

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
GEOGRAFIA BACHARELADO

Eduarda Dutra Jorge

**CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO
LIVRAMENTO - RS**

SANTA MARIA, RS
2023

Eduarda Dutra Jorge

**CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO
- RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Geografia**.

Orientador: Profº Drº. Anderson Augusto Volpato Scotti

Santa Maria - RS
2023

Eduarda Dutra Jorge

**CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO
- RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Geografia**.

Aprovado em 20 de Julho de 2023:

Anderson Augusto Volpato Scotti, Prof Drº, UFSM
(Presidente/Orientador)

Romário Trentin, Prof Dr (UFSM)
(Avaliador)

Marinéli Moraes Gaberti, MSC (UFSM)
(Avaliadora)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade de crescer e me tornar uma pessoa melhor e mais consciente, momentos vividos que fazem parte do que me tornei hoje.

Ao curso de Geografia que me fez viajar o mundo inteiro dentro de uma sala de aula, que me trouxe consciência social e humana.

A minha mãe Lia Jussara Dutra Lopes que acreditou e confiou em mim, que está sempre do meu lado incansavelmente, meu exemplo de força.

A minha irmã Vitoria Dutra Jorge que é meu porto seguro e que me acompanhou nessa longa jornada, sempre juntas.

Ao Rodolfo Piñeyro Torres que nessa reta final se fez o maior alicerce que eu poderia ter. Obrigada pelo apoio, compreensão e carinho.

Aos meus amigos que se tornaram minha segunda família, me apoiaram e ajudaram a concluir essa etapa tão importante, muito obrigada.

Aos meus Guias Espirituais que lutaram junto a mim e me auxiliaram a traçar o meu caminho, Axé!

E por fim, gostaria de agradecer imensamente ao meu Orientador, o professor Anderson Augusto Volpato Scotti, por ter me resgatado e me guiado para conseguir concluir este curso, sem ele eu jamais conseguiria, muito obrigada!!!

*(...) O sucesso nunca esteve na praticidade de realizar o plano
E sim no caminho que é necessário trilhar
E a resistência que é gerada pelos danos.*

Victor Xamã

RESUMO

CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO – RS

Autora: Eduarda Dutra Jorge
Orientador: Anderson Augusto Volpato Scoti

A geomorfologia estuda as formas de relevo da superfície terrestre, enquanto a cartografia se refere à representação dessas formas em mapas. A integração dessas disciplinas desempenha um papel crucial no planejamento ambiental. Ao estudar as formas de relevo, podemos identificar áreas com potencial para preservação ambiental e aquelas mais propensas a processos erosivos. Compreender as forças que moldam o relevo e utilizar a cartografia geomorfológica nos ajuda a entender a origem e a dinâmica atual dessas formas. Essas metodologias nos permitem classificar as diferentes formas de relevo, sua estrutura interna e representá-las em mapas. O mapeamento das formas de relevo é importante para auxiliar em estudos ambientais e na tomada de decisões. Uma das unidades espaciais utilizadas na gestão territorial são os limites administrativos do município. Com base nessa informação, este trabalho tem como objetivo contribuir com uma classificação das formas de relevo do município de Santana do Livramento. Será proposta uma classificação das formas de relevo, levando em consideração que essas informações podem contribuir para o planejamento e ordenamento do território. A classificação do relevo do município foi baseada em uma avaliação morfométrica e morfológica, utilizando mapas de hipsometria, declividade e geologia como subsídio para essa classificação (ROBAINA et al., 2013). As imagens de satélite disponíveis no Qgis (*plugin Quickmapservice*) e o conhecimento de campo, foram fundamentais para a definição das formas de relevo. Foram definidas 5 classes, as quais julgou-se que melhor representam as formas para a escala de trabalho. A metodologia utilizada se mostrou eficiente para a proposta e os resultados encontrados poderão servir de subsídio para outras pesquisas.

Palavras-chave: Mapeamento. Santana do Livramento, relevo.

