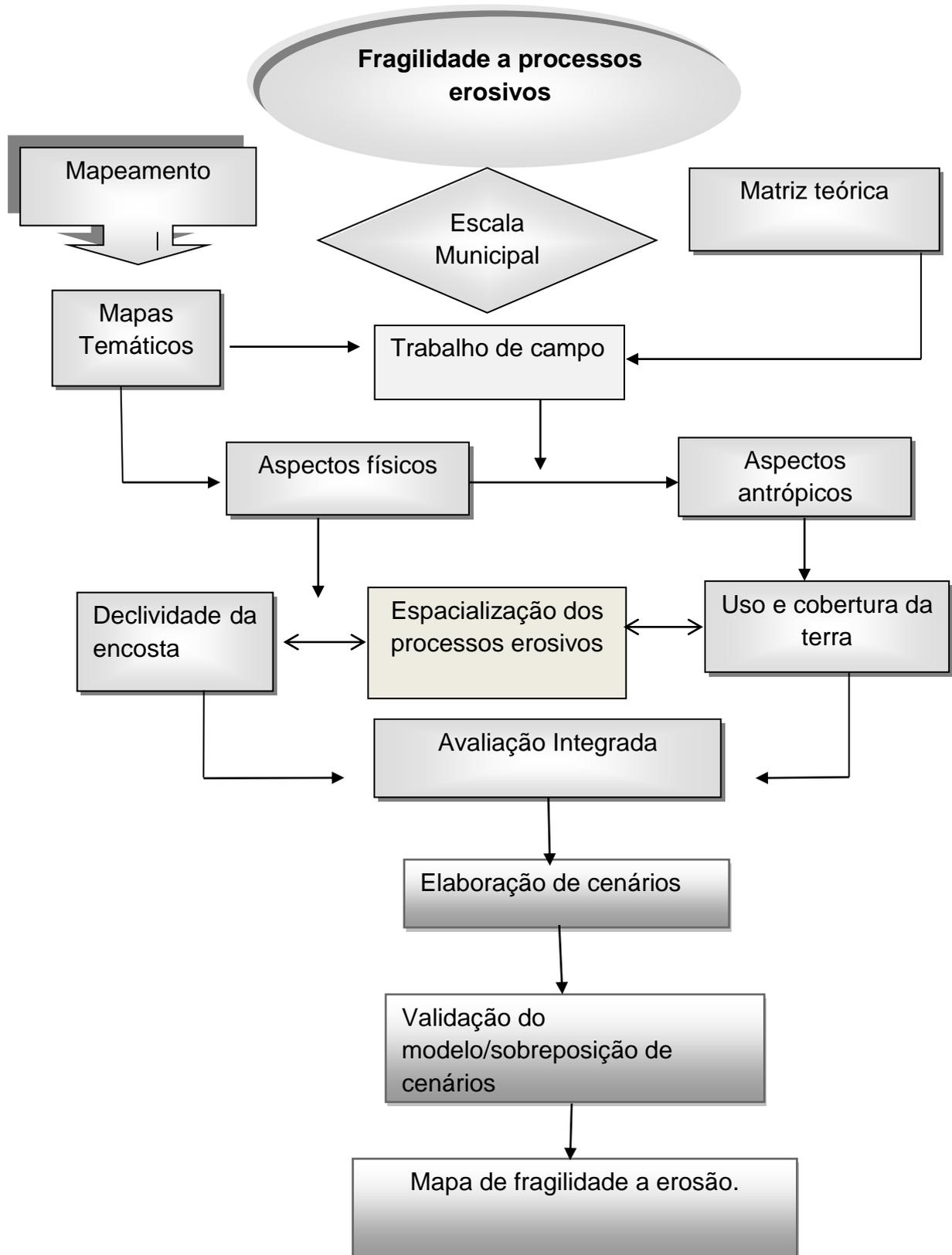
ii) Nível Correlatório: neste nível foi desenvolvida a sistematização dos dados coletados. As variáveis em estudo foram ordenadas e foi realizada uma nova avaliação, afim de verificar se eram suficientes para responder o problema da pesquisa e, conseqüentemente, atingir a resposta atendendo ao objetivo geral proposto na pesquisa. Neste nível, também foi verificado os tipos de correlações (cruzamentos) a serem desenvolvidos a partir dos dados compilados. Neste caso, foi definida a aplicação da correlação linear simples entre os resultados obtidos pelo mapeamento das variáveis em foco. Posteriormente a este nível, passou-se para o terceiro nível.

iii) Nível Semântico: consistiu na localização dos problemas e organização dos elementos dentro de um problema em âmbito global, além da interpretação geográfica dos resultados. A reciprocidade entre as variáveis em estudo levou a representação dos resultados, conduzindo para uma abordagem coerente da causa do problema. Dentro da pesquisa, este nível permitiu a identificação do problema que leva a formação de processos erosivos, o qual está relacionado com a declividade do terreno e o uso da terra. Assim, além de ordenar as variáveis em estudo também foi desenvolvido o cruzamento destas a partir da análise multicritério. A análise multicritério entre os resultados permitiu a geração de cenários de fragilidades diferenciadas para cada variável em foco.

iv) Nível Normativo: neste nível da pesquisa foi realizada a apresentação e tradução dos resultados considerando que eles podem ser aproveitados pela comunidade científica e pelos responsáveis pelo planejamento do uso e ocupação da terra no município de Sananduva, RS.

A proposta metodológica teve como base a abordagem sistêmica, onde as variáveis foram representadas pelo o uso e cobertura da terra, pela declividade do terreno e pela espacialização dos processos erosivos em ravinas. A Figura 3 ilustra o fluxograma da sequência metodológica adotada, visando obter a elaboração do mapa síntese de fragilidade a erosão hídrica no município de Sananduva, RS.

Figura 3 - Fluxograma ilustrando a abordagem metodológica do trabalho.



No transcorrer da pesquisa, no primeiro momento foi necessário e fundamental realizar o levantamento das bases teóricas. O levantamento de dados contemplou, além da matriz teórica, também a coleta de dados cadastrais e cartográficos necessários e compatíveis para o desenvolvimento da pesquisa. Estes dados complementares foram adquiridos junto aos *sites* dos órgãos públicos e governamentais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escala trabalhada na elaboração dos mapas foi de 1: 50.000, tendo em vista que, dentre as escalas disponíveis, esta foi considerada a mais adequada para a área de estudo.

O segundo momento consistiu na elaboração dos seguintes mapas: mapa base, mapa de uso e cobertura da terra, mapa da declividade do terreno, mas na espacialização dos processos erosivos. Para a elaboração do mapa base, utilizou-se de dados do IBGE (2010). Para a rede de drenagem, foram usados os dados retirados do *website* da Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Já o mapa de declividade foi gerado a partir das imagens SRTM adquiridas através do *Earth Explorer* ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)), com pontos cotados de 30 por 30 m. Foram determinados valores respectivos para cada classe. Esses valores foram atribuídos de acordo com os parâmetros propostos por De Biasi (1970) em percentuais, a citar: de 0-5%; 5-12%; 12-30%; 30-47%; >47%.

Para a realização do mapeamento de uso da terra foi utilizada a imagem de satélite Landsat 8, bandas 3,4,5, sensor OLI; órbita 222; ponto 079, com data da tomada da cena em 06/01/2016. Para esta variável foram atribuídas seguintes classes: Florestas nativas, lavouras, solo exposto, campo, água e área urbana. Estas imagens foram adquiridas no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), disponíveis no endereço eletrônico <http://www.usgs.gov/>, com acesso em janeiro de 2016.

A espacialização dos processos de erosão hídrica foi extraída da imagem do *Google Earth Pro*. Com o auxílio deste *software* as feições erosivas foram mapeadas tomando-se como referência o mês de março de 2016. O critério utilizado foi a visualização dos processos erosivos em ravinas, por imagem de alta resolução espacial. Este tipo de imagem tornou perceptível a localização e extensão das feições em ravinas. Para cada feição erosiva colocou-se um ponto enumerado para facilitar a localização e a quantificação. Posteriormente, os pontos foram importados em *shapefile* no ArcGIS 10, definindo-se a projeção WGS84.

A terceira etapa consistiu na elaboração de mapas temáticos da fragilidade a erosão hídrica de cada variável em estudo. Nesta fase do mapeamento seguiu-se a metodologia proposta por Reis (2012), onde o resultado foi determinado a partir da quantidade de *pixels* visíveis. Assim, foi realizado a hierarquização das áreas de menor a maior fragilidade. A estas áreas foram atribuídos valores (notas) que variam de 0 a 255 bytes (conforme a quantidade de *pixels* visualizados).

No mapa de fragilidade quanto a variável uso da terra foram atribuídos valores a cada classe (Quadro 1). Para determinar os valores para cada classe foi considerado que áreas desprovidas de vegetação favorecem a fragilidade, enquanto que em áreas com cobertura vegetal diminui a fragilidade e a ação erosiva. Dentro desta perspectiva Cunha e Guerra (2011, p.359), afirmam que a densidade da cobertura vegetal tem capacidade de redução da erosão, pois interferem na intensidade da energia cinética da chuva por meio da interceptação das copas das árvores e da formação de húmus.

Baseado nestas informações propostas por Cunha e Guerra (2011), foi adaptada a metodologia de Reis (2012) para determinar o grau de importância e os valores que cada classe em estudo recebeu. Assim, para florestas, lavouras, solo exposto, campo, água e área urbana foram atribuídos valores de 1 a 255 bytes. A escolha dos valores que variam de 1 até 255 bytes refere-se à quantidade de tons de cinza (*pixels*) que o olho humano visualiza na escala utilizada no geoprocessamento que vai de 1 pixel a 255 *pixels*. A determinação do espaçamento entre os valores atribuídos em bytes é decorrente da quantidade de *pixels* que cada classe de uso possui.

Quadro 1 - Classes de uso da terra com os respectivos valores atribuídos para a determinação da fragilidade.

<b>Classes de uso da terra</b>	<b>Valores atribuídos (<i>bytes</i>)</b>
Floresta	1
Campo	50
Lavoura	125
Área urbana	150
Solo exposto	255

Fonte: Adaptado de Reis (2012).

Para a determinação da fragilidade a partir da variável declividade (quadro 2) igualmente foram atribuídos valores que seguiram critérios estabelecidos por De Biasi (1970). O autor classificou as classes de declividade em cinco categorias, onde: em intervalos <5% são limites que internacionalmente podem ser destinadas para uso urbano-industrial e planejamento urbano. Os intervalos de 5-12%, corresponde ao limite máximo para a agricultura mecanizada. Intervalos de 12 a 30% representa o limite máximo sem restrições para a urbanização, determinado pela Lei 6766/79. Nos intervalos entre 30-47%, se estabelece o limite máximo de corte raso 25°, estabelecido pelo código florestal (artigo 10). As áreas com inclinação entre 25° a 45° e superiores a estes valores, são consideradas como Área de Preservação Permanentes (APP's), sendo proibido o corte da vegetação (DE BIASI, 1992).

Posteriormente estes valores passaram por uma reclassificação para notas em *bytes* que, variam de 1 a 255 (Reis, 2012). Considerou-se que as declividades mais acentuadas facilitam a ação erosiva, devido à possibilidade de intensificar a velocidade do escoamento superficial da água. As áreas menos declivosas tendem diminuir a velocidade do escoamento em superfície, conseqüentemente a ação erosiva e transporte de materiais dos solos.

A escolha dos valores que variam de 1 até 255 *bytes* segue o mesmo padrão da variável anterior, refere-se à quantidade de tons de cinza (*pixels*) que o olho humano visualiza na escala utilizada no geoprocessamento que vai de 1 pixel a 255 pixels. Assim a determinação do espaçamento é com base na quantidade de pixels presentes na visualização do olho humano.

Quadro 2 - Classes de declividade com os respectivos valores atribuídos para a determinação da fragilidade.

<b>Classes</b>	<b>Valores atribuídos (<i>bytes</i>)</b>
0-5%	1
5-12%	50
12-30%	125
30-47%	150
>47%	255

Fonte: Adaptado de Reis (2012).

O mapa de fragilidade face aos processos erosivos foi gerado a partir do levantamento de pontos que mostraram a espacialização dos processos erosivos atuantes no terreno. Sendo assim, para os pontos considerados, foram atribuídos valores que variam de 0 a 255 *bytes*. Os pontos indicados como presença de processos erosivos receberam máxima fragilidade ambiental, ou seja, valores de 255 *bytes*.

As áreas onde não se visualizaram marcas de processos erosivos atuantes, receberam valor de fragilidade igual a 0 (zero). Assim, a quantidade mínima representada pelo número 0 indica que não possui processos erosivos atuantes, enquanto que 255 representa a fragilidade máxima (Quadro 3) face aos processos erosivos (REIS, 2012).

Quadro 3 - Valores atribuídos para a determinação da fragilidade face a presença ou ausência de feição erosiva.

<b>Classes</b>	<b>Valores atribuídos (<i>bytes</i>)</b>
Sem presença de feição erosiva	0
Com presença de feição erosiva	255

Fonte: Adaptado de Reis (2012).

A quarta etapa foi a realização da definição das fragilidades a partir de cada variável mapeada. Aqui foi realizada a análise multicritério, seguindo a metodologia proposta por Reis (2012). A análise multicritério permitiu conhecer o potencial a fragilidade erosiva de cada variável. Neste momento foi definido o grau de importância de cada variável que recebeu um determinado peso. A soma de todos os pesos, não ultrapassaram o valor igual a 1 (um) (Reis, 2012).

A integração destes mapas teve como propósito a elaboração de diferentes cenários, tendo em vista que cada mapa de fragilidade recebeu valor determinado. Nesta mesma etapa também foi realizada a classificação dos índices de maior e menor fragilidade a ação erosiva.

Esta classificação seguiu a proposta de Reis (2012) que classificou inicialmente as classes de acordo com os valores em pixels e posteriormente reclassificou as classes de fragilidade que passaram a variar de muito baixa a alta fragilidade.

A integração entre os mapas de fragilidade de cada variável, bem como elaboração de diferentes cenários consistiu na adaptação e aplicação da seguinte equação proposta por Reis (2012), conforme mostra a Equação 1.

$$\text{FragEro} = (\text{ID} * \text{fragDT}) + (\text{UCT} * \text{fragUT}) + (\text{PE} * \text{fragPE}), \quad (1)$$

Onde:

FragEro = Fragilidade erosiva;

ID, UCT, e PE= Pesos das variáveis, onde: ID- índice de declividade; UCT- uso e cobertura da terra; PE- processos erosivos

FragUT= Fragilidade do uso da terra

FragDT= Fragilidade da declividade do terreno

FragPE= fragilidade dos processos erosivos atuantes

A aplicação da equação consistiu na multiplicação entre os pesos atribuídos e os respectivos valores em *bytes*. Após a multiplicação foi realizada a soma do resultado de cada variável. Como foram avaliadas três variáveis, foram gerados quatro cenários diferentes. Onde inicialmente foram atribuídos valores com pesos iguais à cada variável e posteriormente pesos diferentes (adaptada de Reis, 2012).

A partir do resultado dos cenários foi possível fazer a comparação com os dados observados em trabalho de campo. Ao longo da pesquisa foram realizados 5 (cinco) trabalho de campo, o que colaborou para validar ou rejeitar os resultados obtidos nos cenários temáticos produzidos. Afim de validar o modelo, foram confrontados dados obtidos nos cenários produzidos em mapas com o trabalho de campo.

Assim, os resultados foram validados devido os mapas temáticos conferirem com as observações e dados levantados *in loco*. Entre os cenários produzidos, foi possível escolher aquele que julgou-se ser o mais representativo (atual) da realidade para a área de estudo.

No resultado dos cenários obtidos pela multiplicação, cada valor (*pixel*) recebeu uma classificação, de acordo com a proposta de REIS (2012). Após serem reclassificadas, as classes passaram a variar de baixa a muito alta conforme mostra o Quadro 4. Esta classificação em valores foi realizada com base na quantidade de

pixels visualizadas e atribuídas no software durante a combinação da análise multicritério.

Quadro 4 - Classificação da fragilidade em função dos valores dos pixels atribuídos.

Valor (pixels)	Classes de fragilidade
255 – 200	Muito Alta Fragilidade
200 – 140	Alta Fragilidade
140 – 80	Média Fragilidade
80 – 0	Baixa Fragilidade

Fonte: Adaptado de Reis (2012).

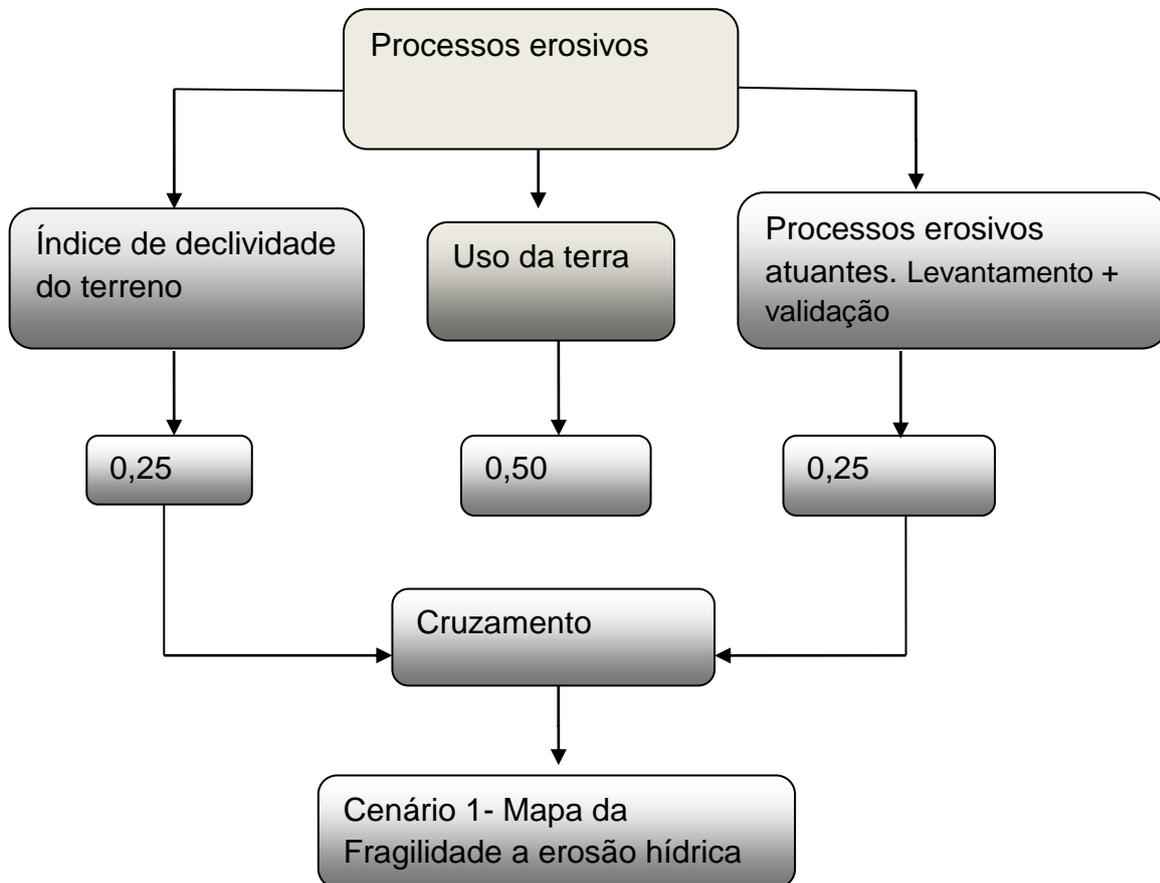
A partir do resultado em cenários obtidos pela multiplicação, cada valor (*pixel*) recebeu a classificação de acordo com a proposta adaptada de REIS (2012). Após serem classificadas, as classes passaram a variar de baixa a muito alta na área de estudo, como mostrado no Quadro 4.

No primeiro cenário obtido foi realizada a aplicação de pesos iguais para o índice de declividade e para os processos erosivos atuantes. A variável de uso da terra recebeu peso diferenciado correspondendo a 0,5 conforme a Equação 2.

$$FragEro = (0,25*fragDT) + (0,5*fragUCT) + (0,25*fragPE) \quad (2)$$

A Figura 4 ilustra o fluxograma para a obtenção do cenário 1, no qual o índice de declividade do terreno e os processos erosivos atuantes ganharam peso igual a 0,25, enquanto que o uso da terra ganhou peso de 0,50. Ou seja, o cenário mostrará a fragilidade a erosão caso o uso da terra se torne ainda mais intensificado na área de estudo.

Figura 4 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 1).



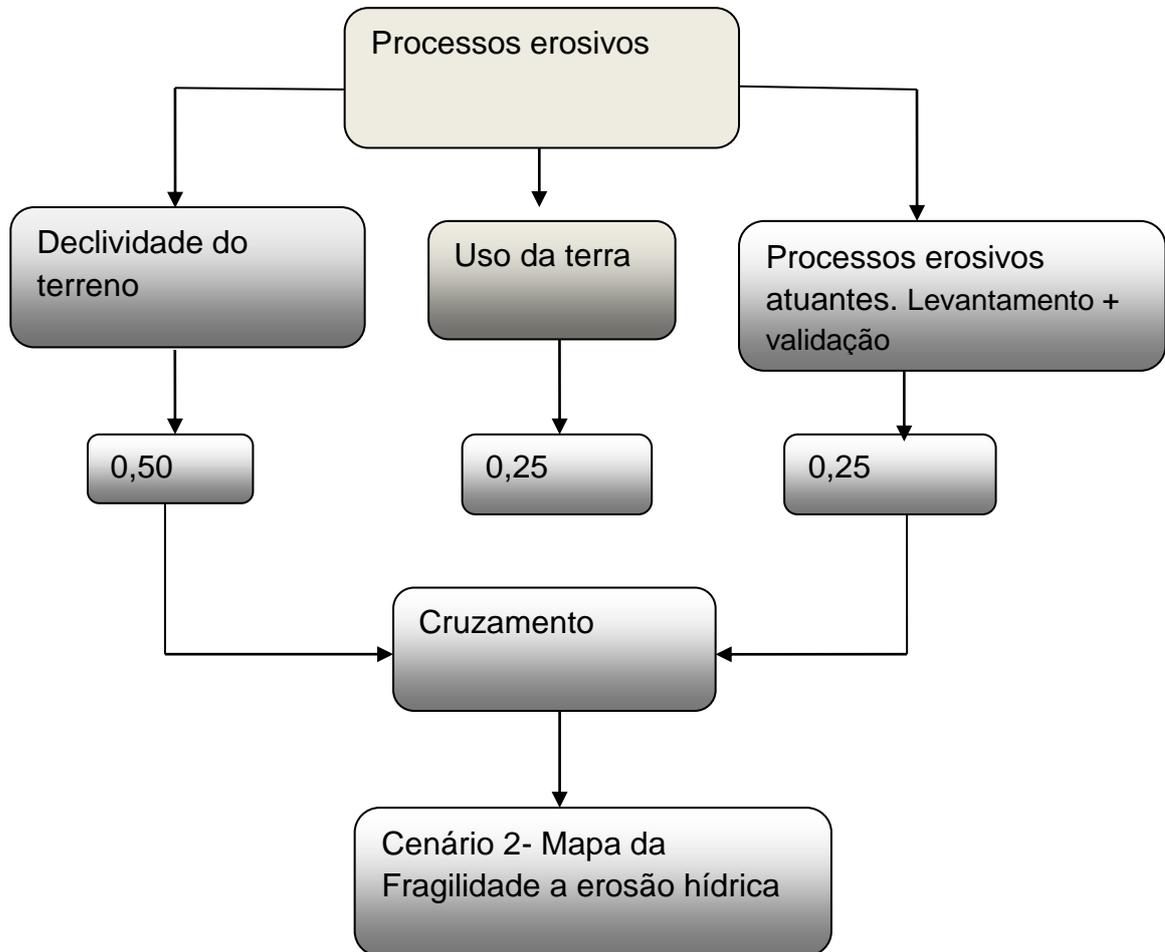
Fonte: Rodrigues (2017), adaptado de Reis (2016).

Para o segundo cenário, foram aplicados valores iguais para os mapas de fragilidade do uso da terra e fragilidade dos processos erosivos atuantes, enquanto que a fragilidade da declividade recebeu maior valor (Figura 5). Assim, aplicou-se a equação 3.

$$\text{FragEro} = (0,50 \cdot \text{fragDT}) + (0,25 \cdot \text{fragUCT}) + (0,25 \cdot \text{fragPE}) \quad (3)$$

A figura 5 ilustra o fluxograma para a obtenção do cenário 2.

Figura 5 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 2).

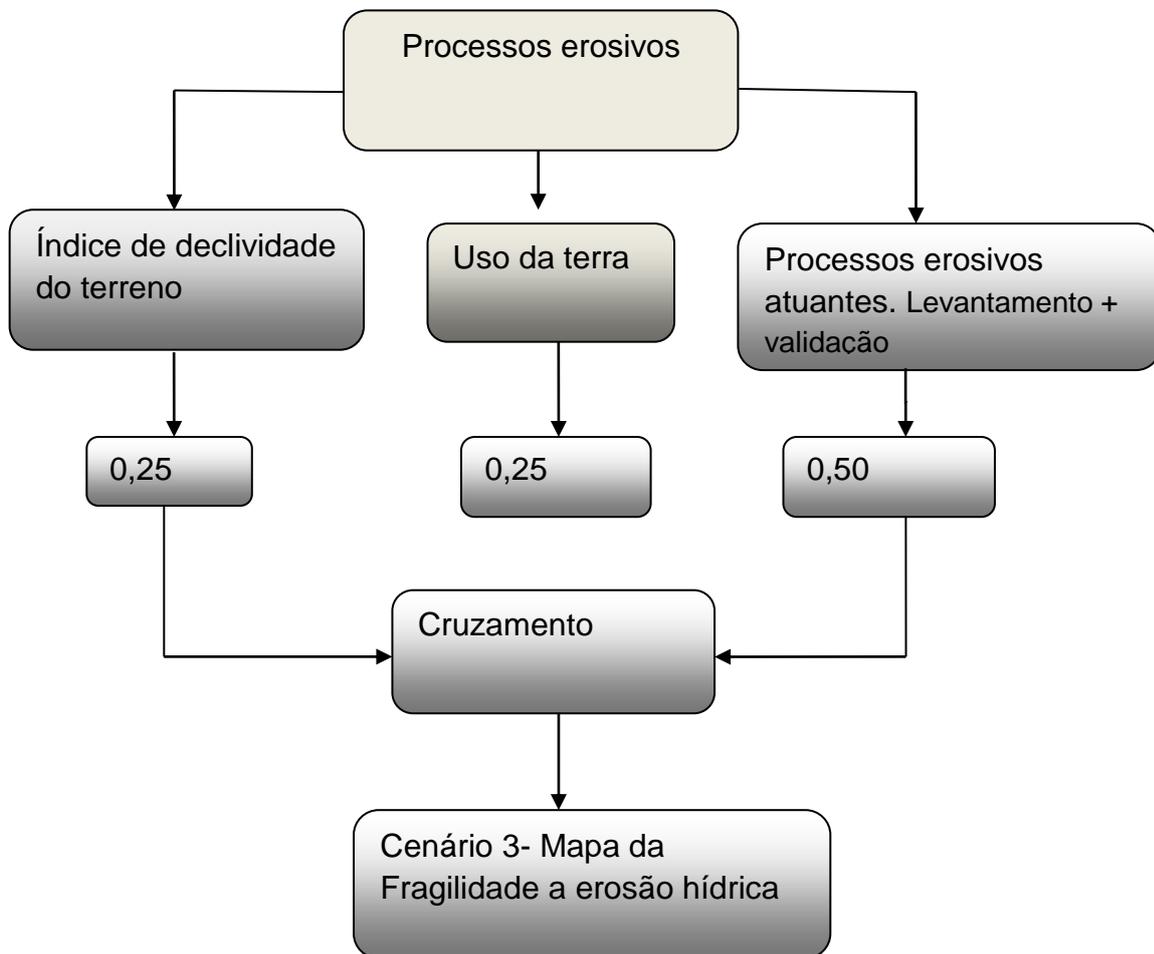


Fonte: Rodrigues (2017), adaptado de Reis (2016).

No terceiro cenário, as variáveis índice de declividade do terreno e uso da terra receberam valores iguais, correspondendo a 0,25, enquanto que a variável de processos erosivos atuantes recebeu o maior valor correspondendo a 0,5 conforme a Equação 4. A Figura 6 ilustra o fluxograma para a obtenção do cenário 3.

$$\text{FragEro} = (0,25*\text{fragDT}) + (0,25*\text{fragUCT}) + (0,50*\text{fragPE}) \quad (4)$$

Figura 6 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 3).

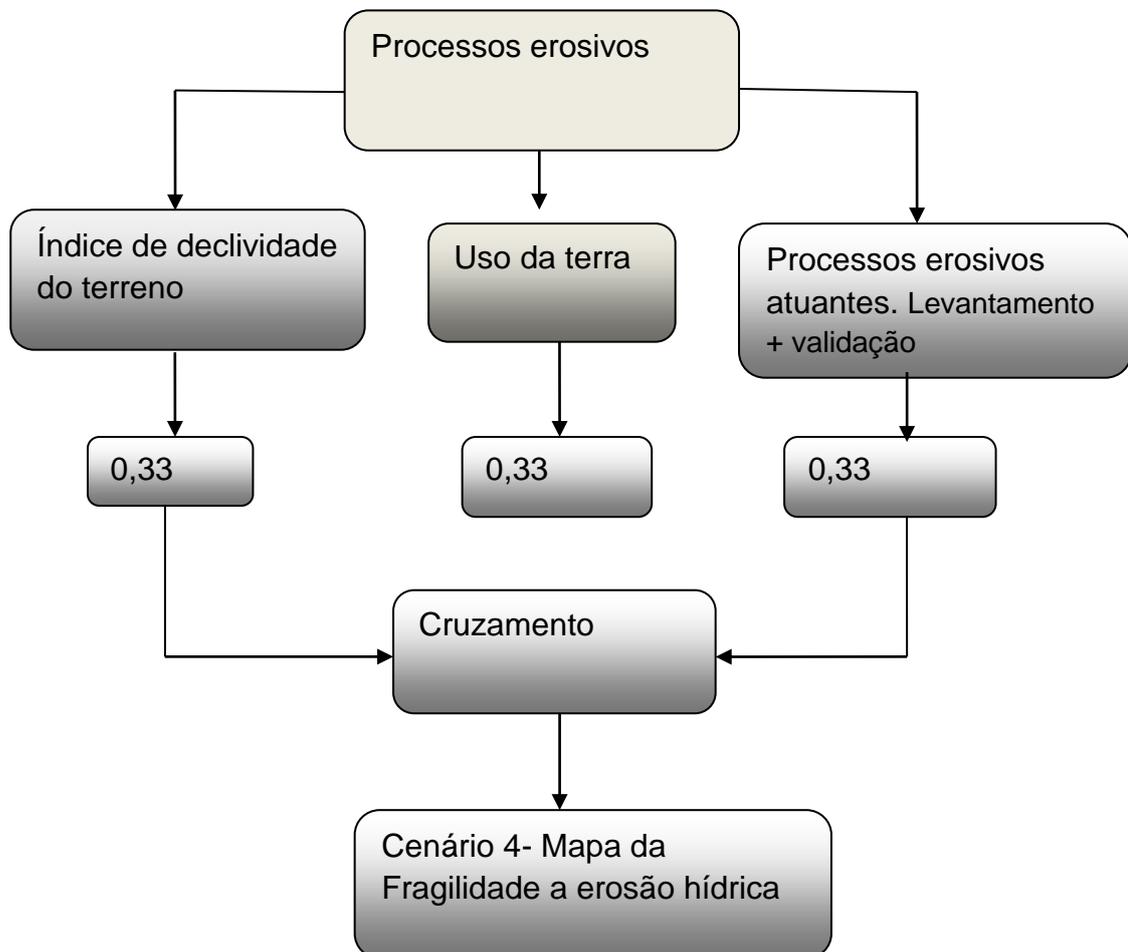


Fonte: Rodrigues (2017), adaptado de Reis (2012).

No quarto cenário gerado todas as variáveis receberam o mesmo valor conforme a Equação 5. A Figura 7 ilustra o fluxograma para a obtenção do cenário 4. Nos cenários anteriores cada uma das variáveis recebeu um valor de maior peso, conforme o grau de importância atribuído. A soma destes valores correspondeu ao resultado de 1 (que corresponde a 100%) de fragilidade. Para o cenário 4, como são três variáveis, o peso total 1 foi dividido pelo número de variáveis. O resultado desta divisão perfaz o total de 0,33, ou seja, igual ao peso atribuído para cada variável.

$$\text{FragEro} = (0,33 \cdot \text{fragDT}) + (0,33 \cdot \text{fragUCT}) + (0,33 \cdot \text{fragPE}) \quad (5)$$

Figura 7 - Fluxograma dos valores atribuídos para cada variável em estudo (Cenário 4).



Fonte: Rodrigues (2017), adaptado de Reis (2012).

Os mapas de fragilidade da declividade, fragilidade do uso da terra e fragilidade dos processos erosivos, com os respectivos valores atribuídos, possibilitou a elaboração de cenários distintos compatíveis com a realidade. Esses foram gerados através da calculadora de mapas *spatial analyst* (ferramenta do ArcGis). Para a elaboração, tratamento, processamento das imagens e mapas foi utilizado o *software* ArcGIS 10, que foi adquirido gratuitamente através da plataforma ERSRI. Os cenários foram representados em mapas temáticos que mostram a fragilidade face a ação erosiva no município de Sananduva, RS.

Para complementar e validar os dados gerados no mapeamento foram realizados trabalhos de campo a fim de registrar imagens fotográficas e coleta de

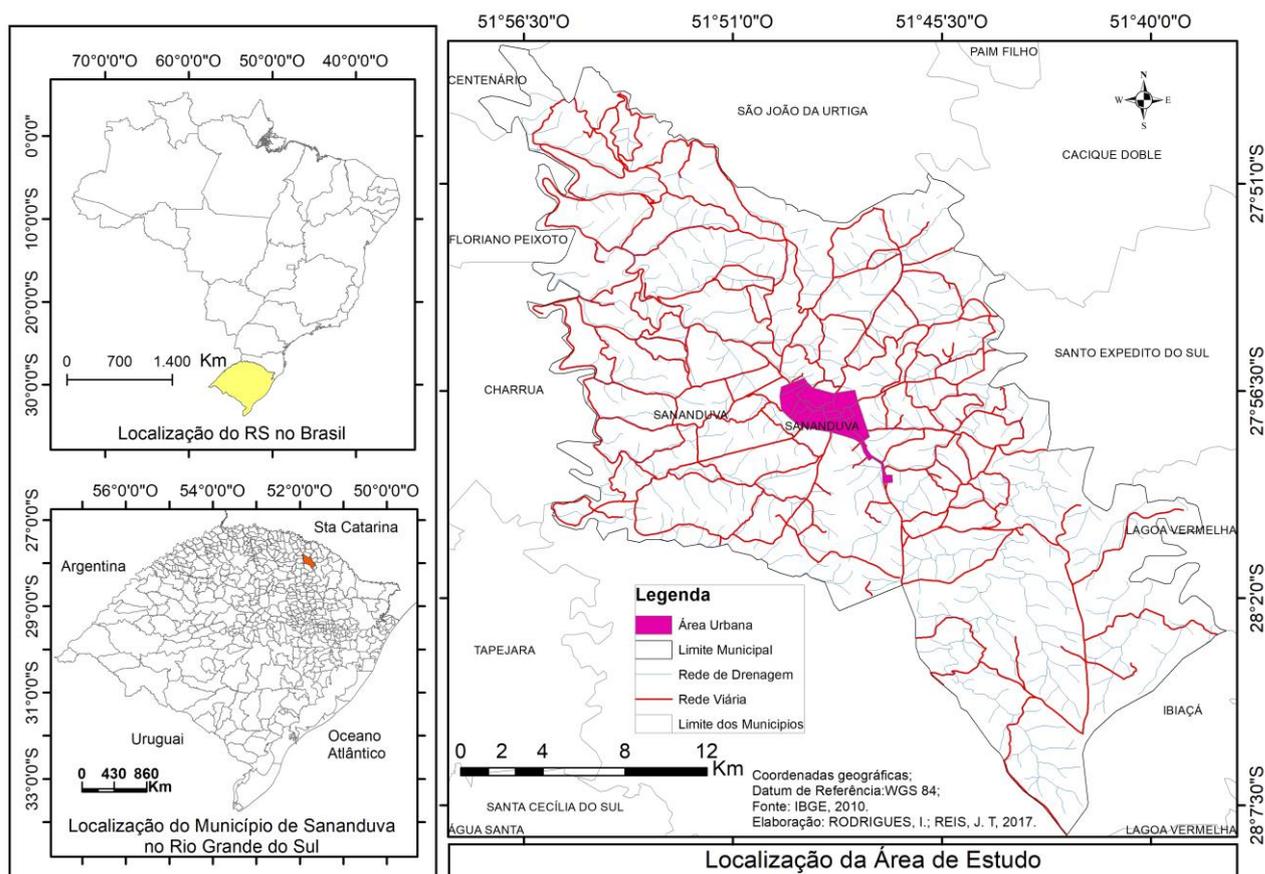
informações e confirmar os pontos com ocorrência de processos erosivos, com declividade mais elevadas e com uso e cobertura da terra destinados para fins agrícolas. No trabalho de campo utilizaram-se diferentes materiais, dentre eles um caderno de anotações, máquina fotográfica e mapas os obtidos a partir de cada cenário. Cada um desses materiais forneceu subsídios essenciais para a compreensão e comparação entre a realidade mapeada e a realidade encontrada ao longo do percurso feito em campo.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO FISIOGRAFICA

O município de Sananduva- RS, está situado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 8). Quanto à posição geográfica, suas coordenadas correspondem a 27° 56'52" de latitude Sul e 51° 53'46" de longitude Oeste do Meridiano de Greenwich. Com extensão territorial de aproximadamente quinhentos e quatro (504) quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), o município é sede da microrregião denominada Sananduva.

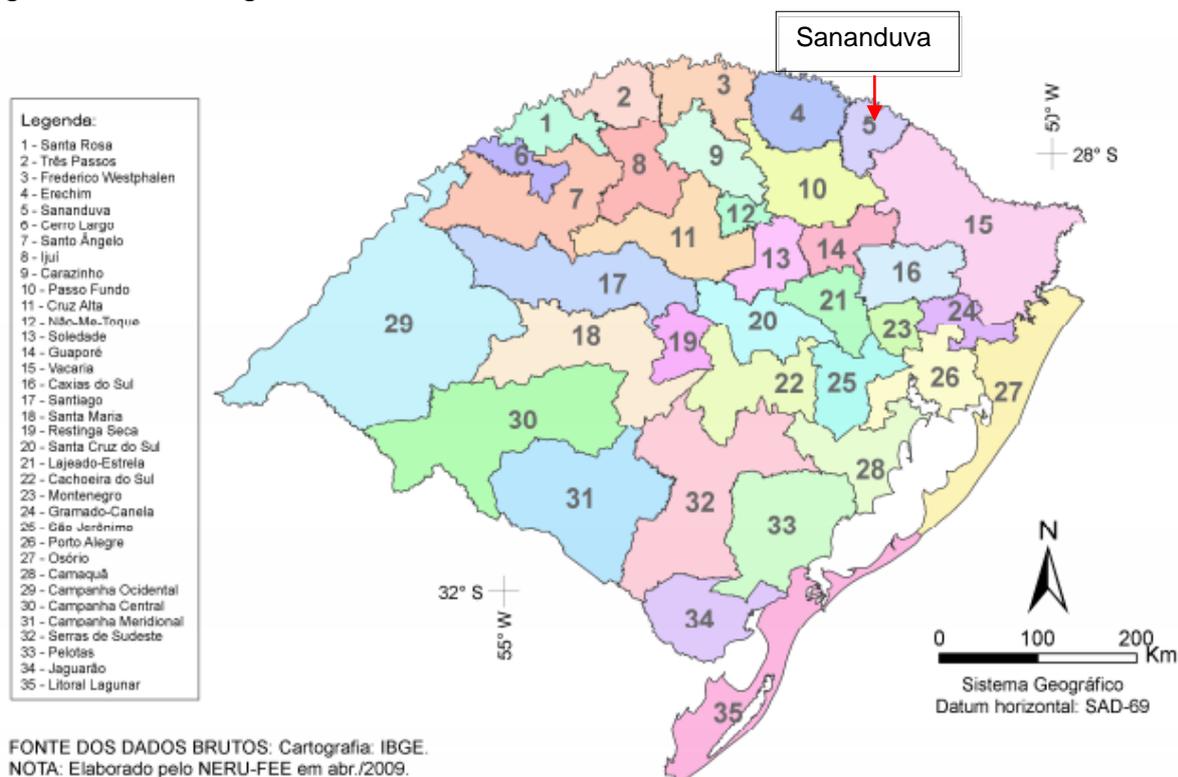
Figura 8 - Localização do município de Sananduva em relação ao estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017).

A microrregião de Sananduva, abrange onze municípios, sendo eles: Barracão; Cacique Doble; Ibiaçá; Machadinho; Maximiliano de Almeida; Paim Filho; Sananduva; Santo Expedito do Sul; São João da Urtiga; São José do Ouro; Tupanci do Sul (Figura 9). Estes municípios se caracterizam por apresentarem economia principalmente voltada para o setor primário (agricultura e pecuária) e terciário (comércio).