ABSTRAC

CLASSIFICATION OF THE RELIEF OF THE MUNICIPALITY OF SANTANA DO LIVRAMENTO - RS

AUTHOR: Eduarda Dutra Jorge

ADVISOR: Anderson Augusto Volpato Scoti

Geomorphology studies the landforms of the Earth's surface, while cartography refers to the representation of these landforms on maps. The integration of these disciplines plays a crucial role in environmental planning. By studying landforms, we can identify areas with potential for environmental preservation and those more prone to erosional processes. Understanding the forces that shape the landforms and utilizing geomorphological cartography helps us comprehend the origin and current dynamics of these forms. These methodologies allow us to classify different landforms, their internal structure, and represent them on maps. Mapping landforms is important to assist in environmental studies and decision-making. One of the spatial units used in territorial management is the administrative boundaries of the municipality. Based on this information, this work aims to contribute to a classification of the landforms in Santana do Livramento municipality. A classification of landforms will be proposed, taking into consideration that this information can contribute to territorial planning and management. The classification of the municipality's landforms was based on morphometric and morphological evaluation, using maps of hypsometry, slope, and geology as support for this classification (ROBAINA et al., 2013). Satellite images available in QGIS (using the Quickmapservice plugin) and field knowledge were fundamental for defining the landforms. Five classes were defined, which were judged to best represent the landforms for the scale of work. The methodology used proved to be efficient for the proposal, and the results found may serve as support for further research.

Keywords: Mapping. Santana do Livramento, relief.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01-Mapa de Localização do Município de Santana do Livramento.....	11
Figura 02- Mapa de Hipsometria do Município de Santana do Livramento - RS.	21
Figura 03- Mapa de Declividade do Município de Santana do Livramento.....	23
Figura 04- Mapa de Geologia do Município de Santana do Livramento - RS.	25
Figura 05- Imagem da Formação Serra Geral.	26
Figura 06- Afloramento de Arenitos da Formação Piramboia.....	27
Figura 07- Mapa de Relevo do Município de Santana do Livramento - RS.	29
Figura 08- Planície de Inundação do Rio Santa Maria.....	30
Figura 09- Áreas planas do topo do Planalto da campanha	31
Figura 10- Coxilhas – Colinas Suavemente Onduladas.....	31
Figura 11- Colinas Onduladas no Município de Santana do Livramento - RS.....	32
Figura 12– Cerro Palomas em Santana do Livramento - RS.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 CARTOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA.....	12
3.2 FERRAMENTAS DO GEOPROCESSAMENTO.....	15
4 METODOLOGIA	17
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO - RS.....	17
4.2 HIPSOMETRIA	17
4.3 DECLIVIDADE	17
4.4 AS ROCHAS DE SANTANA DO LIVRAMENTO.....	19
4.5 DEFINIÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO	19
5 RESULTADOS	20
5.1 ANÁLISE DA HIPSOMETRIA	20
5.2 ANÁLISE DA DECLIVIDADE	22
5.3 INFORMAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DE SANTANA DO LIVRAMENTO ...	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O estudo da geomorfologia aliado à cartografia do território tem desempenhado um papel importante no planejamento ambiental. Amaral e Ross (2006) destacam que essas ferramentas permitem identificar áreas com alto potencial para geoconservação e também áreas mais suscetíveis à erosão. As formas de relevo, resultantes dos processos endógenos e exógenos, são o principal foco dos estudos geomorfológicos.

Walter Penck (1953), um dos primeiros geomorfólogos, definiu as forças geradoras dessas formas, relacionando os processos endogenéticos às morfoestruturas e as forças exógenas às atividades climáticas. Para o autor, a intensidade da dissecação das formas do relevo, está atrelada as taxas de soerguimento e a energia dos agentes intempericos e erosivos.