Figura 9 - Microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

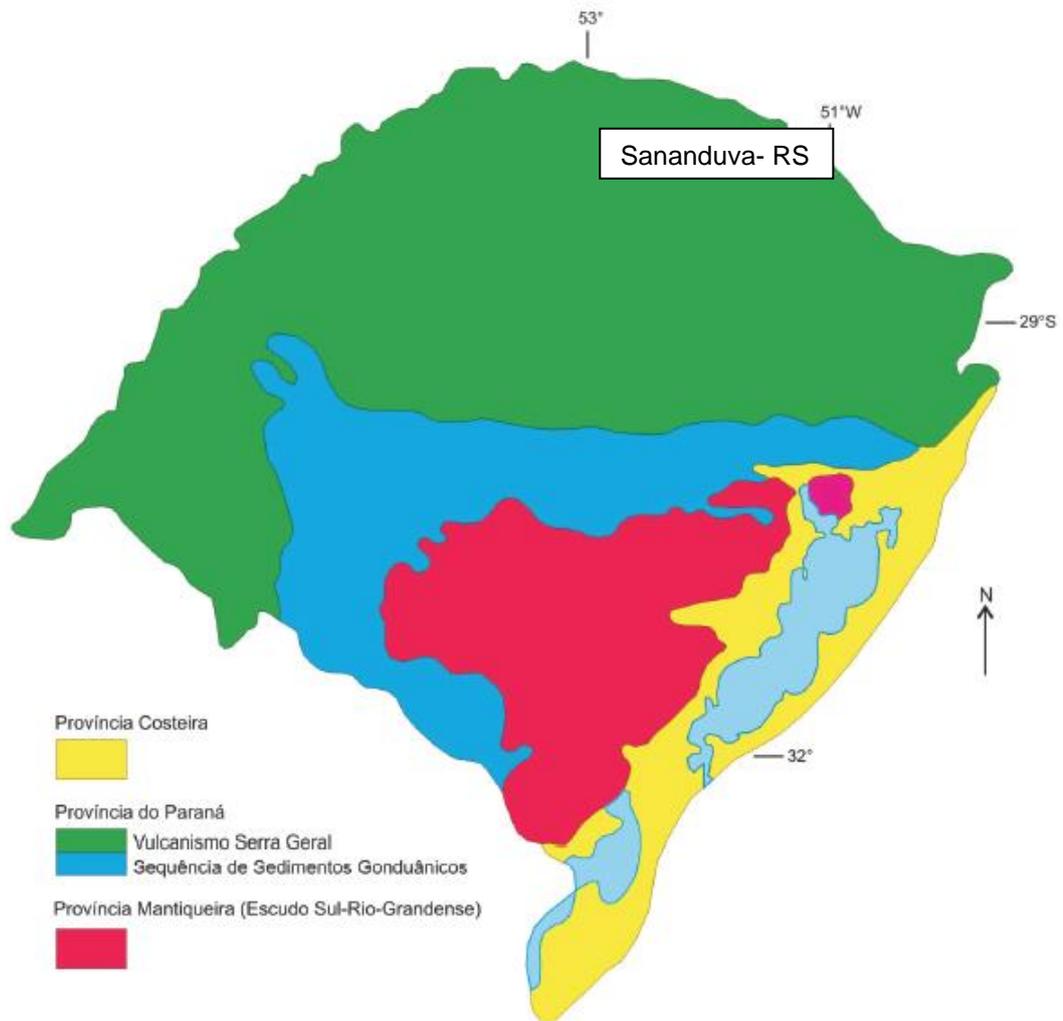


Fonte: FEE (2017).

A região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, onde se localiza o município de Sananduva, situa-se na província geológica do Paraná (Figura 10) sobre rochas que correspondem ao vulcanismo Serra Geral. De acordo com a CPRM (2010), esta província abrange também territórios, além do Brasil, da Argentina, do Paraguai e do Uruguai. De acordo com IBGE (1986), Formação Serra Geral é datada do período Ordoviciano até o Cretáceo (de 490.000.000 a 135.000.000 de anos).

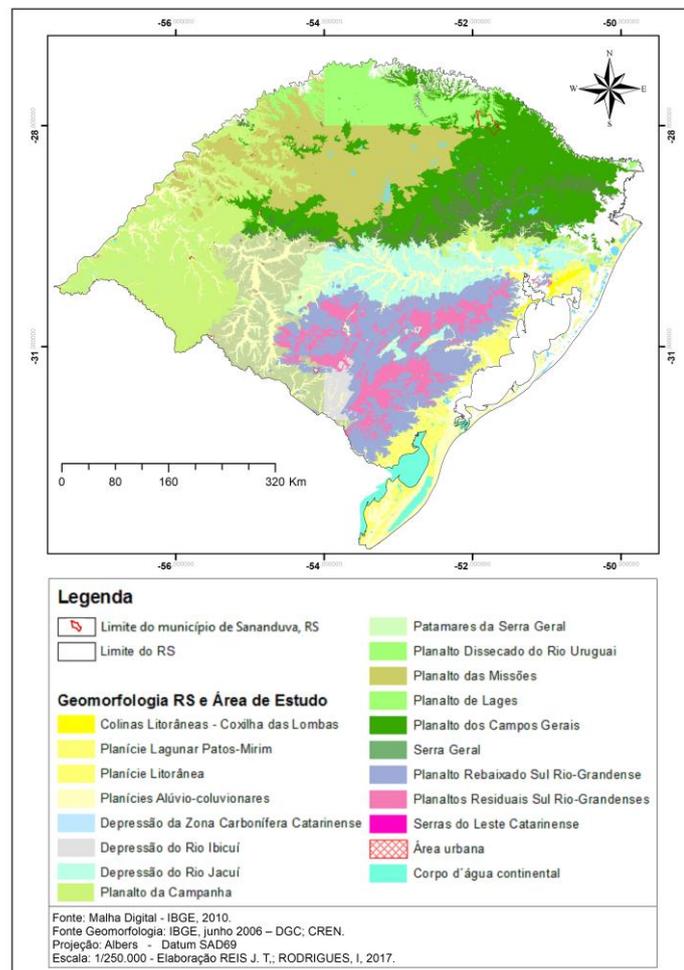
Observa IBGE (1986), que as rochas da Província do Paraná são efusivas básicas e ácidas, as quais se encontram recobertas por sedimentos depositados no Terciário. Nesse sentido, a área de estudo está inserida na Província do Paraná, na área correspondente ao Vulcanismo Serra Geral, constituídos de rochas efusivas básicas e ácidas e nas unidades de relevo correspondentes ao Planalto dos Campos Gerais e o Planalto Dissecado do Rio Uruguai, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 10 - Províncias geológicas do estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de CPRM (2010).

Figura 11 - Compartimentação geomorfológica do estado do Rio Grande do Sul e paisagem visualizada no Planalto dos Campos Gerais (A) e no Planalto Dissecado do Rio Uruguai (B).



Fonte: Adaptado de IBGE (2010). Fotografias dos autores (2017).

Conforme a CPRM (2010) o Planalto dos Campos Gerais abrange o domínio do Planalto das Araucárias, na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Observa que a constituição deste planalto é decorrente dos derrames vulcânicos

que formaram a Serra Geral. Destaca que o Planalto Dissecado do Rio Uruguai é uma compartimentação constituída por rochas efusivas básicas e abrange áreas com cursos fluviais que são tributários do Rio Uruguai. Em relação ao relevo, destaca que apresenta áreas com colinas e áreas com morros fortemente dissecados. (CPRM, 2010, p.46).

Nesse sentido, o relevo se constitui de áreas com topografia plana e com suaves ondulações na área correspondente a compartimentação geomorfológica denominada de Planalto dos Campos Gerais e, com áreas de vales dissecados que apresentam topografia íngreme associada a fundo de vales na porção geomorfológica classificada como Planalto dissecado do Rio Uruguai.

Para Suertegaray e Fujimoto (2004), as unidades de relevo, formam as primeiras expressões de paisagem do Estado, em um dado momento elas se individualizam quando se consideram apenas as unidades de relevo, enquanto em outras estas unidades se associam a outras características tais como, a vegetação e o uso da terra. Desta forma, promovem (criam) diferentes paisagens. As diferenças nas paisagens são resultantes da morfologia do relevo, do tipo de vegetação predominante e do uso da terra. Os fatores naturais associam-se aos fatores sociais, econômicos e formam paisagens com diferentes características.

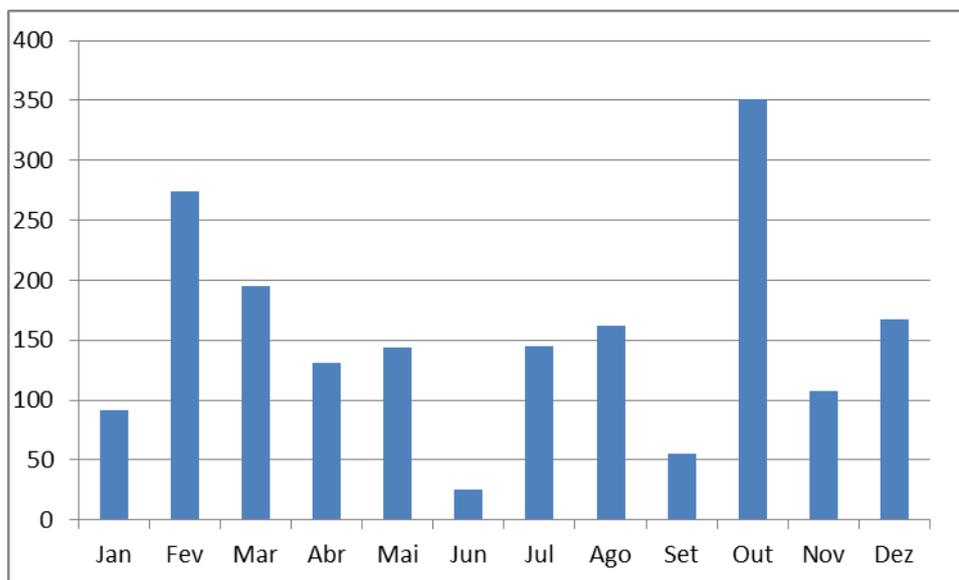
As diferentes paisagens também se constituem a partir da diferenciação climática existente no espaço geográfico. Por isso, é preciso considerar este fator pois, o clima é um agente importante na formação da vegetação de florestas. No Rio Grande do Sul, é classificado por Koppen (1931 apud BURIOL e KUINCHTNER, 2001) como **Cfa e Cfb**. Estas características são resultantes da boa distribuição das chuvas durante o ano.

De acordo com Koppen (1931 apud WOLLMANN e GALVANI, 2012), o que diferem as características do clima Cfa para o Cfb é a diferença nas temperaturas, tendo em vista que na classificação Cfa a temperatura no mês mais quente do verão é superior a maior do que 22°C, enquanto que no mês mais frio superior a 3°C. Já no clima Cfb a temperatura durante o mês mais quente é menor do que 22°C enquanto que a temperatura média nos meses mais quentes é superior a 10°C.

No município de Sananduva- RS, o clima corresponde a classificação Cfa apresentando uma área de transição para o Cfb. As chuvas se caracterizam por serem bem distribuídas por toda a extensão do território perfazendo um volume total anual de 1.849,5 mm, conforme dados obtidos na estação meteorológica da

AGROPAL. A Figura 12 ilustra a distribuição das chuvas no ano de 2016 no município de Sananduva, RS.

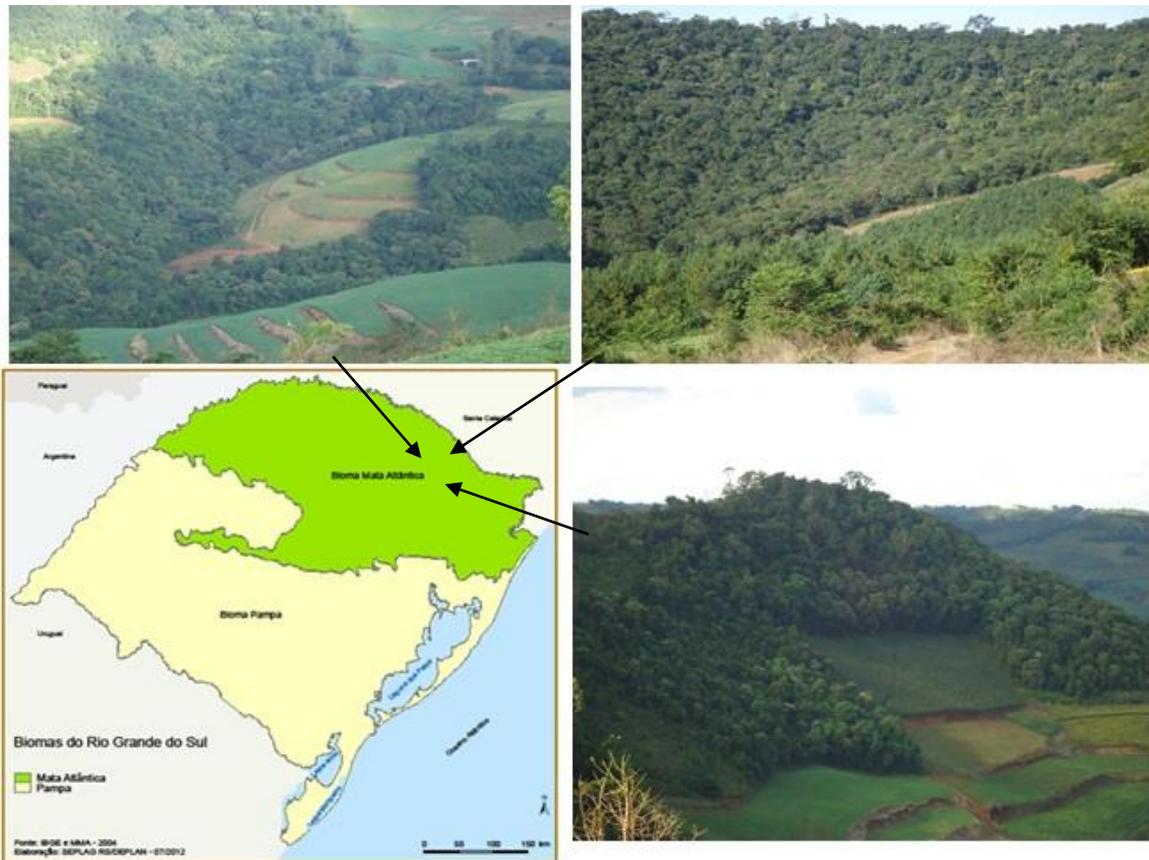
Figura 12 - Distribuição das chuvas no ano de 2016 no município de Sananduva, RS.



Fonte: Estação Meteorológica AGROPAL.

O clima da região onde se situa o município de Sananduva, associado a outros fatores, tais como o relevo, a precipitação, a hidrografia e o solo propiciaram para que a formação da vegetação seja densa e fechada com árvores de porte médio e alto. Ela forma o mosaico da paisagem natural a qual faz parte do bioma Mata Atlântica. A Figura 13 ilustra a ocorrência dos biomas do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 13 - Os biomas do estado do Rio Grande do Sul e aspectos da cobertura vegetal no município de Sananduva- RS.



Fonte: Adaptado de (IBGE/MMA, 2004). Imagens do acervo pessoal da autora, dezembro de 2016.

Ao se considerar que o solo é um fator determinante na formação vegetal, ele influencia no aparecimento e dispersão da vegetação. O solo associado aos fatores climáticos, influencia nas características da vegetação. De acordo com Streck et.al, (2008) os solos predominantes no município de Sananduva, nas áreas onde se encontram os terrenos planos com leves ondulações, são os Latossolos. Nesses locais do Município, os Latossolos têm como material de origem as rochas de origem vulcânica. São solos profundos, bem desenvolvidos, bem drenados com pouca diferenciação entre os horizontes diagnósticos e, apresentam horizonte B latossólico.

Streck et.al (2008), observam que os Latossolos, de forma geral, apresentam boas condições para o desenvolvimento das culturas anuais de inverno e verão. As maiores limitações que apresentam para sua utilização dizem respeito aos teores elevados de alumínio trocável e baixos teores de potássio e fósforo, necessitando de

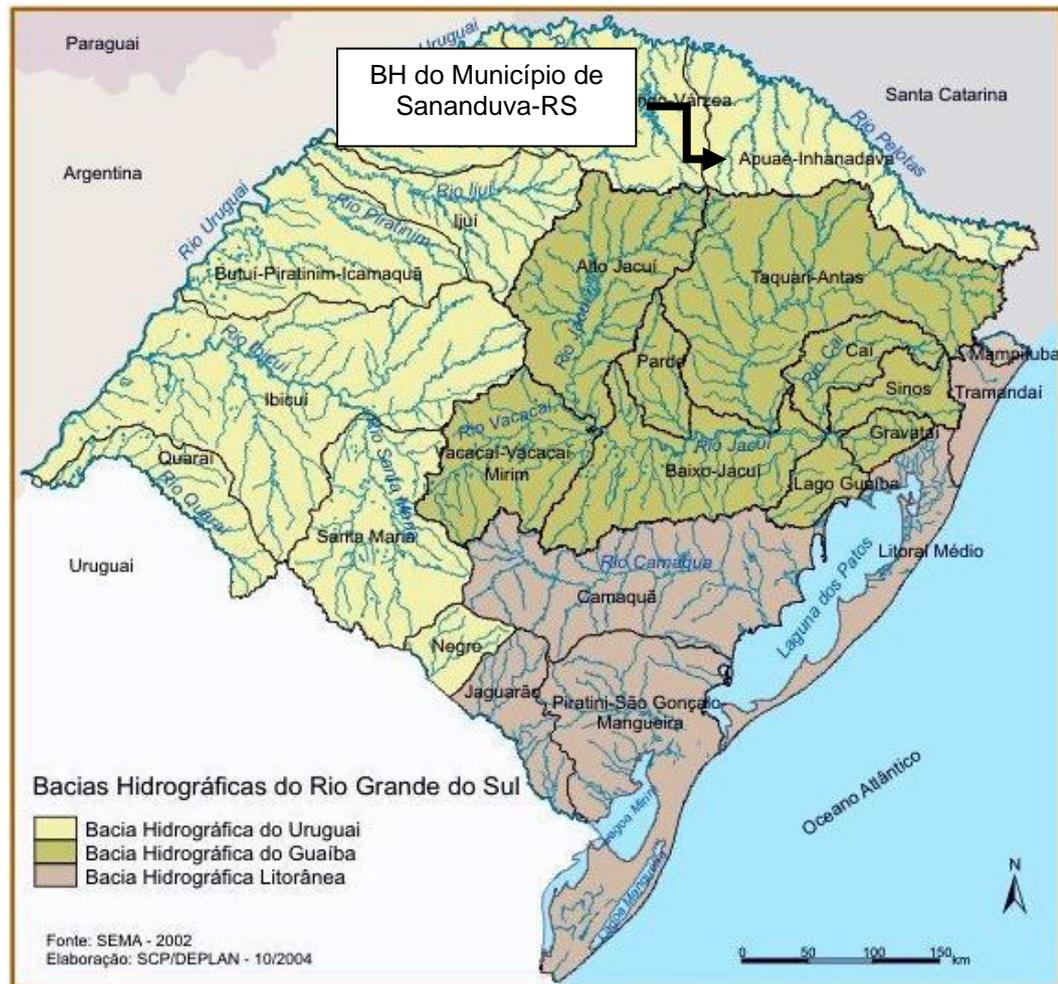
adubações de correção. Além da melhoria química se torna necessário adequar com práticas conservacionistas de rotação de cultura, a fim de recuperar as áreas. Já o uso deste tipo de solo com culturas frutícolas requer a correção da acidez pois, são culturas que possuem sistema radicular profundo. Nesse sentido, é importante observar que as áreas correspondentes à esse tipo de solo são aquelas que contam com estabelecimentos rurais de maior extensão, voltadas para o cultivo de soja, milho, trigo e cevada, já que as condições de relevo e do solo favorecem o cultivo agrícola. Isso pode ser observado na área abrangida pelo município de Sananduva. Entretanto, na porção norte do município, ocorrem áreas com topografia fortemente ondulada e com morros íngremes e com fundos de vales fortemente dissecados. Nestas áreas, os solos são classificados como Neossolos. Sendo assim, “[...] o termo *neossolo* lembra solos novos, pouco desenvolvidos”. (STRECK et al, 2008, p.86). Os Neossolos são solos considerados pouco desenvolvidos, sendo encontrados em relevos com topografia mais íngreme. Por serem solos jovens em fase de formação tendem a limitar o uso da terra. O uso intensivo de áreas que correspondem a este solo será facilmente degradado, justamente por que ele apresenta os horizontes pouco ou ainda não desenvolvidos.

Os apontamentos realizados por Streck et.al, (2008), abordam que nas encostas, com topografia íngreme, e com a declividade mais acentuada, mais especificamente nas regiões da encosta inferior do Nordeste e no vale do Uruguai, tem-se a presença dos Neossolos Litólicos que se associam aos Chernossolos e aos Cambissolos.

Em relação à hidrografia o município de Sananduva- RS, está inserido na bacia hidrográfica do rio Apuaê, conforme ilustra a Figura 14, também chamado pela população local de rio Ligeiro, a qual possui aproximadamente 14.510 km<sup>2</sup>, e pertence à rede de drenagem que é tributária da margem esquerda do rio Uruguai.

A bacia hidrográfica do rio Apuaê e Inhandava, de acordo com a FEPAM (2005) abrange as porções norte e nordeste do estado do Rio Grande do Sul, encontrando-se na unidade geomorfológica do Planalto Meridional Brasileiro. Esta bacia hidrográfica é formada por três rios principais e seus afluentes: Rio Apuaê, Inhandava (Forquilha), Arroio Poatã (FEPAM, 2005).

Figura 14 - Bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de SEPLAG/SEMA (2002).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA E ECONÔMICA DA ÁREA DE ESTUDO

As características históricas da área de estudo que deram subsídio para o desenvolvimento econômico e conseqüentemente a transformação na paisagem, tem início a partir da ocupação por povos indígenas Caingangues, que já habitaram esta área (BRANCO, 2004). Tendo em vista, que este local possuía uma cobertura vegetal extensa, com vastas reservas de araucária, o local propiciou a vivência dos povos tradicionais. Estes se apropriavam do espaço através dos hábitos da caça, da pesca e da coleta de frutos.

As características topográficas do local com vasta área recoberta por mata nativa e terrenos com a topografia entre baixa e média declividade propiciaram

condições favoráveis para o início da ocupação por outros povos (Figura 15). Dentre estes, estão os colonizadores lusos- brasileiros, e posteriormente o povoamento se intensificou com a chegada dos imigrantes euro-brasileiros (BRANCO, 2004).

Figura 15 - Aspecto da de estudo correspondente a localidade de Três Pinheiros no município de Sananduva, RS.



Fonte: Trabalho de campo (novembro de 2014).

Como pode ser observado na figura anterior, o local onde ocorreu o povoamento por lusos- brasileiros e descendentes de imigrantes italianos em sua maioria apresenta terrenos pouco pedregosos, sem presença marcante de afloramentos rochosos. Além disso, a fertilidade da terra aliado a topografia são fatores que proporcionaram o desenvolvimento da agricultura intensiva. Neste local, observa-se que a terra é usada desde o início do povoamento para o cultivo agrícola, podendo ser citado os seguintes produtos: milho, trigo, cevada.

Conforme Dalsoglio e Lovatto (2004), a apropriação do espaço geográfico feita pelos denominados luso-brasileiros antes do povoamento colonial era feita por meio da agricultura de subsistência e pecuária extensiva, enquanto que os povos tradicionais usufruíam da terra a partir da coleta de frutas silvestres, caça e pesca.

Posteriormente, ocorreu a chegada dos imigrantes descendentes de italianos. Estes vieram beneficiados pelo projeto de colonização, o qual estava em andamento no Brasil. Sendo assim, o governo do município de Lagoa Vermelha (o qual Sananduva pertencia), tinha como objetivo expandir as colônias e, povoar áreas que ainda estavam cobertas por mata nativa. Deste modo, incentivou os fazendeiros luso-brasileiros a destinar por meio da venda alguns hectares de suas fazendas para atender a demanda do projeto de colonização.

Dalsoglio e Lovatto (2004), destacam que no ano de 1902, a fazenda denominada de fazenda São João do Forquilha foi inserida no projeto de colonização. A fazenda com 15.000 hectares foi dividida em lotes, os quais passaram a ser vendidos para os imigrantes descendentes de italianos. Deste modo, formou-se a primeira colônia. Dentro desta perspectiva Dal Moro (2004), aborda que a lógica do capital comercial foi o fator que impulsionou a expansão da produção mercantil, induzindo os donos de terra disponibilizarem a venda de lotes em seus estabelecimentos rurais. Assim, consolidava-se o poder estadual pelo território que ainda não estava povoado, deste modo, instalaram projetos particulares de colonização. O local atraiu imigrantes descendentes de europeus em sua maioria italianos que deram início a formação do povoamento colonial. A chegada das famílias de migrantes europeus e seus descendentes também proporcionou a ocupação de áreas que ainda se encontravam recobertas por matas nativas. Estes fizeram alteração na cobertura da terra a partir da retirada da vegetação e implantaram pequenas lavouras agrícolas, onde passaram a produzir para a subsistência da família.

De acordo com Branco (2004), a inserção do projeto de colonização fez com que ocorresse um aumento significativo na população do povoado, o incentivo para a vinda de outros imigrantes foi promovida por Fiorentino Bacchi. Este era descendente de italiano e foi o primeiro a chegar para residir na colônia. No ano de 1907 a colônia foi elevada à categoria de distrito. Neste sentido a migração foi essencial para a expansão dos limites territoriais e do povoamento da colônia, além de contribuir com a diversificação da alteração na cobertura e uso da terra.

O município de Sananduva-RS compreende uma área de 504.549 km<sup>2</sup>, com uma população de 16.237 habitantes (IBGE, 2017). A economia é baseada principalmente nos setores primário e terciário. A presença marcante da agricultura seguida da pecuária torna a base econômica voltada para o setor primário. Nas

áreas rurais destacam-se a agricultura de subsistência e comercial, com predomínio de lavouras temporárias de soja, milho, trigo e cevada.

Na área onde teve início o povoamento e posteriormente a colonização (figura 15), atualmente, se destacam o plantio da soja, do milho, do trigo e cevada, em períodos de entressafra a mesma recebe a cobertura de pastagem. Hoje, entremeada a agricultura, a paisagem local se contrasta com áreas cobertas por capões de mato. Os capões de mato servem como área de preservação permanente (APP's), tendo em vista, que nestes locais existem a formação de drenagens de cursos d'água. Esta porção atua também como divisor de água, com drenagem para as bacias hidrográficas do rio Apuaê- Inhandava.

O desenvolvimento socioeconômico da área de estudo encontra-se vinculada a prática da agricultura de subsistência e comercial, a qual é herança dos povos indígenas e imigrantes: luso-brasileiros e dos colonizadores que utilizavam a terra de forma diversificada. Para chegar a configuração territorial atual, expansão colonial ocorreu em diferentes períodos de tempo. Onde, primeiramente povoaram-se as áreas limítrofes com o município de Lagoa Vermelha e anos mais tarde as áreas mais distantes.

As áreas colonizadas tardiamente foram aquelas que além de estarem em maior distância de Lagoa Vermelha, também possuíam características geomorfológicas distintas. Possuindo a presença marcante de encostas com declividade acentuada (Figura 16). Portanto, nestas áreas a ocupação pela imigração ocorreu tardiamente. Os estabelecimentos rurais que se desenvolveram eram de pequenas extensões, tendo como fator limitador a declividade das encostas.

Como pode ser observado na Figura (16), as características geomorfológicas se diferem em relação a topografia. Esta porção classificada como Planalto Dissecado do Uruguai, foi a última a receber a colonização, justamente por apresentar características topográficas que limitavam o uso da terra para a prática da agricultura. Portanto, A declividade do terreno é um fator que também influencia na distribuição da população e nas atividades agrícolas.

Hoje, com a modernização na base técnica de produção aliadas com os incentivos concedidos pelas políticas públicas, as topografias das áreas passaram a ser ajustadas de modo a tornar viável a expansão da área agrícola, em terrenos com declividades mais acentuada. Estes ajustes são feitos a partir de corte longitudinais

que permite tornar a área menos declivosa, favorecendo a entrada da mecanização para o plantio e colheita das safras. Desta maneira, a terra passou a ser usada intensivamente, com cobertura de produtos agrícolas como a soja, o milho e o trigo. Tendo a pastagem cultivada como cobertura de entressafras. Além da paisagem deste local ser caracterizada pela presença de lavouras existem também, os resquícios de mata nativa, os quais são encontradas nos topos das encostas (Figura16).

Figura 16 - Aspecto da área onde ocorrem encostas íngremes no Planalto Dissecado do Rio Uruguai.



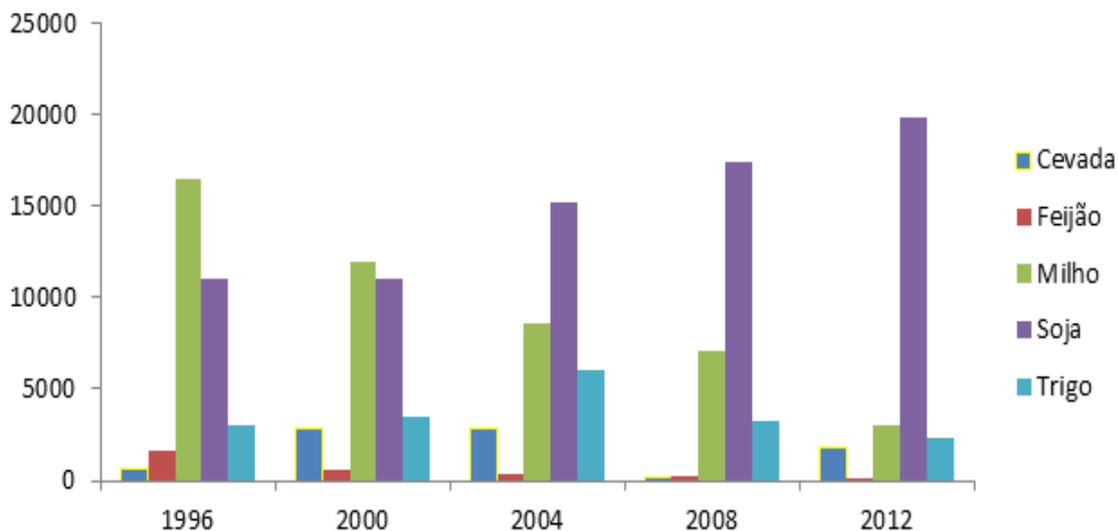
Fonte: Trabalho de campo (novembro de 2014).

Atualmente a estrutura fundiária municipal varia entre 5 à 2.500 hectares (IBGE, 2006). A percentagem com área mecanizada varia conforme o nível de desenvolvimento econômico de cada estabelecimento. Existem estabelecimentos que tem 30% da área mecanizada e, outros que possuem até 100% das lavouras mecanizadas.

O uso da terra na área de estudo assume um caráter multifuncional, sendo usado principalmente para a prática da agricultura intensiva e mecanizada, voltada

na sua maioria para a produção de soja, milho e trigo (Figura 17). A criação de animais também contribui com a renda dos estabelecimentos rurais. Muitos deles destinam-se a suinocultura, avicultura e bovinocultura. Observa-se que a criação de animais atende o objetivo da demanda comercial. Nesse sentido, identifica-se que os estabelecimentos se encontram inseridos no agronegócio, sendo que, a partir da introdução deste, o local passou a contar com um novo modelo de desenvolvimento agrícola, voltado especialmente para atender a demanda comercial (RODRIGUES et.al, 2016).

Figura 17 - Principais produtos e produção agrícola (toneladas) no município de Sananduva, RS 1996- 2012.



Fonte: SIDRA/IBGE (2012) e organizado pela autora (2017).

A ocupação da área de estudo é feita a partir dos diferentes usos da terra, sendo que a maior proporção é utilizada para lavouras temporárias. Elas correspondem a 347,50 km<sup>2</sup>, ou seja, 68,89% da área total do Município. A maior parte dos estabelecimentos rurais pertence à agricultura familiar e passaram a modernizar os equipamentos de trabalho para atender a demanda comercial da produção agrícola. Portanto, a paisagem rural é resultante do uso da terra que por ser intensificado pela prática da agricultura altera as características naturais do local tornando-os frágeis e sujeitos a ação da erosão hídrica.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características naturais relacionadas a declividade, ao uso da terra e aos processos erosivos, são fatores que precisam ser levados em consideração, quando se quer compreender a fragilidade na paisagem em determinado local. Compreende-se aqui o termo paisagem como sendo, produto da ação da natureza e do homem, e que está em constante mudança, portanto ela requer cuidados, pois por ser influenciada pela ação do homem e da natureza os elementos que a compõe tendem a ser frágeis.

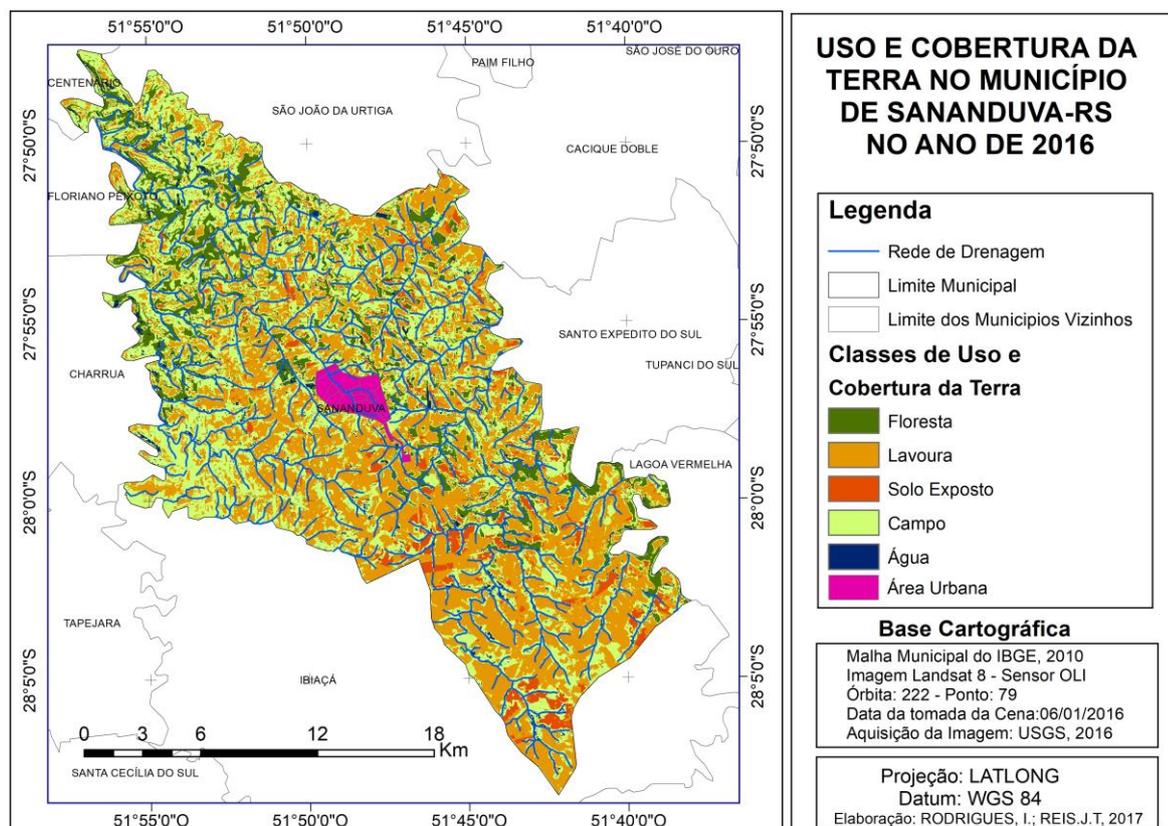
A ação antrópica é o fator que altera os elementos da natureza de forma rápida e intensa, tendo em vista que os elementos provenientes da natureza a citar, o relevo, o solo, e o clima possibilitam a fixação e sedentarização do homem em determinados locais. A partir do uso dos recursos naturais, especialmente da terra que se constituem os diferentes cenários de paisagens. Sendo assim, a paisagem é um cenário misto, constituído por elementos da natureza e da ação antrópica que se dão por meio do uso da terra.

### 5.1 O USO E COBERTURA DA TERRA

Na área de estudo o uso da terra esteve vinculado a ocupação antiga e posteriormente a influência da colonização italiana. Os colonizadores trouxeram costumes como a prática da agricultura comercial, fator este que intensificou a retirada da vegetação natural para dar lugar as lavouras agrícolas. Desta forma, o uso da terra vem desde o período colonial local se intensificando. O modo como a terra é usada proporcionou a formação de paisagens com características distintas, tendo na sua maioria elementos oriundos da ação antrópica, o qual é representado pela prática da agricultura.

A área de estudo por estar inserido geomorfologicamente na transição entre o Planalto dos Campos Gerais e o Planalto Dissecado do rio Uruguai (CPRM, 2010), tem características topográficas que permitem diferentes usos da terra. A Figura 18 traz o mapeamento do uso da terra para o município de Sananduva-RS e a Tabela 1 mostra a quantificação das áreas e o percentual de cada classe dos principais elementos que formam o cenário da paisagem na área de estudo.

Figura 18 - Município de Sananduva, RS – Levantamento do uso da terra.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tabela 1 - Município de Sananduva, RS - quantificação das classes de uso da terra.

<b>Classes de usos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Floresta	55,801	11,06
Campo	46,92	9,29
Lavoura	347,50	68,89
Solo exposto	32,30	6,4
Área urbana	7,73	1,53
Água	14,30	2,83
<b>Totais</b>	<b>504,551 km<sup>2</sup></b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O mapeamento de uso e cobertura da terra resultou nas seguintes classes: Florestas; Lavouras; Solo exposto: Campo; Água e área urbana (figuras 18). Os dados mostram que existem uma diferença expressiva quanto a classe de uso da terra. Tendo em vista que a economia local é essencialmente agrícola, a classe que

mais ocupa a área de lavoura com 347,50 km<sup>2</sup>, perfazendo o percentual de 68,89%. A classe de floresta nativa ocupa o segundo lugar em quantidade de área utilizada totalizando 55,801 km<sup>2</sup>, ou seja, 11,06%.

A área ocupada por campo com vegetação do tipo gramínea ocupa 46,92 km<sup>2</sup>, representando 9,29% de área. Na sequência tem-se a presença de solo exposto com 32,30 km<sup>2</sup>, ou seja, 6,4%. O mapeamento da classe de cursos d'água totalizam 14,30 km<sup>2</sup> (2,83%), enquanto que a área urbana representa 7,73 km<sup>2</sup>, (1,53%). Assim, temos a distribuição das classes de uso da terra na área de estudo. Os resultados obtidos no mapeamento conferem com a Figura 19 que mostra o cenário misto entre agricultura, floresta nativa, pastagem e solo exposto.

Figura 19 - Aspecto do contraste no uso da terra onde aparecem áreas compartilhadas de florestas, lavouras temporárias e de pastagens.

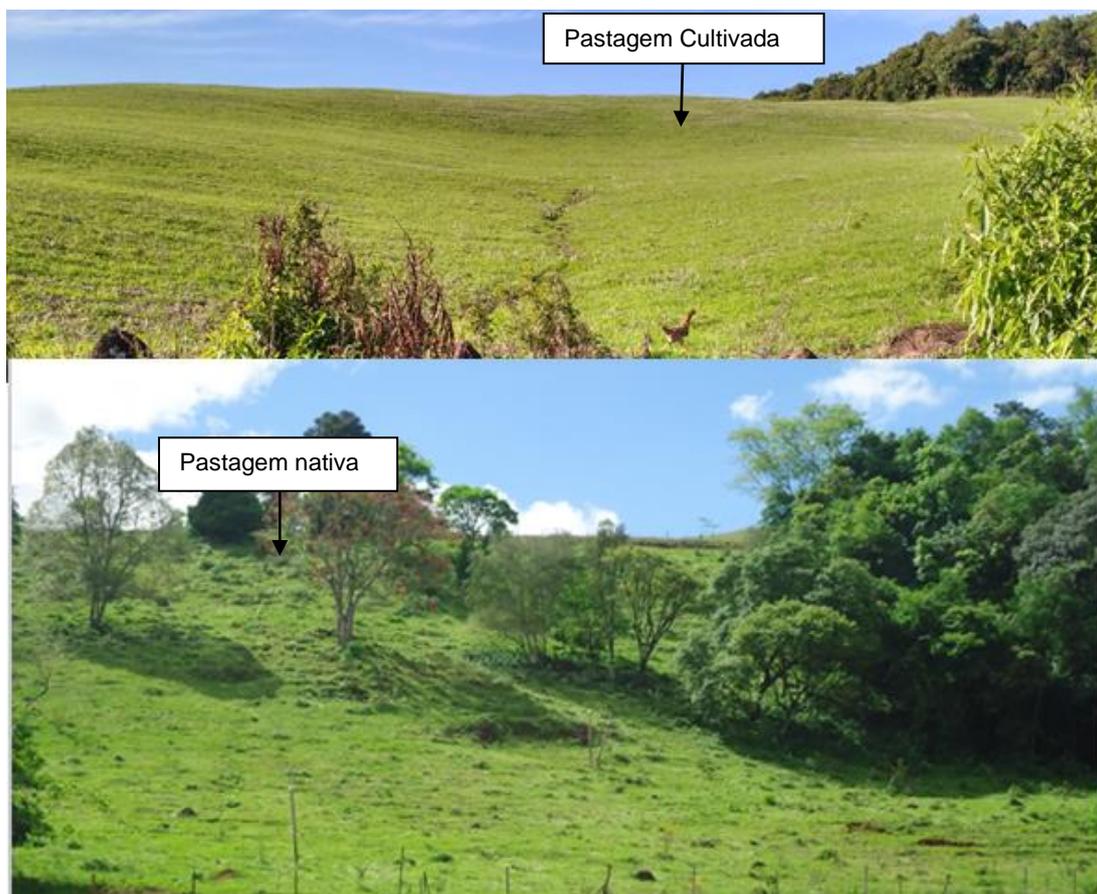


Fonte: Trabalho de campo (maio de 2017).

A classe mapeada como solo exposto corresponde às áreas sem cobertura nas quais incluem-se as estradas não pavimentadas e as lavouras. As áreas de lavoura no período relacionada ao mês de janeiro estão temporariamente com o solo descoberto devido a colheita da safra do milho e do feijão. São áreas que ficam expostas em determinados períodos do ano (entressafras). As áreas compostas por campos englobam as pastagens plantadas e perenes e encontram-se distribuídas

em diferentes classes de declividade entremeadas às áreas de lavouras temporárias. A Figura 20 ilustra área com uso e cobertura de pastagem plantada e pastagem nativa.

Figura 20 - Aspecto do uso da terra onde aparecem áreas com pastagem plantada e pastagem perene.