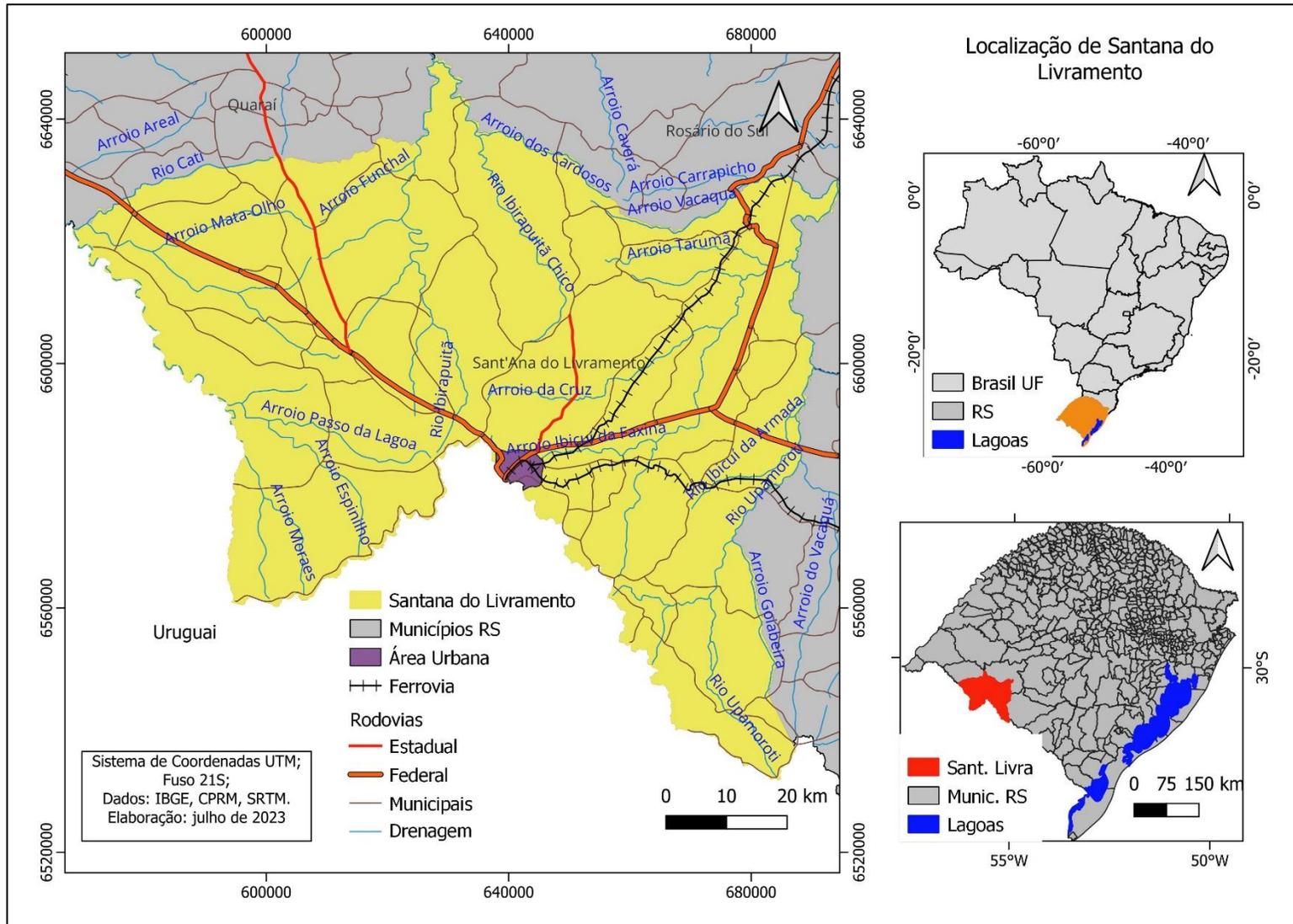
A cartografia geomorfológica, aliada ao entendimento das forças atuantes no relevo terrestre, permite compreender a origem e a dinâmica atual dessas formas, proporcionando uma classificação detalhada das unidades morfoesculturais e sua representação cartográfica (Ross, 1992).

O mapeamento das formas de relevo tem como função auxiliar em estudos ambientais e na tomada de decisão. Uma das unidades espaciais utilizadas para a gestão territorial são os limites administrativos do município. Com base nessa informação este trabalho tem como propósito contribuir com uma classificação das formas de relevo do município de Santana do Livramento.

1.1- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Santana do Livramento encontra-se no Sudoeste do Rio Grande do Sul (Figura 1), é conhecida por estar na fronteira do Brasil com a República Oriental do Uruguai. Está localizada entre as coordenadas UTM 637259 e 646209 mE, e 6579012 e 6586022 mN. Possui uma área de 6.946,407 km², conta com uma população de 84.421 habitantes e uma densidade demográfica de 12,15 hab/km² (IBGE 2022). Em termos climáticos, conforme Rossato (2011), os tipos de clima são: Subtropical 1 e Subtropical 2.