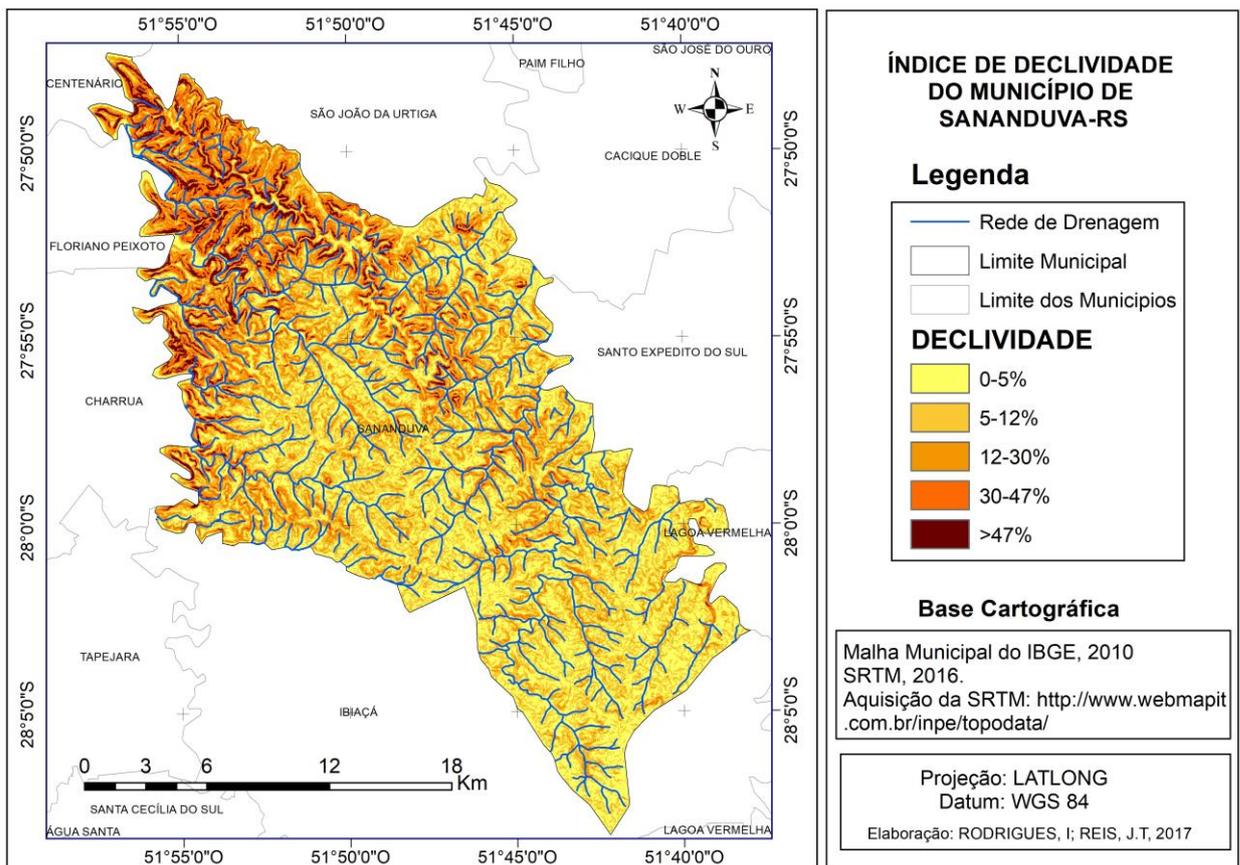
Fonte: Trabalho de campo (maio de 2017).

Assim, o mapeamento nos mostra a espacialização do uso e cobertura da terra no local. Neste sentido, percebe-se que o uso da terra assume caráter multifuncional, destinando-se principalmente a prática da agricultura intensiva e mecanizada. A diversidade quanto ao uso da terra é característica cultural, destinada a produção para a subsistência e comercial.

## 5.2 DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DO USO E COBERTURA DA TERRA DE ACORDO COM AS CLASSES DE DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS

As classes de uso da terra encontram-se distribuídas em diferentes classes de declividades. A Figura 21 traz o resultado obtido a partir do levantamento da declividade no município de Sananduva-RS. Com base no mapa (Figura 21) se identifica que as classes de declividade variam entre as classes de 0 a 5% até as declividades superiores a 47%. A Tabela 2 contribui na amostragem da quantificação das áreas, bem como o percentual que cada classe de declividade ocupa na área de estudo.

Figura 21 - Município de Sananduva, RS – Levantamento da declividade.



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Tabela 2 - Município de Sananduva, RS – quantificação das classes de declividade.

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
0 – 5%	13,306	2,6
5 – 12%	55,634	11,02
12 – 30%	239,446	47,4
30 – 47%	135,184	26,9
>47%	60,981	12,08
<b>Totais</b>	<b>504,551</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

As encostas que compõe a unidade de relevo de Planalto dos Campos Gerais e Planalto Dissecado do Rio Uruguai apresentam características distintas. A área que corresponde a unidade geomorfológica denominada como Planalto dos Campos Gerais (Figura 22) é caracterizada por possuir terrenos planos com leves ondulações, com declividades que variam de 0 a 30%. Assim distribuem-se nesta proporção: classes que correspondem entre 0-5% ocupam 13,306 km<sup>2</sup> (2,6%); as classes que correspondem a 5- 12%, ocupam 55, 634 km<sup>2</sup> (11, 02%); Classes entre 12-30% totalizam a ocupação de área de 239,446 km<sup>2</sup> (47,4%).

Figura 22 - Declividade do terreno na compartimentação Planalto dos Campos Gerais.



Fonte: Trabalho de campo (abril de 2017).

Na compartimentação classificada com Planalto Dissecado do Uruguai (Figura 23), as encostas possuem características distintas na compartimentação

anterior. Com morros íngremes associados a fundo de vales dissecado é neste local que estão as classes de declividades mais elevadas, chegando a contar com pontos onde alçam 47%. Neste local predominam as declividades que variam de 30-47% que correspondem a 135,184 km<sup>2</sup> (26,9%). Também possui áreas com declividade superior a 47%, estas abrangem 60,981km<sup>2</sup> (12,08%).

Figura 23 - Declividade do terreno e processos erosivos atuantes.



Fonte: Trabalho de campo (setembro 2017).

De acordo com os dados levantados a partir do mapeamento e do trabalho de campo constata-se que as características das encostas se contrastam quando se considera o fator declividade, bem como a suas respectivas áreas de abrangência. As encostas com as menores declividades encontram-se na porção denominada de Planalto dos Campos Gerais.

As áreas do Planalto dos Campos Gerais são compostas por terrenos com declividades que variam entre 5 a 30%. Estas são áreas propícias à mecanização, sendo assim, existe a predominância do uso e cobertura da terra estar vinculado a prática agrícola, destacando-se a presença das lavouras temporárias. As áreas de florestas nativas e campos distribuem-se aleatoriamente em pequenas manchas próximas as redes de drenagem, correspondendo às matas ciliares.

A porção norte que corresponde ao Planalto Dissecado do Rio Uruguai caracteriza-se por possuir vales dissecados com encostas íngremes, tendo as áreas

com as menores declividades nos fundos dos vales. Nesta porção, as declividades variam entre 15 a 47%, enquanto que no extremo norte variam entre 30 a 47%. Nestas áreas o uso da terra torna-se limitado pelo fator declividade. Assim, a base das encostas passa a ser usadas intensivamente, enquanto que a meia encosta passou a ser adaptada a partir da realização de sistematizações (cortes) e terraceamentos. Nesta mesma porção, algumas áreas no topo das encostas e nas proximidades de cursos d'água constituem áreas onde o uso da terra é composto pela presença de floresta nativa e áreas agrícolas (Figura 24).

Figura 24- Divisor de águas da unidade Planalto Dissecado do rio Uruguai.



Fonte: Google Earth Pro (abril de 2016).

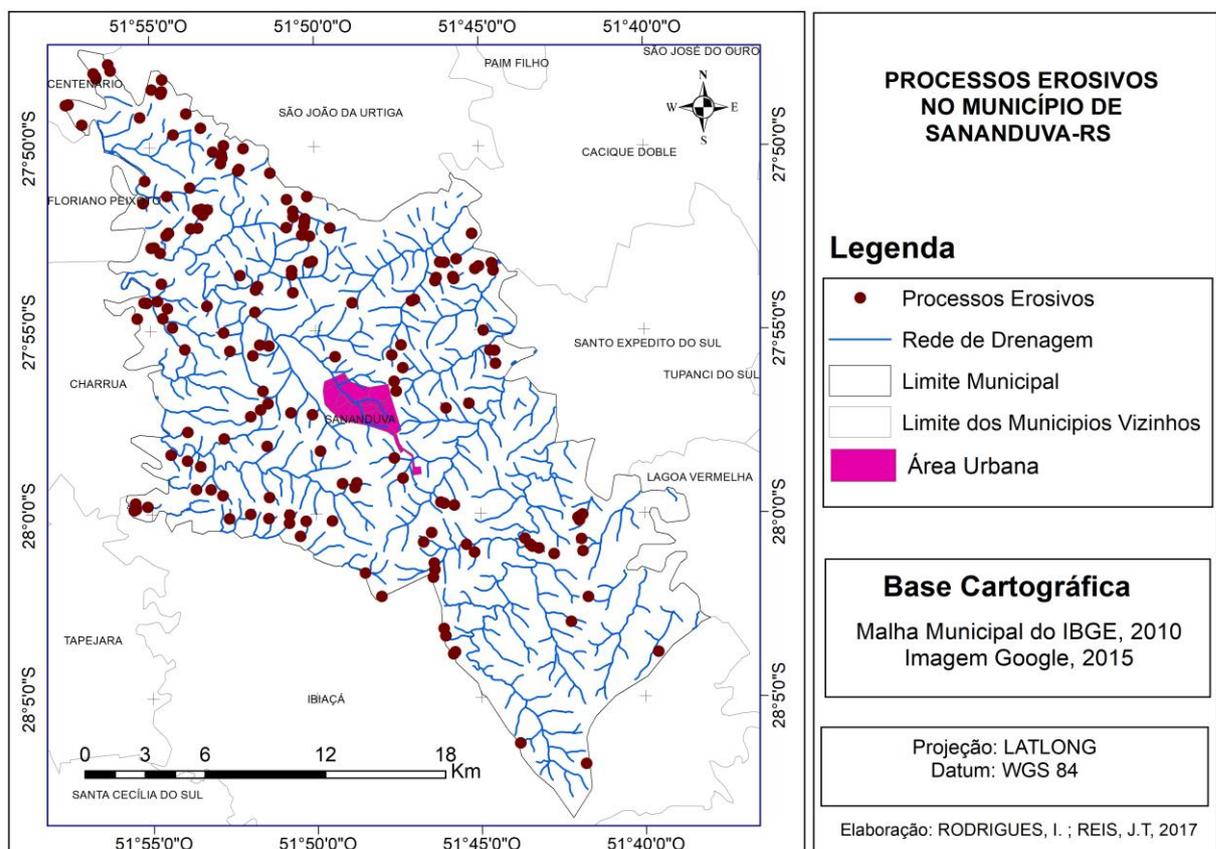
A diversidade topográfica dos terrenos se reflete não somente na declividade, mas também nas diferenças altitudinais do Planalto. As maiores altitudes encontram-se entre 660 a 800m de altitude. Na área de estudo as altitudes mais elevadas correspondem ao topo das encostas que atuam como divisores de água (Figura 24), drenando para as bacias hidrográficas do Apuaê (rio Ligeiro) situado a oeste e Inhadava (rio Forquilha) situada a leste. Estes rios desembocam na Bacia Hidrográfica do rio Uruguai.

### 5.3 ESPACIALIZAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS

Os problemas ambientais principalmente em áreas rurais estão relacionados a extração da vegetação natural, o uso intensivo da terra e conseqüentemente o aparecimento/ aceleração de processos erosivos. A retirada da cobertura vegetal natural das encostas expõe as áreas a ação de fenômenos naturais, tais como a chuva. A água proveniente de precipitações é uma das ações causadoras da perda da camada arável do solo, tornando-os frágeis e até impróprios para o uso de fins agrícola.

Na área de estudo, foram cuidadosamente identificadas algumas das principais feições erosivas (Figura 25). Os pontos de amostras foram captados por meio da ferramenta do Google Earth a qual permitiu ter noção da localização dos principais pontos onde estão ocorrendo processos erosivos.

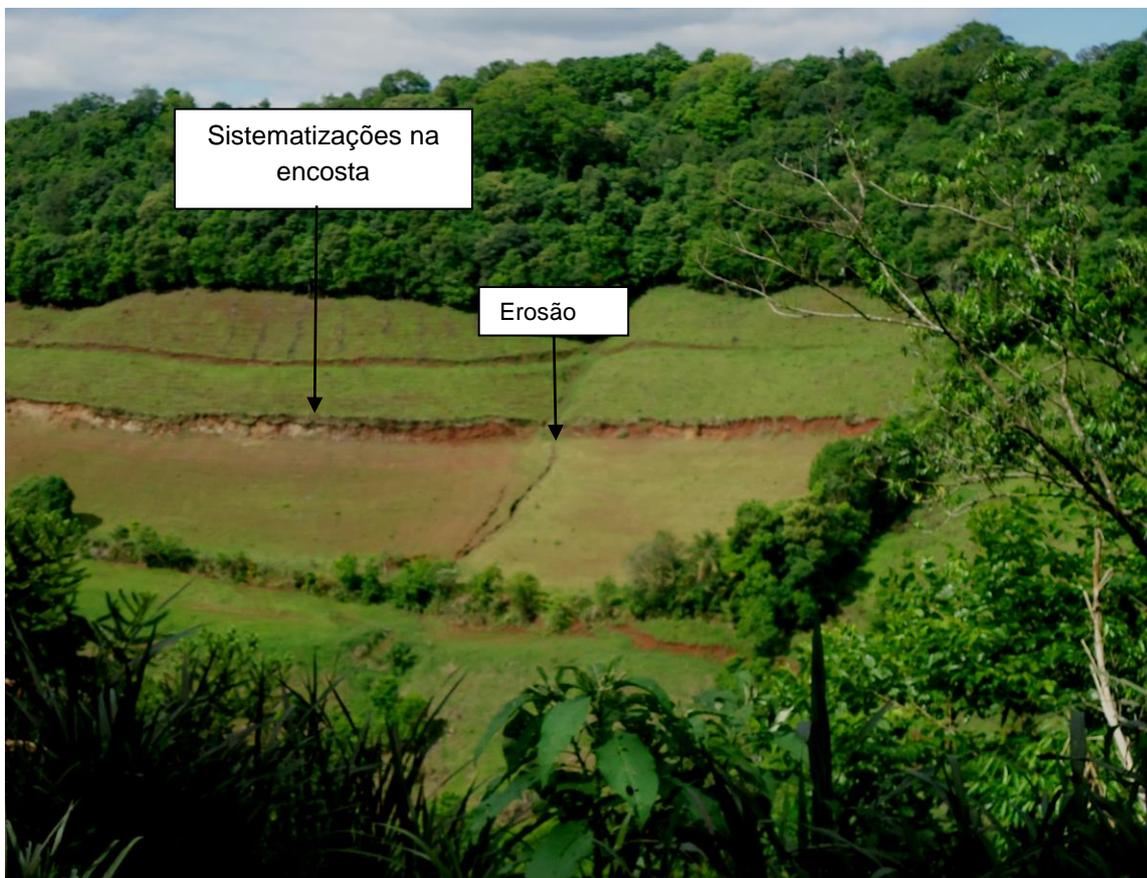
Figura 25 - Processos erosivos no município de Sananduva- RS.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017).

A partir dos dados coletados gerou-se o mapa de espacialização dos processos erosivos (Figura 25). Assim, foi possível observar que nas áreas com predomínio de encostas íngremes, com declividade mais elevada superior a 30%, denominada de Planalto Dissecado do Uruguai foi o local onde mais pontos de processos erosivos foram identificados. São áreas que tiveram a cobertura vegetal natural retirada nas últimas duas décadas. Além disso, tiveram a declividade amenizada a partir da realização sistematização do terreno (Figura 26) a fim de, torná-las agricultáveis.

Figura 26 - Sistematizações na declividade da encosta fortemente onduladas e processos erosivos atuantes.



Fonte: Trabalho de campo (setembro de 2017).

É possível observar na figura 26 que as feições de processos erosivos no local encontram-se vinculadas a retirada da cobertura vegetal natural em áreas com declividades acentuadas superiores a 30%. Isto, representa consequências preocupantes, tendo em vista que, a terra é usada de forma intensiva e sem manejo

adequado para esta área. A finalidade do uso da terra como pode ser visto, é para a prática da agricultura mecanizada, o que degrada e acelera o processo de erosão hídrica.

A declividade aliada ao uso intensificado da terra representa um exemplo da influência destes fatores na concentração de processos erosivos. Tendo em vista que esta área além de ser composta por encostas com alta porcentagem de declividade, também possui a cobertura vegetal removida, entre a base e a meia encosta. Isto favorece o aparecimento de canais de erosão (Figura 27) principalmente em períodos de altas precipitações. Estas características favorecem o aparecimento de erosão principalmente na meia encosta que é o local onde o fluxo de escoamento tende a ganhar velocidade.

Figura 27 - Processos erosivos atuantes na encosta fortemente ondulada.



Fonte: Trabalho de campo (outubro de 2017).

Na porção do Planalto dos Campos Gerais as feições das encostas apresentam menor declividade, e nesta, foram identificados menos pontos de formação de processos erosivos. Além de serem menores em quantidade, também foi possível perceber menor profundidade das feições. Considerando que as áreas de convergência das encostas são mais suaves, além da própria declividade, o fluxo de escoamento superficial também se torna menos intenso (Figura 28).

Figura 28 - Encostas do Planalto dos Campos Gerais.



Fonte: Trabalho de campo (março de 2016).

Neste sentido, observa-se que quanto menor a declividade do terreno menor será a velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente, menos profundas serão as feições dos processos erosivos. Nesta unidade as características das encostas se assemelham entre si e se diferem quando comparadas com a unidade do Planalto Dissecado do Uruguai.

As áreas com percentual de declividade elevado distribuem-se no extremo do Planalto Dissecado do rio Uruguai (Figura 29). Elas representam áreas impróprias para o uso da agricultura mecanizada. Tendo em vista que, o uso intensivo e inadequado aliado ao alto percentual da declividade, representa risco e impactos negativos, a citar a formação de processos erosivos.

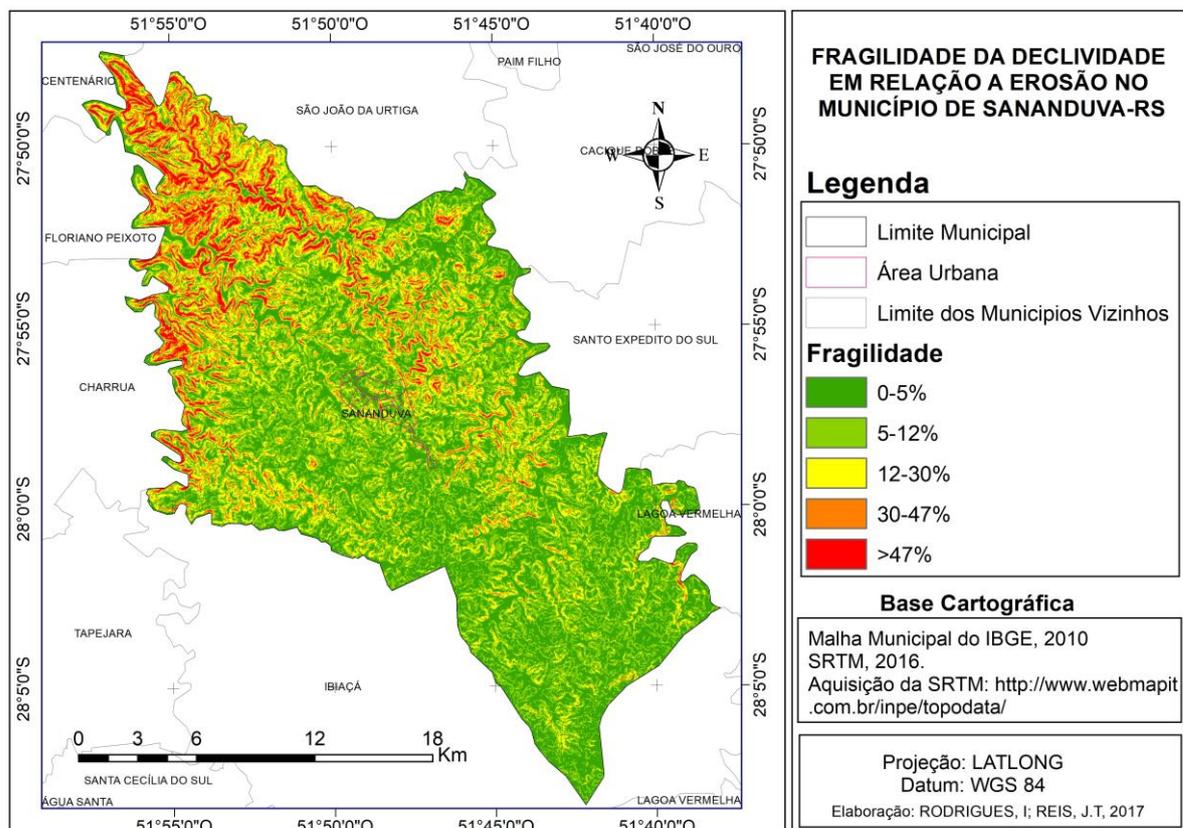
Os processos erosivos na área de estudo se espacializam e se concentram de acordo com as diferentes declividades, sendo que a concentração dos pontos de erosão é observada nas áreas onde as encostas possuem características de declividades íngremes, tendo o fator topográfico como um agente colaborador na formação destas.