Figura 1: Mapa de localização do Município de Santana do Livramento



Fonte: Autora 2023

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma classificação analógica das formas do relevo do município de Santana do Livramento. Considerando que essas informações podem contribuir para o planejamento e ordenamento do território.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear as características morfométricas;
- Apresentar informações sobre a geologia;
- Propor uma classificação de relevo com base no uso de geotecnologias

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica teve como propósito resgatar alguns conceitos sobre o estudo do relevo e cartografia geomorfológica. As bases teóricas possibilitaram visitar e revisitar conceitos, os quais foram fundamentais para a construção deste trabalho.

3.1 CARTOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA

O estudo da geomorfologia aliado a cartografia do território tem colaborado significativamente no planejamento ambiental desde o século XX. Estas ferramentas permitem que de forma detalhada possamos identificar áreas com alto potencial para geoconservação ou também áreas mais suscetíveis à erosão. (AMARAL; ROSS, 2006)

Desta forma, o grande alvo dos estudos geomorfológico são as formas de relevo que são fruto das dinâmicas internas e externas que ocorrem na superfície terrestre.

Walter Penck (1953) foi um dos primeiros geomorfólogos a concretizar e definir as forças geradoras das formas de relevo terrestre. Ele afirma que as formas de relevo são resultantes dos processos endogenéticos e exógenos. O autor defende

que a intensidade dos processos exógenos, são diretamente proporcionais a ação endógena.

Segundo Walter Penck (1953 apud Ross, 2002, p. 706),

Os processos endogenéticos estão diretamente relacionados às morfoestruturas, onde se destacam dois tipos distintos, porém, absolutamente interdependentes de atuação de forças: as ativas associadas à tectônica e as passivas, relacionadas às diferenças de resistência de desgaste das rochas. As forças exógenas estão diretamente relacionadas à energia solar, que age na superfície da terra através das atividades climáticas de curta, média e longa duração, e se associam diretamente à esculturação das formas do relevo e da formação dos solos. Assim, as formas do relevo são produzidas pelo jogo de interações de forças internas e externas que se manifestam na superfície da terra e suas características fisionômicas, refletem suas origens e, portanto, suas gêneses.

Ao compreendermos as forças atuantes que modelam o relevo terrestre, a aplicação da cartografia geomorfológica vem como aliada para entendermos a origem e dinâmica atual dessas formas. Essas metodologias permitem que possamos esclarecer a taxonomia das formas de relevo, sua estrutura interna e também sua representação cartográfica. (ROSS, 2002).

Segundo Ross (1992), tendo em vista a necessidade de um estudo taxonômico mais detalhado do relevo terrestre, propôs uma abordagem de subdivisões do terreno em escalas diferentes, desde os grandes compartimentos morfoestruturas até as feições de vertentes, auxiliando e trazendo ferramentas de manejo e melhor execução do planejamento territorial (ROBAINA, TRENTIN, SCCOTI, 2013).

Todo o relevo terrestre, pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é determinada da ação e tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura. Deste modo, as morfoestruturas e a morfoescultura definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica dos processos endógenos e exógenos. (ROSS, 1992)

Segundo Ross 1992, as unidades morfoesculturais são o produto da ação climática atual e passada e refletem a diversidade de resistência da litologia e seu respectivo arranjo escultural sobre qual foi esculpida. Sendo assim, podemos observar que em uma determinada morfoestruturas existem diversas morfoescultura, decorrente das diferentes litologias da região.

Ao recortarmos para a área que iremos estudar, podemos definir como morfoestrutura a Bacia Sedimentar do Paraná, e como morfoesculturas, Planalto da

Campanha e a Depressão do Ibicuí, com composição litológica representada por rochas sedimentares e vulcânicas, formando paisagens de planícies e coxilhas e planaltos ondulados, formados por diversos morros com vertentes que descem suavemente. (PILAU 2011)

Sendo assim, as morfoestruturas são marcadas predominantemente por formas grandes do relevo, definidas com um táxon maior, geralmente 1º táxon, já as unidades morfoesculturais, são representadas por táxons menores (ROSS 1992).

A metodologia escolhida para a elaboração desse estudo foi a taxonomia estabelecida por Ross (1992), onde as formações são classificadas de acordo com o grau de detalhamento em que se analisa o relevo. Como já discutido acima, as unidades morfoestruturais correspondem ao 1º táxon. Logo em seguida as unidades menores que seriam as morfoesculturais, correspondem ao 2º táxon, o 3º táxon, o das unidades de padrões de formas semelhantes do relevo, trazendo assim uma classificação mais regional, podendo ser analisado em escalas pequenas.