#### 5.4 A FRAGILIDADE: DECLIVIDADE, USO E COBERTURA DA TERRA E PROCESSOS EROSIVOS

A declividade das encostas é um dos fatores que influencia na velocidade do escoamento superficial e conseqüentemente na formação de processos erosivos. Neste sentido, o resultado dos mapas de fragilidade de cada variável em estudo, nos mostra as áreas que estão mais sujeitas a ocorrência e aceleração destes processos. A seguir será feita a análise e descrição de cada informação representada no mapa, de acordo com a variável em estudo.

Ao considerar o fator declividade, a fragilidade ficou representada conforme mostra a Figura 29. Assim, percebe-se que as maiores fragilidades a erosão hídrica se encontram distribuídas na porção do Planalto Dissecado do Rio Uruguai, onde as declividades são superiores a 30%, variando as classes de 180 a 255 bytes, que representam as maiores fragilidades.

Figura 29 - Fragilidade da declividade.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017), adaptada SRTM - Topodata/INPE.

No extremo do Planalto Dissecado do Rio Uruguai, onde encontram-se os limites municipais entre São João da Urtiga, Centenário e Floriano Peixoto, encontram-se as áreas com predomínio de maior fragilidade frente a declividade. Isto ocorre devido as encostas serem íngremes e com índice de declividade superior a 47% em algumas áreas. Neste local a paisagem se caracteriza pela presença do conjunto de morros associado a vales dissecados (Figura 30).

Figura 30 - Área com 47% de declividade/maior fragilidade.



Fonte: Trabalho de campo (novembro de 2017).

Nesta porção a fragilidade da declividade é acentuada, pois a presença de morros com altas declividades, condiciona para que a área se torne restrita para determinados tipos de usos. Assim, como mostra a figura 30, nos topos dos morros a cobertura é de vegetação com floresta nativa, tendo em vista que, as altas declividades limitam o uso da terra nestas áreas. A base, até a meia encosta, é usada de forma intensiva pela agricultura. Porém, requerem cuidados principalmente frente ao uso, já que, existem pontos considerados de alta fragilidade.

Nas declividades onde se encontram as percentagens inferiores a 30% a fragilidade torna-se menor, com variação entre as classes de 1 a 180 bytes. A maior parte da área que corresponde ao município está situada em áreas onde a

declividade varia entre 0-5% até 30%, ou seja, no Planalto dos Campos Gerais. As fragilidades quanto ao índice de declividade variam entre 1 a 61 bytes, estes valores correspondem ao índice de declividade que varia entre 0-5% a 30%, representando fragilidade baixa quando considerada somente o fator declividade.

A diferença entre declividade na área de estudo, encontra associadas a gênese de sua formação e também na atuação dos fatores exógenos, a citar o intemperismo ao longo dos anos. Assim, a geomorfologia do local, especialmente as características das encostas são produtos da ação do tempo.

Portanto, as feições atuais das encostas foram moldadas pelo intemperismo, fator este que vai orientar os padrões de drenagem, sendo que a declividade nas encostas é um agente que prepondera aos processos erosivos (Ferreira, 2012). Além disso, o índice de declividade também determina o tipo de uso e cobertura da terra.

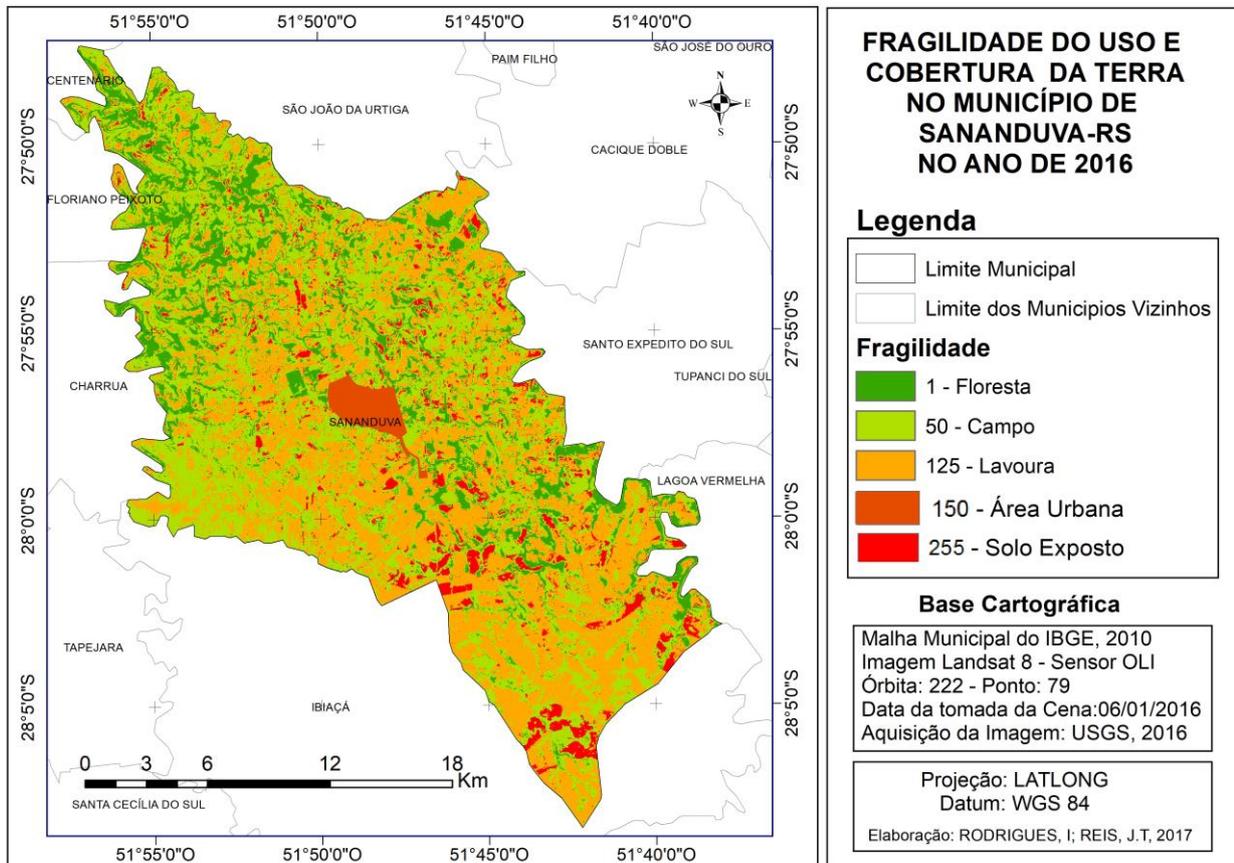
O resultado representativo obtido no mapa da fragilidade do uso da terra mostra as classes de uso com as suas respectivas fragilidades, que correspondem a valores que variam entre 1 a 255 bytes (Figura 31).

O mapa informa que as fragilidades mais altas quanto ao tipo de uso e cobertura da terra está vinculada ao solo exposto. A classe de solos exposto, seguido da classe de área urbana e o uso para lavouras agrícolas são as que representam maior fragilidade, variando de 125 para as lavouras, 150 para área urbana e 255 para solo exposto.

As maiores fragilidades do uso e cobertura da terra encontram-se nas declividades área de abrangência do Planalto dos Campos Gerais, nas declividades entre 12% a 30%. Um dos fatores que justifica o resultado está relacionado ao uso da terra que é predominantemente agrícola, com um número reduzido de floresta nativa.

Como nas áreas de lavoura existem alguns períodos do ano que a terra fica descoberta, aumenta a quantidade de solo exposto e conseqüentemente a fragilidade nesta classe. Esta porção conta com estabelecimentos rurais com extensão superiores a 80 hectares. Nestes estabelecimentos ocorre o desenvolvimento intensivo de culturas anuais de grãos. Fator que possibilita também a predominância de áreas com classes que variam de baixa a média fragilidade.

Figura 31 - Fragilidade ambiental do uso e cobertura da terra.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017), adaptada de Landsat 8.

A presença do solo exposto é identificada em toda a área de estudo. Nesta classificação também foram consideradas as estradas não pavimentadas, que também contribuem para o aumento na distribuição de área considerada como solo exposto. As áreas destinadas a produção agrícola, participam com a quantidade de solo exposto principalmente, em períodos de entressafra, ou naqueles períodos em que, as declividades passam pela sistematização, para proporcionar a entrada da mecanização (Figura 32).

As áreas representadas pelas classes de florestas e campos são as que resultaram em números de valores mais baixos, que correspondem de 1 a 50 bytes. Elas apresentam fragilidade baixa quando comparadas com as áreas de solo exposto, área urbana e lavouras, tendo em vista que, por fazerem parte da cobertura da terra anualmente, tendem a proteger o solo das ações dos agentes externos.

Figura 32 - Solo exposto e sistematizações na declividade da encosta no Planalto dissecado do Rio Uruguai.



Fonte: Trabalho de campo (outubro de 2017).

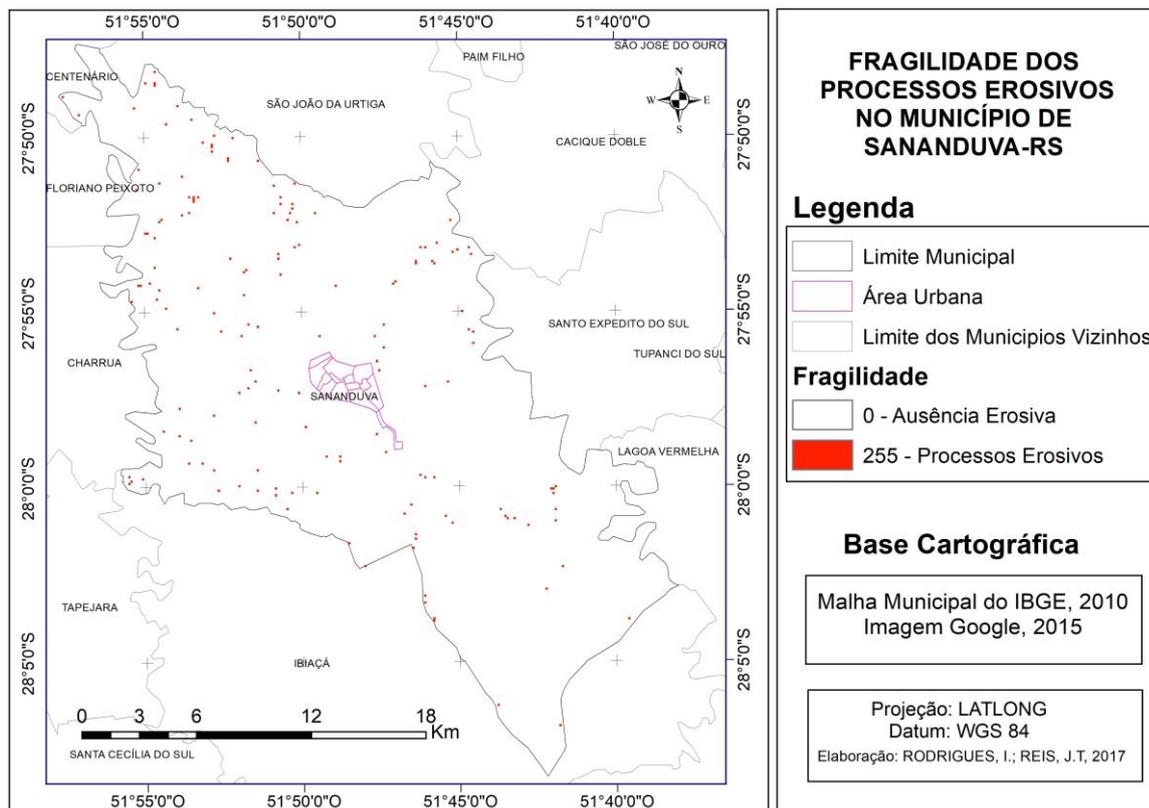
A presença da cobertura, principalmente da vegetação atua como um agente passivo na interceptação das gotas de chuva, porém, poderá favorecer para que ocorra o aumento da erosão hídrica tendo em vista que, as gotas ao se concentrarem e acumularem na folha da vegetação pode ter o seu tamanho e forma aumentada. Sendo assim, a ação das gotas com maior tamanho e forma tende a ser mais impactante na superfície do terreno (MENESES, 2011).

Para diagnosticar as áreas que estão suscetíveis a processos de erosão devem-se levar em consideração os fatores: declividade, presença da vegetação, intervenções antrópicas, estes são fatores que favorecem a presença de escoamento superficial e conseqüentemente a formação à erosão.

A formação de processos erosivos tende a ocorrer de maneira natural, no entanto, a ação antrópica é responsável por acelerar este processo que naturalmente ocorreria de forma mais lenta. A ação do homem sobre os elementos naturais na área de estudo passou a ser intensificada com a modernização da

agricultura. A intensificação do uso da terra se reflete na ampliação da degradação dos elementos naturais, tornando os ambientes ainda mais frágeis frente aos processos erosivos (Figura 33).

Figura 33 - Mapa de Fragilidade dos processos erosivos no Município de Sananduva- RS.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017), adaptada do IBGE (2010).

O mapeamento da espacialização dos processos erosivos e a elaboração do mapa da fragilidade resultaram na identificação das áreas que já possuem formações erosivas em ravinas (figura 33). Estas áreas representam as maiores fragilidades correspondendo ao valor igual a 255 bytes. Observa-se que os processos erosivos se concentram em maior número na porção do Planalto Dissecado do Uruguai. Porém, para aquelas áreas que não foram identificados processos erosivos atuantes em forma de ravinas corresponde ao valor igual a 0.

Nas áreas onde está a maior concentração de pontos que representam a ocorrência da erosão está em fragilidade máxima (250 bytes). Isto demonstra que os

fatores naturais controladores da erosão, tais como a cobertura vegetal e as características das encostas, a citar, as declividades foram alteradas. Para diagnosticar as áreas que estão suscetíveis a processos de erosão devem-se levar em consideração os fatores: declividade, presença da vegetação, intervenções antrópicas, estes são fatores que favorecem a presença de escoamento superficial e consequentemente a formação à erosão.

Observa-se que os processos erosivos se concentram em maior número na porção do Planalto Dissecado do Uruguai. Porém, para aquelas áreas que não foram identificados processos erosivos atuantes em forma de ravinas (valas) corresponde ao valor igual a 0.

A maior concentração de pontos que representam a ocorrência da erosão está em fragilidade máxima (250 bytes). Isto demonstra que os fatores naturais controladores da erosão, tais como a cobertura vegetal e as características das encostas, a citar, as declividades foram alteradas.

Assim, percebe-se que os pontos em que já ocorrem processos erosivos distribuem-se por toda a áreas. A diferença encontra-se na profundidade da feição erosiva atuante. No Planalto dos Campos Gerais a profundidade dos canais são relativamente pequenas, enquanto que na porção do Planalto Dissecado do Uruguai as profundidades dos canais das feições erosivas são na sua maioria profundos.

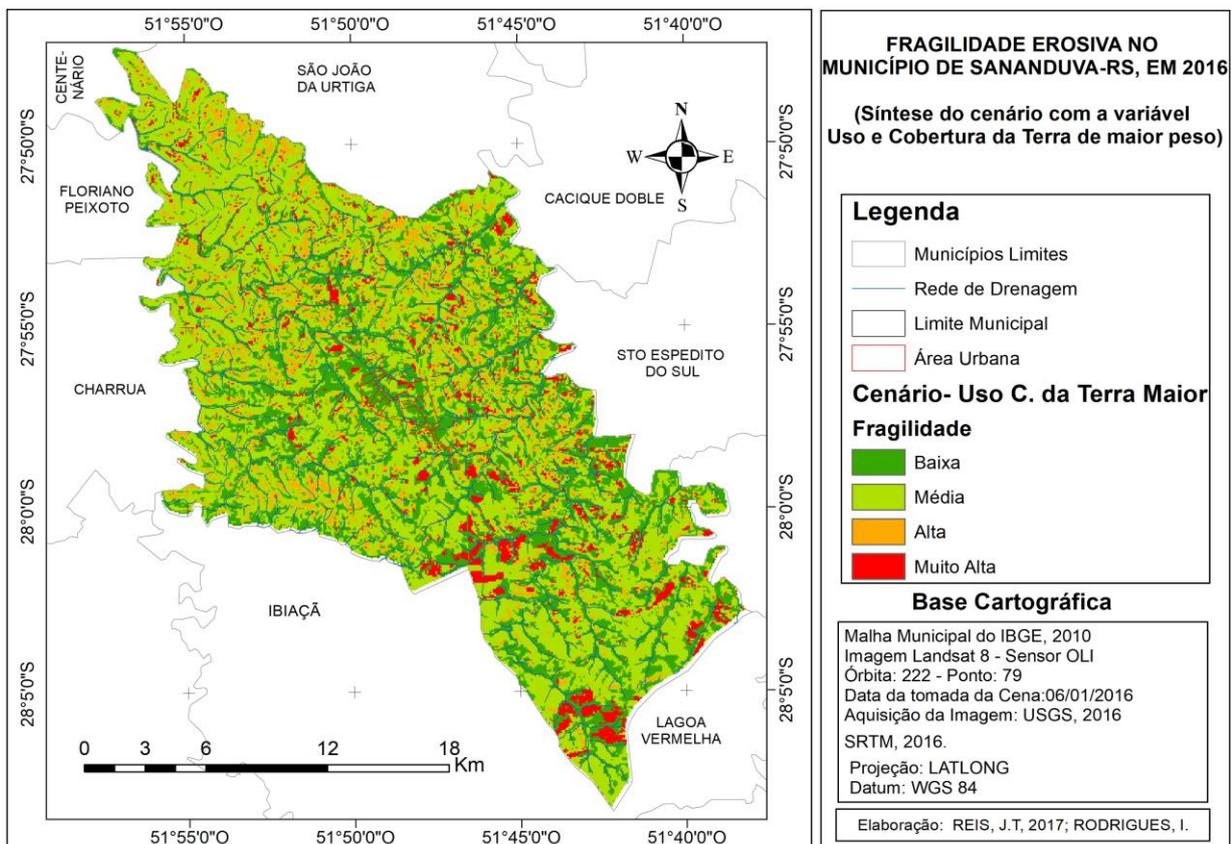
A profundidade destes canais, encontra-se associada a velocidade do escoamento superficial que por sua vez, é determinada pela declividade. Ou seja, quanto mais declivosa for uma encosta, maior será a velocidade de escoamento da água, quando o solo se encontrar em máxima saturação (encharcado). Considerando que a erosão é um processo que ocorre de forma natural, porém, de maneira lenta, pode-se concluir que nas áreas onde a fragilidade é máxima é porque os fatores controladores foram suprimidos e/ou alterados.

## 5.5 AVALIAÇÃO INTEGRADA ENTRE MAPAS DE FRAGILIDADES: PRODUÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS

Avaliação integrada entre os mapas de fragilidade da declividade, o uso da terra e os processos erosivos atuantes, resultaram em diferentes cenários de fragilidades para a área de estudo. Estes cenários foram produzidos a partir da integração entre os mapas de fragilidade do uso da terra, declividade e processos erosivos. Nesta integração, cada variável recebeu pesos iguais e posteriormente pesos diferentes, resultando em mapas sínteses de fragilidade. A seguir serão apresentados os resultados de acordo com cada cenário produzido.

O cenário produzido a partir do mapa de fragilidade ao uso da terra (figura 34), é resultado do cruzamento entre os mapas de fragilidade de cada variável. Para se chegar ao resultado síntese, a variável Fragilidade ao Uso da terra recebeu valor diferenciado (maior), com peso correspondente a 0,50.

Figura 34 - Cenário 1- Fragilidade erosiva/Uso da terra.



Assim, obteve-se resultados de áreas que apresentam diferentes fragilidades e que variam entre as seguintes classes: baixa, média, alta e muito alta (adaptado de Ross, 1994).