A medida em que vamos aumentando as escalas, estudando as formas semelhantes de relevo individualmente, chegamos ao 4º táxon (análises feitas a partir de uma escala 1:50.000 ou maior), e os tipos de vertentes que as compõem correspondem ao 5º táxon. E por fim o 6º táxon representam os processos atuais, como erosão em ravinas e voçorocas, estas formas podem ser representadas através de análise por meios de controle de campo. (AMARAL, ROSS. 2006)

Conforme Casseti, (2005, p. 01):

A Cartografia Geomorfológica se constitui em importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como com a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades.

Segundo Casseti (2005 apud Tricart,1965), é ressaltado que o mapa geomorfológico desempenha um papel fundamental como base de pesquisa. De acordo com essa perspectiva, esse tipo de mapa possibilita uma compreensão mais aprofundada das relações espaciais, ao dividir a área em compartimentos e permitir análises geográficas mais precisas. Assim sendo, a cartografia geomorfológica assume um papel significativo dentro das pesquisas geomorfológicas, pois funciona como uma ferramenta essencial para a análise e síntese, representando graficamente a origem da configuração do relevo e a dinâmica que ocorre na relação entre espaço-tempo, forma e processos.

Segundo Robaina et al. (2010), na Geomorfologia a cartografia desempenha um papel fundamental como meio de representação gráfica e espacial, possibilitando a visualização da origem das formas do relevo e suas interações com a estrutura e os processos envolvidos.

3.2 FERRAMENTAS DO GEOPROCESSAMENTO

Usar cartas topográficas em estudos geomorfológicos é fundamental, não só em estudos que envolvam a própria geomorfologia, como também em outras áreas como a engenharia, o esclarecimento de questões ambientais, desenvolvimento agrícola e de energias renováveis, etc. (SOUZA, FURRIER. 2019). De acordo com Maia e Bezerra (2012), estudar o relevo a partir de bases cartográficas e metodologias específicas extraídas da Geomorfologia, Geologia, Matemática e do Geoprocessamento, nos garante mais clareza e assertividade de análise dos padrões morfológicos resultantes das ações endógenas e exógenas da superfície.

De acordo com Vanacôr (2006), a evolução dos sistemas computacionais, com equipamento mais modernos, softwares mais didáticos e completos, o rápido desenvolvimento de equipamentos novos, possibilita a associação entre a interpretação geomorfológica tradicional às técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, possibilitando o desenvolvimento de mapas geomorfológicos com maior facilidade e rapidez.

Os sensores instalados em satélites artificiais são resultado da evolução da ciência e tecnologia espacial. Segundo Florenzano (2011), a definição de sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens – e o outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (Satélites artificiais). O termo remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e objetos na superfície terrestre. (FLORENZANO 2011, p 6)

O Sensoriamento Remoto tem evoluído no sentido de tornar-se uma importante fonte de informações da superfície terrestre para estudos de características topográficas, tais como a elevação do terreno (Thoutin et al., 2000). No Brasil, algumas regiões apresentam como característica a cobertura quase que permanente da atmosfera como de nuvens, chuvas constantes, presença de fumaça

e dificuldade de acesso, o que acarreta uma deficiência de mapeamento topográfico e de informações de recursos naturais. O uso de Sensores Remotos é uma opção para obtenção de informações, embora com limitações no espectro ótico em função de condições atmosféricas desfavoráveis, que dificultam o mapeamento sistemático destas regiões (Paradella et al., 2001).

A utilização de Sensoriamento Remoto no levantamento de recursos naturais, no Brasil, teve na atuação do Projeto RADAMBRASIL, nos anos 1970 e 1980, um marco importante nos mapeamentos sistemáticos de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, através do sensor radar aerotransportado, de visada lateral (SLAR) em banda X, inicialmente para a Amazônia e posteriormente para todo o Brasil. Com isso, o radar consolidou-se como uma ferramenta eficaz para o mapeamento temático por representar, na época, uma nova vertente de informações, complementar ao tradicional método de fotointerpretação baseado na utilização de fotografias aéreas. (SILVA, SANTOS 2011).

A evolução do mapeamento das formas de relevo evoluiu junto com os produtos disponíveis, essa assertiva se confirma em diversas publicações, como é o caso do trabalho apresentado por Ferreira, Fonseca e Pereira (2020). Os autores, fazendo o uso de produtos do sensoriamento remoto e de técnicas de geoprocessamento, construíram uma compartimentação do relevo baseada em parâmetros morfométricos obtidos a partir de dados do SRTM (FERREIRA, FONSECA E PEREIRA, 2020).

Outra proposta utilizando SIG e produtos de sensoriamento remoto foram elaborados por Guedes (2020), onde o autor ao utilizar dados geoespaciais realizou um levantamento de táxons geomorfológicos da região centro – norte do escudo Sul Rio Grandense.

Robaina, Trientin e Borrás (2023), apresentaram uma proposta de compartimentação do relevo da República Oriental do Uruguai. Os autores utilizaram técnicas de classificação automatizada, obtendo 10 diferentes elementos de geomorphons. Com base nesse levantamento foram definidos 11 distintos compartimentos de relevo.

Observa - se que a evolução do mapeamento das formas do relevo, está atrelada a dinâmica e inovação no campo do sensoriamento remoto, da estatística e da informática. De maneira constante, novos procedimentos metodológicos têm sido desenvolvidos com o propósito de facilitar a construção de mapas sobre esse tema.

4 METODOLOGIA

A metodologia tem como função apresentar os passos necessários para a elaboração de uma pesquisa. Além dos aspectos teóricos, são descritos os procedimentos necessários para a obtenção de dados e análise de resultados. Essa pesquisa tem como base teórica uma abordagem sistêmica, pois considera a correlação entre alguns componentes do ambiente no estudo da gênese e evolução das formas do relevo.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE SANTANA DO LIVRAMENTO - RS

A classificação do relevo do município foi baseada em uma avaliação morfométrica e morfológica (ROBAINA, TRENTIN E SCCOTI, 2013). Como subsídio para a classificação do relevo, foram elaborados mapas de hipsometria, declividade geologia. Como um apoio para a definição das formas do relevo além dos dados citados anteriormente, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto, como as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e do google satélite.

4.2 HIPSONOMETRIA

As variáveis morfométricas foram obtidas em modelo matricial, e no Qgis 3.22, esses modelos foram reclassificados e transformados em dados vetoriais para efetuar o cálculo da área ocupada por cada uma das classes. Essa operação serviu como base para apresentar e conhecer as características morfométricas do município.

A Hipsometria foi definida a partir de imagens do SRTM com resolução espacial de 90 metros. Optou-se por essa resolução espacial, pois foi a que melhor se adequou as dimensões do município. As classes hipsométricas foram definidas com base em quebras naturais do relevo e na distribuição das altitudes analisadas no histograma de frequência gerado no software Qgis 3.22. As classes utilizadas foram: < 150m, 150 – 210m, 210 – 270m, 270 – 330m e > 330m.

4.3 DECLIVIDADE

É possível fazer uma análise abrangente do ambiente ao considerar o tipo de relevo, a evolução das vertentes e a dinâmica fluvial. Essa análise, conhecida como avaliação morfodinâmica da paisagem, classifica o relevo com base em suas características e dinâmica atual, além de examinar os impactos das atividades humanas e sua influência na morfodinâmica. Ela leva em conta a interação do relevo com outras variáveis ambientais, como rochas, solo, cobertura vegetal, clima e hidrologia. (IBGE 2009)

Segundo o Manual de Geomorfologia do IBGE (2009), a existência de diferentes propostas de classificação de declividade reflete o interesse em estabelecer critérios que possam orientar o uso apropriado do terreno, especialmente, para identificar áreas suscetíveis à erosão e movimentos de massa. Para este trabalho, foram utilizadas as classes baseadas no manual de geomorfologia do IBGE (2009), onde são: de < 3%, 3% - 8%, 8% - 20% e > 20%. A base para a construção do mapa de declividade foram as imagens SRTM com resolução espacial de 90 metros.

A categoria Muito Fraca (Mfa) é geralmente aplicada a terrenos com relevo plano (0 a 3%) e apresenta formações superficiais espessas. Um exemplo disso são os topos planos de chapadas, onde não é possível observar os efeitos do escoamento superficial.