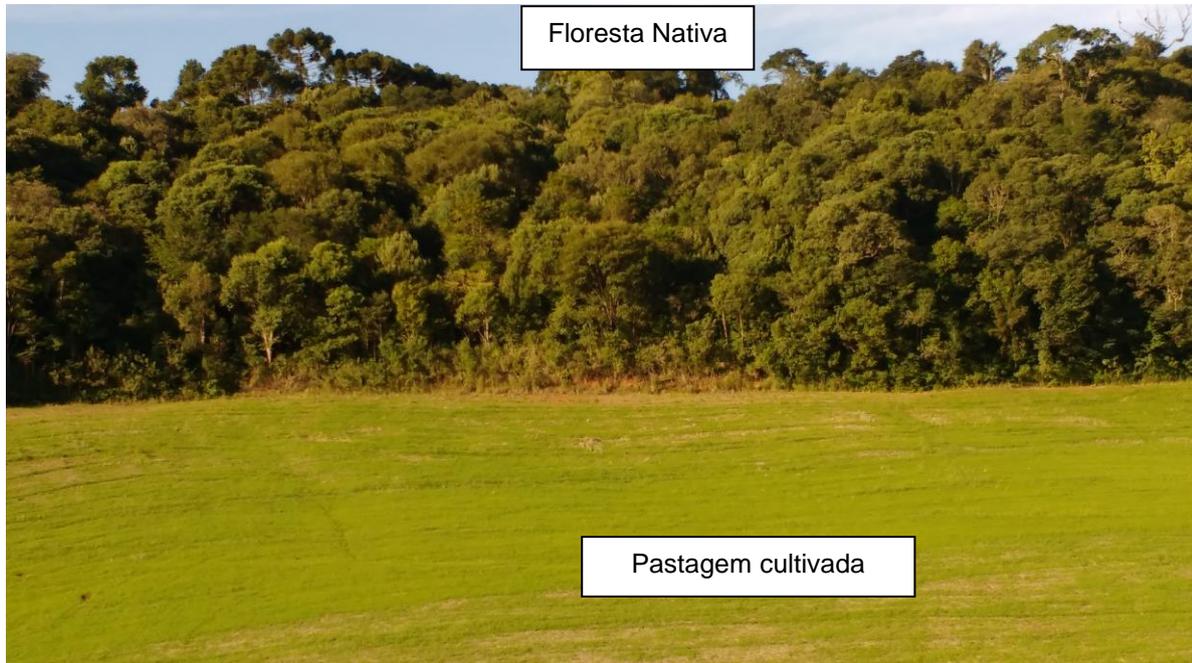
As áreas com as classes que correspondem a baixa e média fragilidade encontram-se distribuídas na maior parte da área de estudo, sendo predominantes. Elas predominam em ambas as porções, tanto no Planalto dos Campos Gerais, quanto no Planalto Dissecado do Rio Uruguai, são locais que possui potencialidade para o uso, tanto agrícola, como pastagens ou florestas. Porém, o uso necessita ser feito de maneira adequada, para não esgotar os recursos naturais. Alguns tipos de uso que podem ser feitos são: a preservação da floresta nativa, pastagens, agricultura com rotação de cultura e sistema de pousio. Este tipo de uso evitaria a formação/aceleração de processos erosivos.

As classes alta e muito alta se encontram em toda a área de estudo. Existem algumas manchas que indicam muito alta fragilidade para a área do Planalto dos Campos Gerais se estendendo para o Planalto Dissecado do Uruguai. Nesta área as manchas de alta fragilidade estão vinculadas ao uso intensivo por lavouras mecanizadas e pastagens cultivadas. Assim, a terra está com a maior parte das áreas cobertas anualmente, porém como predominam áreas com lavouras, o uso da terra é intensivo, o que justifica o aparecimento de manchas de alta fragilidade para o local.

A importância da cobertura vegetal para a terra é mencionada por Ross (2011), o mesmo ressalta que os tipos de cobertura determinam os graus de proteção. O autor define que, as florestas e matas naturais atuam com alta proteção, enquanto que as pastagens cultivadas sem ou com baixo pisoteio do gado, atuam como média proteção.

Na área de estudo, ficou comprovada através dos mapas e trabalho de campo que, onde existem florestas nativas a fragilidade a erosão é baixa, pois a vegetação impede que a água proveniente da precipitação caia diretamente sobre o solo, retardando a saturação do mesmo e conseqüentemente a formação de processos erosivos. Assim, quando há maior concentração de cobertura, principalmente de floresta nativa e campo nativo, a tendência é que a área se torne menos frágil a erosão hídrica (figura 35). Pois, a cobertura vegetal atua na proteção da terra, evitando a formação ou aceleração dos processos erosivos.

Figura 35 - Cobertura vegetal interceptadora da ação da chuva.



Fonte: Trabalho de campo (maio de 2017).

Por outro lado, as pastagens cultivadas, ainda que com menor porte, também atuam na proteção a erosão. As áreas de pastagens que cobrem a terra também impedem a ação direta da chuva sobre a mesma. Porém, se há presença de rebanho de animais, estes através do pisoteio intensificarão a formação de processos erosivos, este é o caso do Planalto dos Campos Gerais. Por isso, os usos da terra com pastagens cultivadas são classificados por Ross (2013) como média fragilidade e, no caso da área de estudo, classificam-se como baixa fragilidade, pois a presença do rebanho bovino é restrita.

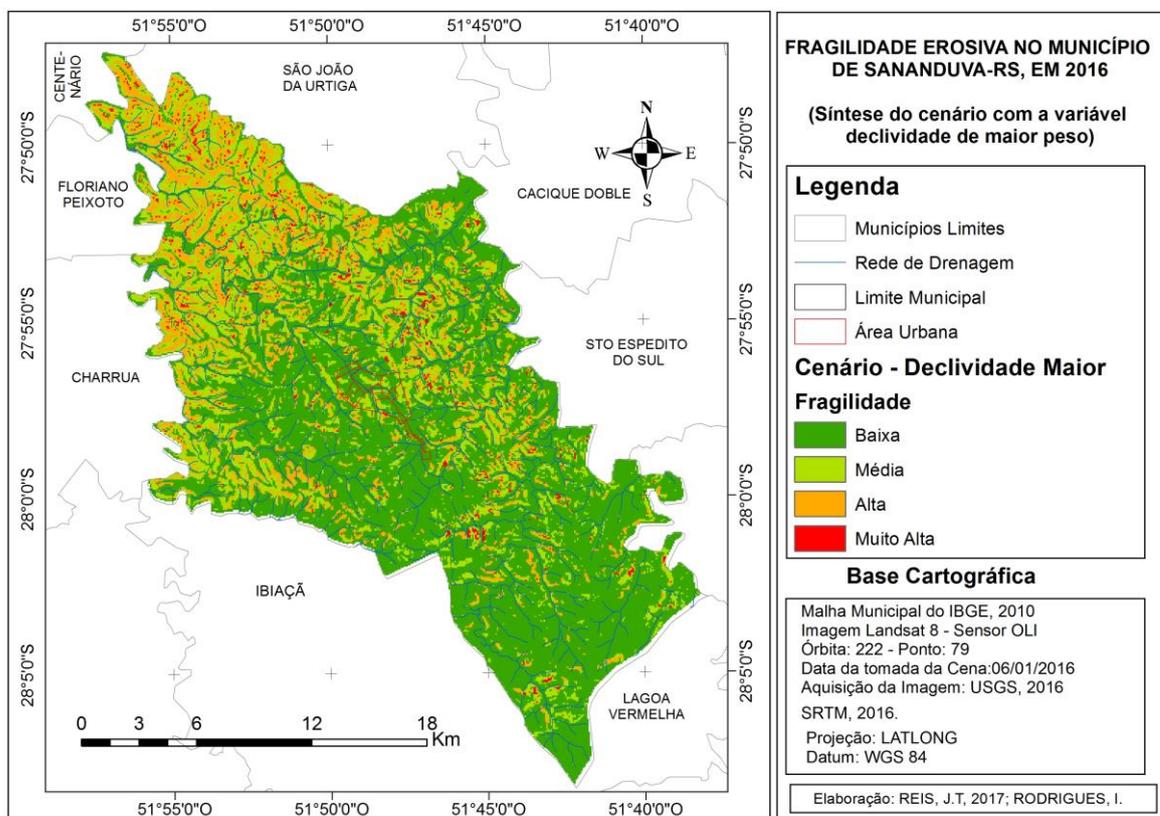
A fragilidade classificada como média, alta e muito alta é um indicativo de que a terra está sendo usada de maneira intensiva e requer cuidados. A classe que apresenta muito alta fragilidade frente ao uso da terra abrange aquelas áreas onde o solo encontra-se exposto e onde existem lavouras agrícolas. Nesta classe, estão incluídos principalmente os terrenos que estão sendo adaptados para a entrada da mecanização, a partir da construção cortes parciais e de terraceamentos, também aquelas áreas onde os processos erosivos já existem.

Os impactos destas modificações através da construção de sistematizações no terreno e retirada da vegetação natural da base à meia encosta, resultaram no

aparecimento de processos erosivos, que se espacializam em quantidade diferenciada. Nesta classificação entram também áreas de lavoura temporária, que já foram feitas a colheita do milho. Neste caso, Ross (2013), menciona que áreas com estas características de uso apresentam grau de proteção que variam de baixa a muito baixa. Sendo assim, a fragilidade a formação de processos erosivos irá variar de média para muito alta. Isto dependerá também do fator declividade, que possui influência importante na fragilidade dos ambientes.

A fragilidade da declividade está representada na Figura 36, a qual indica as classes de fragilidade da declividade. Para a elaboração deste mapa, foi utilizado o peso maior para a variável denominada fragilidade a declividade. Assim, obteve-se o seguinte resultado: a porção representada pela unidade de relevo Planalto dos Campos Gerais, possui a fragilidade da declividade predominante baixa, apresentando algumas manchas de média fragilidade.

Figura 36 - Cenário 2- Fragilidade da declividade.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017).

A predominância da baixa fragilidade é consequência de a área possuir encostas com terrenos que tem terrenos suavemente ondulado para ondulado (Figura 37). Assim, existem áreas com poucas encostas íngremes, ou seja, com alta declividade.

Figura 37 - Declividade predominante no Planalto dos Campos Gerais.



Fonte: Trabalho de campo (outubro de 2016).

As fragilidades que variam entre as classes alta e muito alta estão concentradas na parte extrema do Planalto Dissecado do Rio Uruguai. Neste local encontram-se áreas que incluem as declividades mais elevadas, com a presença dos morros e fundo de vales. Estas características determinam e justificam estas classes de declividades, e também nos levam a compreender que ali estão concentradas as áreas que necessitam de maior atenção, principalmente frente ao tipo de uso que está ou será feito. Assim, a declividade das encostas é um dos fatores que participa ativamente na aceleração dos processos erosivos. Pois, na área de estudo a maior concentração de “valas” ocasionadas pelo escoamento da

água das chuvas, foi identificado onde as encostas são íngremes, especialmente da meia encosta em direção à base (Figura 38).

Figura 38 - Declividade e processos erosivos atuantes no Planalto Dissecado do Rio Uruguai, Sananduva-RS.



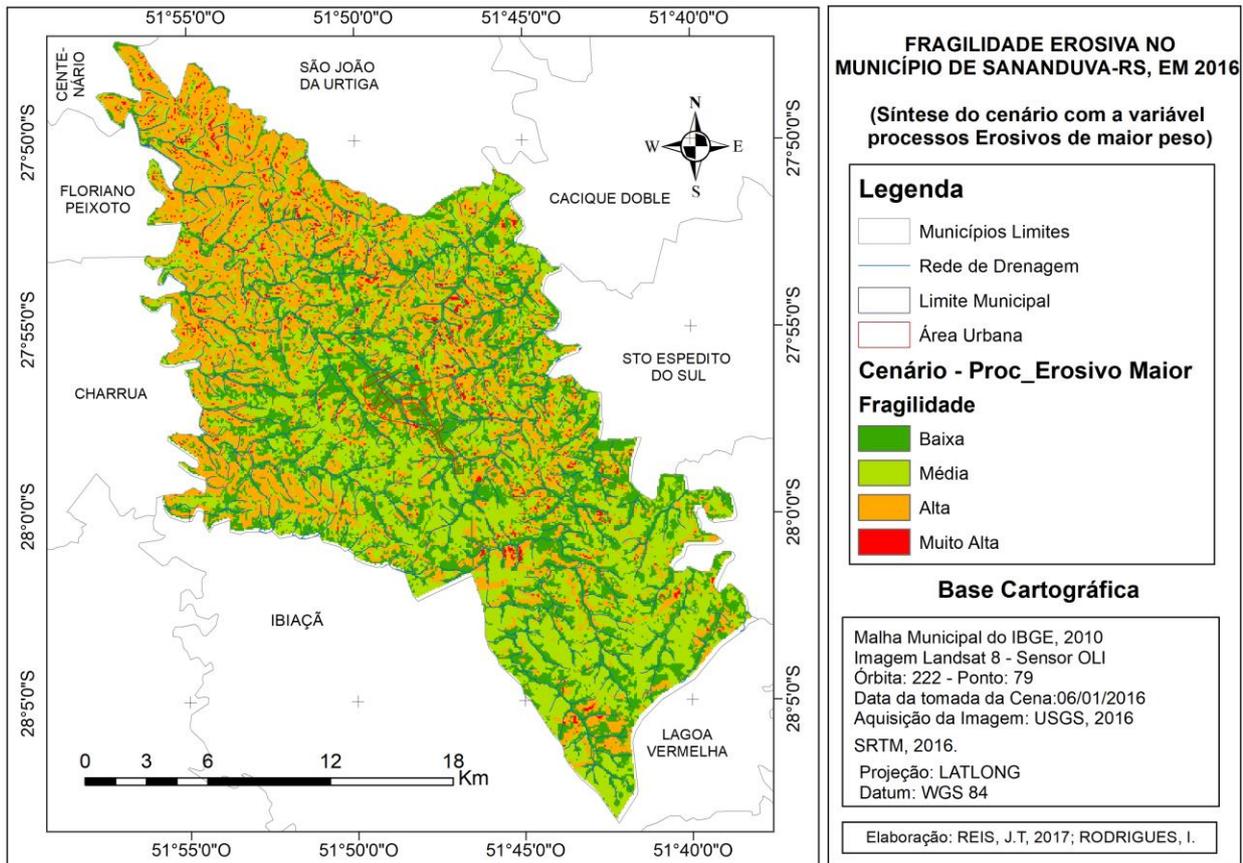
Fonte: Trabalho de campo (fevereiro de 2016).

Quanto mais íngreme a encosta for, maior será a capacidade de velocidade do escoamento superficial da água quando o solo está saturado (MENESES, 2011). Nesta área a declividade tende a acelerar a formação da erosão, principalmente se não houver cobertura vegetal presente. Tendo em vista que, a declividade tem estreita relação com o uso da terra e os processos erosivos (GURGEL, 2011).

O cenário a seguir foi produzido a partir da espacialização dos processos erosivos. Desta vez, a fragilidade dos processos erosivos foi a variável que recebeu maior peso e, resultou no produto cartográfico que demonstrou as áreas onde se concentram a maior fragilidade a processos erosivos. Este produto é proveniente da integração entre os mapas de fragilidade a processos erosivos, fragilidade do uso da terra e fragilidade da declividade. Neste cenário, a integração resultou nas classes que variam de baixa a muito alta (Figura 39).

Nota-se que neste cenário, a fragilidade com classe baixa está concentrada nos limites entre os municípios Ibiaçá, Santo Expedito do Sul, Caciقة Doble e Lagoa Vermelha. Nestes limites concentram-se os terrenos com declividades mais baixas e são áreas de planícies aluviais.

Figura 39 - Cenário 3- Fragilidade dos processos erosivos.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017).

As áreas definidas com classes baixa e média fragilidade, encontram-se nas áreas onde não foram identificados canais de processos erosivos. Estas áreas estão situadas na porção dos Planaltos Campos Gerais. São áreas com pouca presença de erosão em canais.

A fragilidade que varia de alta para muito alta estão concentradas na unidade Planalto Dissecado do Uruguai. Nesta área foram visualizados a maior quantidade de marcas de erosão. A consequência desta quantidade é resultado de a declividade das encostas serem mais altas, variando de 30 a 47% e também em virtude do tipo

de uso da terra. Estes fatores favorecem o aparecimento de processos erosivos, com tendência a ser a parte mais frágil da área de estudo. As altas fragilidades a processos erosivos se distribuem por toda a área de estudo, sendo que a maior concentração está na parte extrema do Planalto Dissecado do Uruguai. Estas áreas são aquelas que já tem os processos erosivos atuando, portanto requerem cuidados para evitar a aceleração ou formação de novas feições.

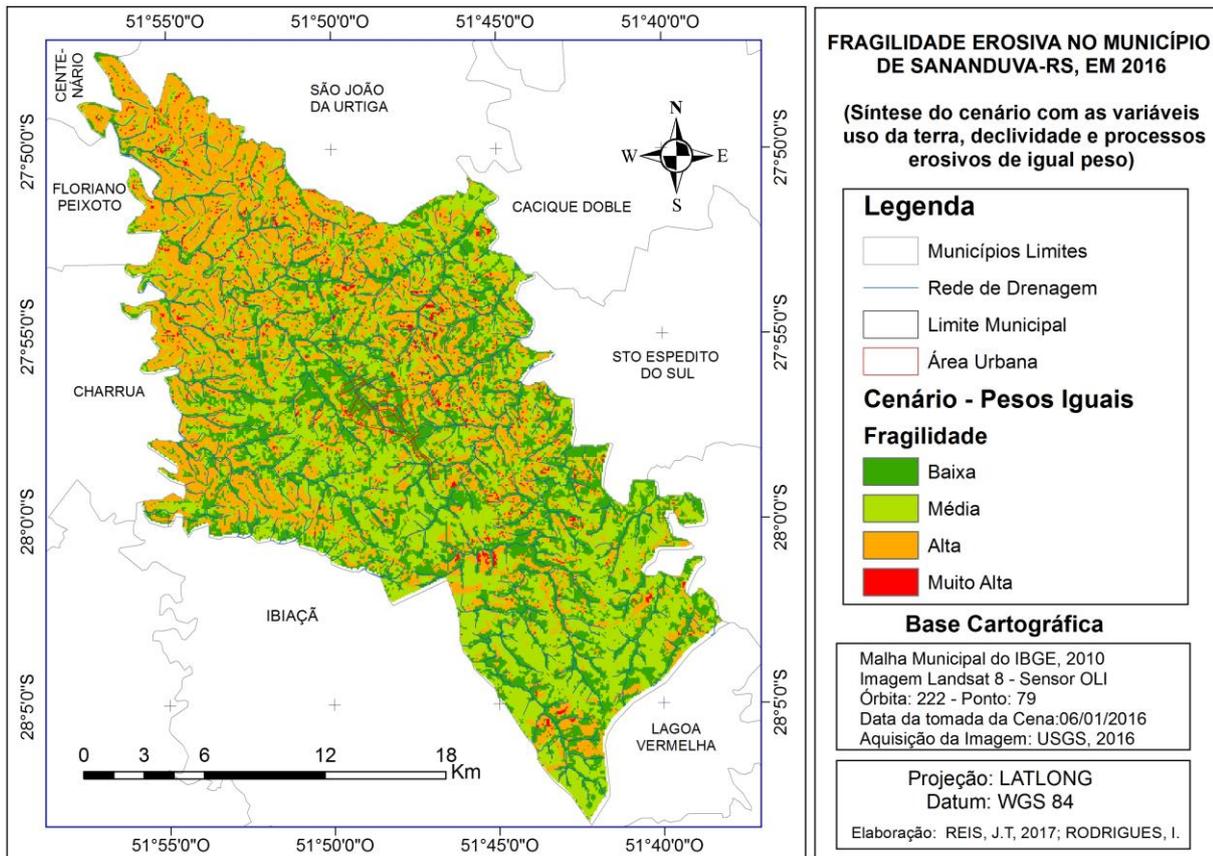
O produto final foi a elaboração do cenário da fragilidade ambiental a erosão hídrica no município de Sananduva- RS. A elaboração deste cenário consistiu na integração entre os mapas de fragilidade, no qual todas as variáveis receberam pesos iguais (0,33). Assim, o cenário resultou em classes de fragilidade que variam de baixa a muito alta (Figura 40), sendo compatíveis com os resultados mostrados nos cenários anteriores. Este cenário apresentou maior veracidade da realidade atual, a qual foi comprovada a partir do trabalho de campo.

Ao atribuir pesos iguais a fragilidade da declividade, fragilidade do uso da terra e fragilidade dos processos erosivos, considerou-se que todas as variáveis em estudo possuíssem o mesmo grau de importância na formação de processos erosivos. O resultado obtido neste cenário confirma a hipótese inicial que consistiu na ideia de que a declividade e o uso da terra eram fatores importantes na formação de processos erosivos.

De acordo com as informações obtidas neste cenário, verificou-se que a fragilidade aos processos erosivos está concentrada na área do Planalto Dissecado do Uruguai, que representa áreas que predominam alta e muito alta fragilidade. Enquanto que, as áreas correspondentes ao Planalto dos Campos Gerais concentram-se e predominam classes de fragilidade que variam de baixa para média com algumas áreas onde a fragilidade é média. Esta unidade possui áreas caracterizadas pelo predomínio de encostas suaves a onduladas. As encostas, por apresentarem declividades amenas, pouco contribui para que as águas das precipitações escoem com intensa velocidade.

Outro fator importante que também contribui para esta classificação está relacionado ao uso da terra. Como nesta área o uso e cobertura da terra é por floresta nativa (capões de mato), mata ciliar e lavouras com cultivo agrícola. Desta maneira, a terra fica coberta praticamente o ano todo. Em determinados períodos é coberto por culturas agrícolas (safra), em outros é coberto por pastagens cultivadas (período entre safras). Fatores estes que tendem a diminuir a fragilidade no local.

Figura 40 - Mapa da Fragilidade a erosão hídrica/Pesos iguais.



Fonte: Rodrigues e Reis (2017).

Por ser um local que apresenta boas condições em relação ao uso para o cultivo agrícola é intenso, pois permite a fácil entrada da mecanização, sem haver necessidade de fazer sistematizações ou adaptações com terraceamentos nas encostas. A cobertura da terra aliada as características e as condições topográficas justificam o resultado da variação entre baixa média fragilidade deste local.

O Planalto Dissecado pelo Uruguai, formado por rochas basálticas, compreende a parte que abrange encostas íngremes, com altas declividades, associadas com fundo de vales dissecados (Figura 41). Estas características associadas ao uso da terra, classificam o local com fragilidade que varia de alta para muito alta fragilidade a erosão hídrica.

Como as encostas apresentam declividades acentuadas no topo ou próximo a este a cobertura é de floresta nativa. Isto ocorre em virtude de o terreno não apresentar condições para outros tipos de usos. Porém, da meia encosta em direção a base a terra é usada especificamente para fins agrícola alternada com a criação

de gado leiteiro. Como a declividade é um fator que limita o uso da terra nesta parte, ao longo das décadas, agricultores vem realizando adaptações nos terrenos. Estas sistematizações que ocorrem por meio de cortes e aterros objetivam entrada da mecanização e o aumento da área de lavoura temporária. Assim, a declividade se torna menor propiciando a intensificação do uso da terra.

Figura 41 - Encostas do Planalto Dissecado do Rio Uruguai.

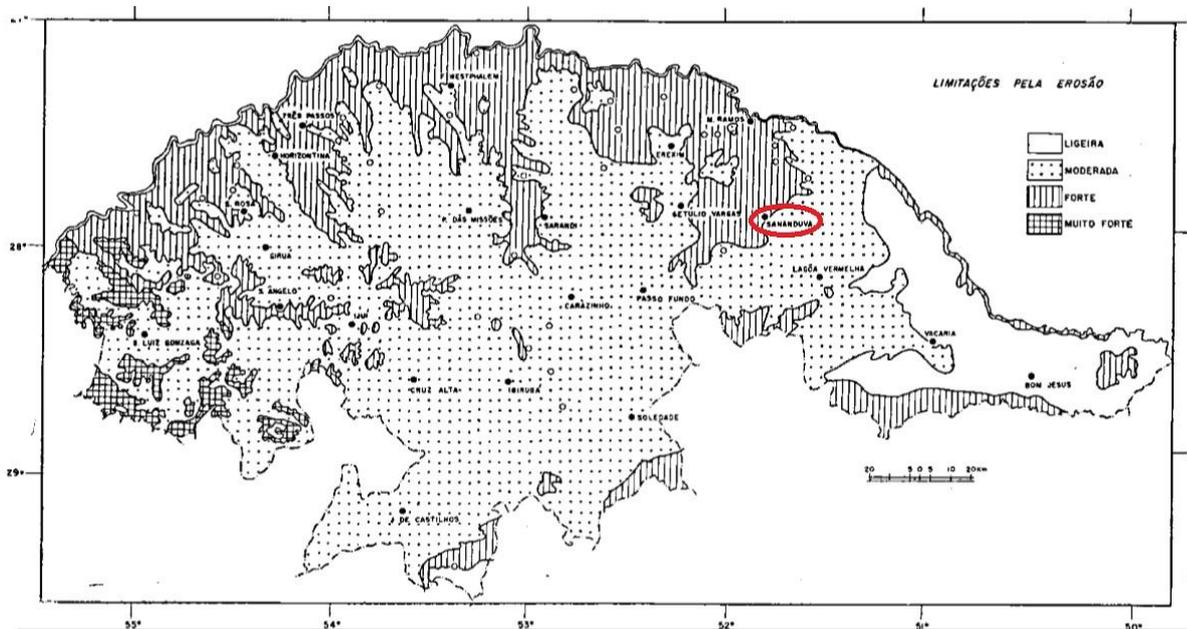


Fonte: Trabalho de campo (janeiro e maio de 2017).

Assim, as áreas de maior fragilidade a erosão hídrica concentram-se no Planalto Dissecado do Rio Uruguai, o qual apresenta maior índice de declividade e maior concentração de processos erosivos já formados. Além disso, o uso intensivo e inadequado entre a base e meia encosta favorecem para que estas áreas sejam as mais frágeis no município.

As informações trazidas no resultado do mapeamento atual são compatíveis com os resultados apresentados no mapa confeccionado Ministério da agricultura (1967), onde já destacava o grau fragilidade a erosão no município (Figura 42).

Figura 42 - Limitações pela erosão no Município de Sananduva-RS.



Fonte: EMBRAPA, 1962. P.83

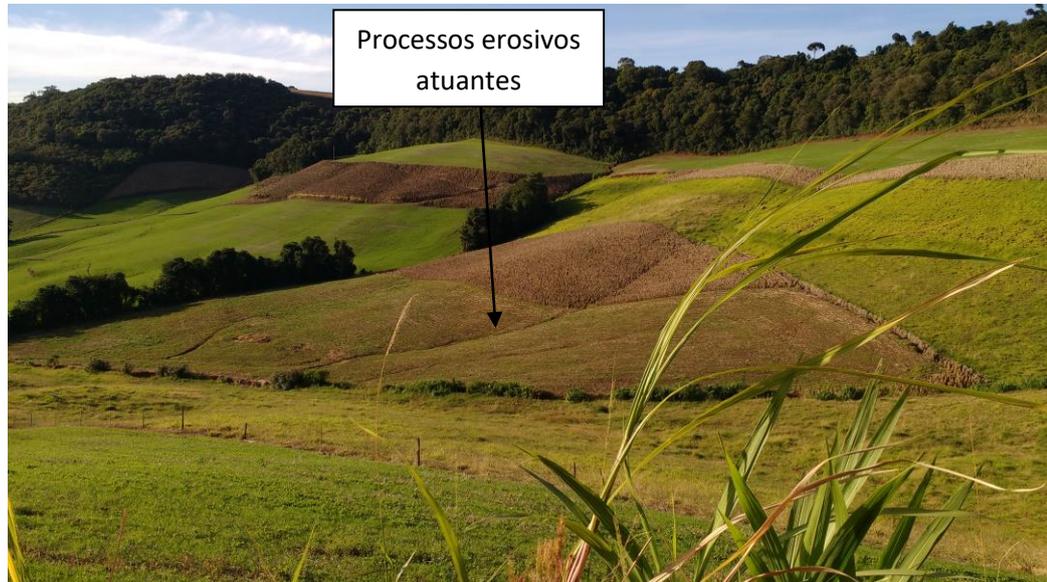
De acordo com a classificação proposta na figura anterior, a área de estudo encontra-se na transição entre as classes de moderada a forte. As áreas consideradas como moderadas são aquelas pertencentes a unidade geomorfológica do planalto dos campos gerais. Enquanto que as áreas que correspondem ao Planalto Dissecado do Rio Uruguai encontram-se na classificação de forte. Para esta classificação foi utilizado o parâmetro do declive das encostas frente ao uso da terra para fins agrícolas (EMBRAPA, 1962).

A formação de processos erosivos (Figura 43) é resultado da falta de aplicação de um manejo correto no uso da terra. Neste sentido, o uso da terra pela agricultura, aliado a declividade das encostas tem, nas últimas décadas acelerado a formação de processos erosivos, deixando o ambiente frágil a ação da chuva e consequentemente a formação de “valas”, que representam formas de processos erosivos.

Com base nas características apresentadas nas imagens e nos mapas de declividade, uso da terra e processos erosivos e suas fragilidades, é possível compreender que a paisagem terrestre é composta de elementos naturais e antrópicos que se assemelham e se diferem. Aqui pode ser citada como exemplo, as

características topográficas das encostas, suas declividades e o uso e cobertura da terra, as quais são elementos integradores da paisagem.

Figura 43 - Processos erosivos atuantes.



Fonte: Trabalho de campo (fevereiro de 2017).

A alteração em pelo menos um dos elementos da paisagem, acarreta na alteração do conjunto dos demais elementos, tendo em vista que estes atuam de maneira integrada. A ação conjunta dos elementos naturais possibilita o bom funcionamento do ecossistema presente na área de estudo. O homem ao intervir e alterar um destes elementos torna a área frágil à ocorrência de alguns problemas ambientais, neste caso, acelera a formação de processos erosivos.

O estudo da fragilidade a erosão foi produto da análise integrada dos elementos naturais que constituem a paisagem, portanto, permitiu reconhecer as áreas que estão fragilizadas, bem como aquelas que estão sujeitas a mudanças. Os parâmetros usados nesta pesquisa bem como a utilização do modelo proposto por Reis (2012) foram eficazes para atender os objetivos e alcançar os resultados na área de estudo. Por meio deste levantamento de dados e resultados alcançados é possível planejar ações para evitar que as áreas que apresentaram baixa fragilidade mudem de classe. Pensar ações para aquelas áreas que apresentam média fragilidade e, intervir nas áreas com alta fragilidade.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender a fragilidade ambiental das áreas, especialmente a rural é de extrema importância. Assim, é possível ter conhecimento prévio dos elementos que compõe o cenário da paisagem, bem como as alterações que estes sofreram ao longo das décadas, tornando-os fragilizados. Neste sentido, a metodologia aplicada, a qual foi adaptada nesta pesquisa foi eficaz no atendimento dos objetivos propostos. A área de estudo passou a contar com informações relevantes sobre o meio natural e antrópico. Estas informações estão relacionadas a declividade das encostas, o uso da terra, os processos erosivos atuantes e a principal informação que está vinculada a fragilidade a erosão hídrica no município.

O trabalho de mapeamento consistiu no levantamento de dados e a utilização de softwares que permitiram a elaboração dos produtos almejados nos objetivos desta pesquisa. Além disso, o campo foi uma alternativa para colaborar com o mapeamento, pois através dele as dúvidas foram sanadas e obteve-se a comprovação das áreas onde está concentrada a maior quantidade de processos erosivos, bem como as áreas mais frágeis.

A fragilidade ambiental a erosão hídrica é consequência da intensificação do uso da terra e das declividades das encostas. Estes fatores condicionam e aceleram a aparição de processos erosivos, que foram identificados com facilidade nas imagens de alta resolução do *GOOGLE EARTH PRO*, especificamente nas áreas que apresentam altas declividades e uso inadequado da terra.

Na área de estudo, as classes de uso da terra se distribuem de acordo com a declividade do terreno, onde nas menores declividades a presença da floresta nativa e mata ciliar é restrita. Enquanto que as lavouras temporárias ganham destaque, tendo em vista que estes locais apresentam condições para o desenvolvimento da agropecuária. As extensões dos estabelecimentos rurais são de médio a grande porte, compreendendo uma faixa que varia entre 50 a 200 hectares por estabelecimento rural. Os maiores encontram-se nas áreas com declividades menores, especificamente na porção classificada como Planalto dos Campos Gerais.

A unidade do Planalto dos Campos Gerais, possui as encostas com baixas e médias declividades, os solos caracterizados por serem bem desenvolvidos (Latosolos) e a cobertura da terra é composta pela vegetação natural e

agricultura. O solo está durante a maior parte do ano coberto ou com a vegetação natural ou então com produtos agrícolas e pastagens cultivadas. Assim, a fragilidade a erosão hídrica se torna baixa na maior parte da área.

O Planalto dissecado do Rio Uruguai é composto por maiores declividades, justamente por que é a parte que possui a maior quantidade de encostas íngremes. Nesta área os solos são classificados como Latossolos e são utilizados para fins agrícolas. As áreas mais exploradas encontram-se entre a base e meia encosta, enquanto que em direção ao topo estão as áreas de florestas nativas. Nesta parte do planalto, a fragilidade ambiental a erosão é de média a alta, com predomínio de média fragilidade a erosão hídrica.

## REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do parque estadual do Morro do Diabo, e entorno, Teodoro Sampaio/ SP. **GeoUsp- Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 26, p.59-78, 2009.
- ARGENTO, M. S. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 365-391.
- ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.
- BISPO, P. da C. **Dados Geomorfométricos como subsídio ao mapeamento da vegetação**. Dissertação de mestrado do Curso de pós-graduação em Sensoriamento remoto. Ministério da Ciência e tecnologia/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos/SP, 2007.
- BRANCO, P. de M. A procedência dos primeiros moradores de Sananduva. In: **Raízes de Sananduva**. Porto Alegre, 2004. p. 46-52.
- BURIOL, A.; KUINCHNER, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática e Thornthwaitede. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, S. Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001. Acesso <<http://sites.unifra.br/Portals/36/tecnologicas/2001/clima.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2017.
- CASTANHO, R. B.; TEODORO, M. A. O uso das geotecnologias no estudo do espaço agropecuário. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research** Médiun, v. 1, p.136-153, 2010.
- CASTRO, L. G. **Erosão hídrica relacionada à rugosidade superficial do solo na ausência e na presença de cobertura por resíduos de aveia**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia das paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

DAL MORO, B. Minha história na trama histórica de Sananduva. In: DAL MORO, B. **Raízes de Sananduva**. Porto Alegre, 2004, p. 78- 89.

DALSÓGLIO, S.; LOVATTO, M. Sananduva- o passado no presente. In: DAL MORO, B. **Raízes de Sananduva**. Porto Alegre, 2004, p. 54-55.

DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: Confecção e utilização. In: **Geomorfologia, notas prévias e primeiros estudos**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1970.

DE BIASI, M. A Carta clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia- USP. Vol.06, 1992. Disponível em : <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47110/50831> . Acessado em 09/12/2017.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade Humana**. São Paulo: Gaia, 2002.

Estação Meteorológica- Sananduva. AGROPAL, 2016.

FAGUNDES, M. B. **A influência dos ENOS no cultivo de soja no oeste do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Graduação (Graduação em Geografia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FERREIRA, K. T. dos R. **O uso e aplicação de imagens e ferramentas do Google Earth no geoprocessamento: Estudo de caso das erosões no campo de instrução do município de Formosa- GO**. Monografia (Graduação em Geografia)– Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Disponível em:<<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

GOOGLE EARTH PRO. **Interface do Usuário**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. Erosão dos solos e movimentos de massa- recuperação de áreas degradadas com técnica de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C.(Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, A. T. **Ravinas processo de Formação e Desenvolvimento**. Laboratório de Geomorfologia Experimental e Erosão dos Solos (LAGESOLOS), Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Anuário do Instituto de Geociências, v. 20, p. 09-26, 1997.

GURGEL, R. S. **Análise ambiental do uso da terra e dos processos erosivo do município de Riachão das Neves (BA)**. Dissertação (Mestrado em Geografia)– Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

HAMANDA, Emília; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle. **Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas Municipais**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 08 jan. de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de uso da terra**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais Manuais Técnicos em Geociência, n. 7, 3 ed, Rio de Janeiro, 2013.

JORGE, M. da S. **Análise do uso e ocupação da terra na microbacia hidrográfica arroio Miranda, Passo Fundo- RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

KAWAKUBO, F. S. et. al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando o geoprocessamento. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

LENSEN, R. E. **Relação entre erosão e declividade e as consequências erosivas na área do morro Cerrito em Santa Maria- RS**. Monografia (Especialização em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, p. 1-15, 1971.

LOUREIRO, H. A. S.; FERREIRA, S. M. O papel das geotecnologias no estudo de feições erosivas e de movimento de massa no Brasil. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M; do C. (Orgs.). **Processos Erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MAGALHÃES, R. A. Erosão: Definições, tipos e formas de controle. Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO: CEMIG, 2001.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista: RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p.83-91, 2004.

MENESES, B. M. do C. S. **Erosão Hídrica de Solos Caso de Estudo do Concelho de Tarouca**. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território)–Universidade de Nova Lisboa., 2011.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Laboratório de ecologia de paisagens e conservação- LPEaC. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências da USP, 2008.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME.  
**Agricultura Familiar**. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/falemds/perguntas-frequentes/bolsa-familia/programas-complementares/beneficiario/agricultura-familiar>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Primeira etapa- Planalto Rio-Grandense. Divisão pedológica e fertilidade do solo**. Pesq. Agropec. Bras.1962. Disponível em : [seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/17891/11990](http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/17891/11990) . Acessado em 24-11-2017.

MOREIRA, L. G. **Análise da fragilidade ambiental no município de Cambará do Sul- RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PALMERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

PEREIRA, RONALDO GAMA. A produção agrícola e o processo erosivo nas encostas da Serra de Parintins na Comunidade de São Paulo. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo/SP: Universidade de São Paulo, 2005.

POZZO, R. R.; VIDAL, L. M. O conceito geográfico de paisagem e as representações sobre as ilha de Santa Catarina feita por viajantes dos séculos XVIII e XIX. **Revista Discente Expressões Geográficas**, Florianópolis, n. 6, ano VI, p. 111-131, junho de 2010. Disponível em: <<http://www.geograficas.cfh.ufsc.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

PORTO, Claudio G. **Intemperismo em Regiões Tropicais**. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 25-57.

REIS, J. T. **Análise da fragilidade ambiental em bacia hidrográfica urbana para subsidiar uma avaliação ambiental integrada**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p.81-90, 2005.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 6 ed. São Paulo: Editora da USP, 2011.

ROSS, J. L. S. Recursos naturais, sistemas naturais e fragilidade ambiental. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 316- 323.

RODRIGUES et.al. **Análise da transformação da paisagem na vertente Oeste do Alto Curso do Arroio Guabiroba/ Sananduva-RS, de 1996 a 2015**. Revista Ciência e Natura, Santa Maria v.38 n.3, 2016, Set.- Dez. p. 1276 – 1284. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. do V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 1, 2016.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Editora da USP, 2002.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: Fundamentos teórico e metodológico da geografia**. São Paulo: Hucitec, 1988.

SANTOS, Jader de Oliveira. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. Revista Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015. ISSN 1984-2201 © 2002, Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n2/1984-2201-mercator-14-02-0075.pdf> . Acessado em 25/01/2018.

Schiavo et al. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria - RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 464–474. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN : 22361170. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19981> . Acessado em 25/01/2018.

SAQUET, Marcos A. **Por uma Geografia das territorialidades e temporalidades: Uma concepção multidimensional voltada para a cooperação e para o desenvolvimento territorial**. 1. Ed.- São Paulo: Outras Expressões, 2011.

SCHNEIDER, S.; WALQUIL, P. D. Desenvolvimento agrário e desigualdades regionais do Rio Grande do Sul: Uma caracterização socioeconômica a partir dos municípios. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A (Orgs.). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre. Editora da UFRGS, 2004, p. 127-145.

SCHNEIDER, M. O. **Análise das Fragilidades Ambientais da bacia hidrográfica do arroio Lami, município de Porto Alegre e Viamão- RS**. Trabalho de Conclusão

de Curso (Graduação em Geografia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <[www.sema.rs.gov.br](http://www.sema.rs.gov.br)>. Acesso em: 16 mai. 2015.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO DO RIO GRANDE DO SUL **Atlas Socioeconômico do Rio Grande Do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/busca.asp>>. Acesso em: 22 out. 2014.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. de S. **Sistema de Informações Geográficas: Iniciando no ARCGIS**. Centro Universitário de Belo Horizonte UniBH – Curso de Geografia e Análise Ambiental – 2010. Disponível em: <<https://unibhgeografia.files.wordpress.com/2011/04/apostila-arccgis-prof-patricia.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

SILVA, J. X. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 393-414.

SILVA, et.al. Max Gonçalves dos Santos. **Análise evolutiva dos processos erosivos acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia**. Revista Monografias Ambientais. Santa Maria, v. 14, n. 2, mai-ago. 2015, p. 38-48 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361308

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010universo.asp?o=7&i=P>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GeoUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de campo em geografia. **GEOgraphia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 7, p. 64-68, 2002: Disponível em: <<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/issue/view/8/showToc>> . Acesso em: 25 out. 2016.

SUERTEGARAY, D. M. A.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A (Orgs.). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004, p. 11-26.

SUERTEGARAY, D.; GUASSELLI, L. A. Paisagens (imagens e representações) do Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A

(Orgs.). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004, p. 27-38.

TAMANINI, MAS. Diagnóstico físico-ambiental para a determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo curso do Rio Passaúna em Araucária [dissertation] Curitiba: Universidade federal do Paraná/UFPR;2008.118p.

TRENTIN, G.; FILHO, W. P.; TRENTIN, A. B. A relação entre o uso da terra e as características de declividade em Severiano de Almeida/RS-Brasil. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Geografiasocioeconomica/Geografiaagrar/05.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso: 12 nov. 2016.

TROLL, C. **A paisagem geográfica e sua investigação**. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/article/view/6770>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

TUNDISI, J. G et al. Gestão das Águas. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, São Paulo, ano 55, n. 4, out-dez, 2003.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Explorer**. Disponível em: <<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://earthexplorer.usgs.gov/&prev=search>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Mapas, imagens e publicações**. Disponível em: <<http://www.usgs.gov/pubprod/>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

VALLE (et.al). Ivana Cola. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. Revista: Floresta e Ambiente 2016; 23(2): 295-308  
<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714> ISSN 2179-8087 (online).

VERDUM, R.; MAZZINI, L. F. **Temáticas rurais: do local ao regional**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

VIERO, A. C.; SILVA, D. R. (Orgs.). **A Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Programa Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade, 2010.

WERLANG, M. K. **A Configuração da rede de drenagem e modelado de relevo: Conformação da paisagem na zona de transição da Bacia do Paraná na depressão Central do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Caracterização climática regional do Rio Grande do Sul: Dos estudos estatísticos ao entendimento da gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, ano 8, v. 11, p. 87-103, jul/dez. 2012.