Fraca (Fa) - A área em questão geralmente apresenta relevos com inclinação entre 3% e 8%. A densidade de drenagem é baixa e a profundidade da drenagem é limitada. Além disso, há a presença de camadas superficiais espessas, onde o fluxo de água subterrânea provoca perda de material fino na superfície, levando ao empobrecimento do solo. Localmente, também ocorre escoamento difuso superficial, contribuindo para a erosão em forma de lâminas.

Moderada (Mo) - Neste caso, estamos lidando com relevos que apresentam inclinação entre 8% e 20%. A densidade e a profundidade da drenagem são médias. As camadas superficiais são menos espessas, ou então estamos tratando de áreas planas (com inclinação de 0 a 3%) com camadas superficiais rasas e/ou presença de pedregosidade. Nessas áreas, o escoamento superficial dos solos é generalizado, resultando na formação de canaletas. Devido ao equilíbrio entre processos pedogenéticos e morfogenéticos, essas áreas podem ser consideradas como zonas intermediárias em transição.

Aquelas áreas onde as declividades são superiores a 20% configuram-se por relevos fortemente ondulados e escarpados, nesta pesquisa essas áreas serão apresentadas como associação de Morros e Morrotes.

4.4 AS ROCHAS DE SANTANA DO LIVRAMENTO

Esse trabalho visa definir as formas do relevo de Santana do Livramento, e associado as variáveis morfométricas é necessário conhecer e descrever os principais litotipos aflorantes no município. As características das rochas, em alguns casos condicionam algumas formas do relevo.

O levantamento dos tipos de rochas encontrados em Santana do Livramento, foi obtido através do banco de dados de geodiversidade do Rio Grande do Sul (<https://geosgb.sgb.gov.br/>). Os dados estão disponíveis em arquivos vetoriais, em modelo *shapefile*, os quais contém as informações das formações geológicas do RS com base no mapa produzido por Wildner et al. (2006).

4.5 DEFINIÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO

As formas de relevo do município foram definidas com base na diferença de altitude e declividade das encostas associadas a características litológicas. Com o auxílio a definição das formas de relevo utilizou-se imagens de satélite de alta resolução (google satélite), as quais puderam ser consultadas por meio do plugin *Quickmapservice* o qual funciona como um provedor de visualização de imagens.

Para Santana do Livramento, foram definidas cinco classes de formas do relevo sendo elas: Áreas Planas, Colinas Suavemente Onduladas, Colinas Onduladas, Associação de Morros e Morrotes e Morrotes Isolados.

Áreas Planas: Representam áreas com inclinação inferior a 3% e no município estão associadas as planícies de inundação dos rios principais e também a porções de topo do planalto da campanha;

Colinas Suavemente Onduladas: São áreas onde a inclinação das vertentes encontra-se entre 3 - 8% e a amplitude altimétrica entre a 40 – 60 m;

Colinas Onduladas: São porções onde a inclinação das vertentes encontra-se entre 8 – 20% e a amplitude altimétrica superior a 60m;

Associação de Morros e Morrotes: São áreas com inclinação superior a 20% e amplitudes altimétricas das vertentes que podem ser superiores a 100m;

Morrotes isolados: São relevos testemunhos com inclinação da vertente superior a 20% e amplitude altimétrica < 100m;

Além das operações realizadas em gabinete, utilizando no Sistema de Informação Geográfica – SIG para a definição das formas de relevo, também se baseou em conhecimentos adquiridos em trabalhos de campo no município. Os trabalhos de campo possibilitaram, além da visualização das vertentes e das formas do relevo a aquisição de registros fotográficos.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DA HIPSOMETRIA

Em relação as altitudes do município de Santana do Livramento, apresenta as menores altitudes localizadas junto as planícies de inundação dos tributários do rio Santa Maria a leste, aos tributários do Rio Ibirapuitã a norte e dos tributários do Rio Quaraí a oeste. O menor valor de altitude é de 100m e as maiores altitudes são de 386m, sendo assim o município apresenta uma amplitude altimétrica de 286m.

As maiores altitudes do município > 330m estão localizadas na porção sudoeste, e em alguns topos de morro na porção central. As áreas com altitudes entre 150 – 330m encontram-se distribuídas no restante do município.

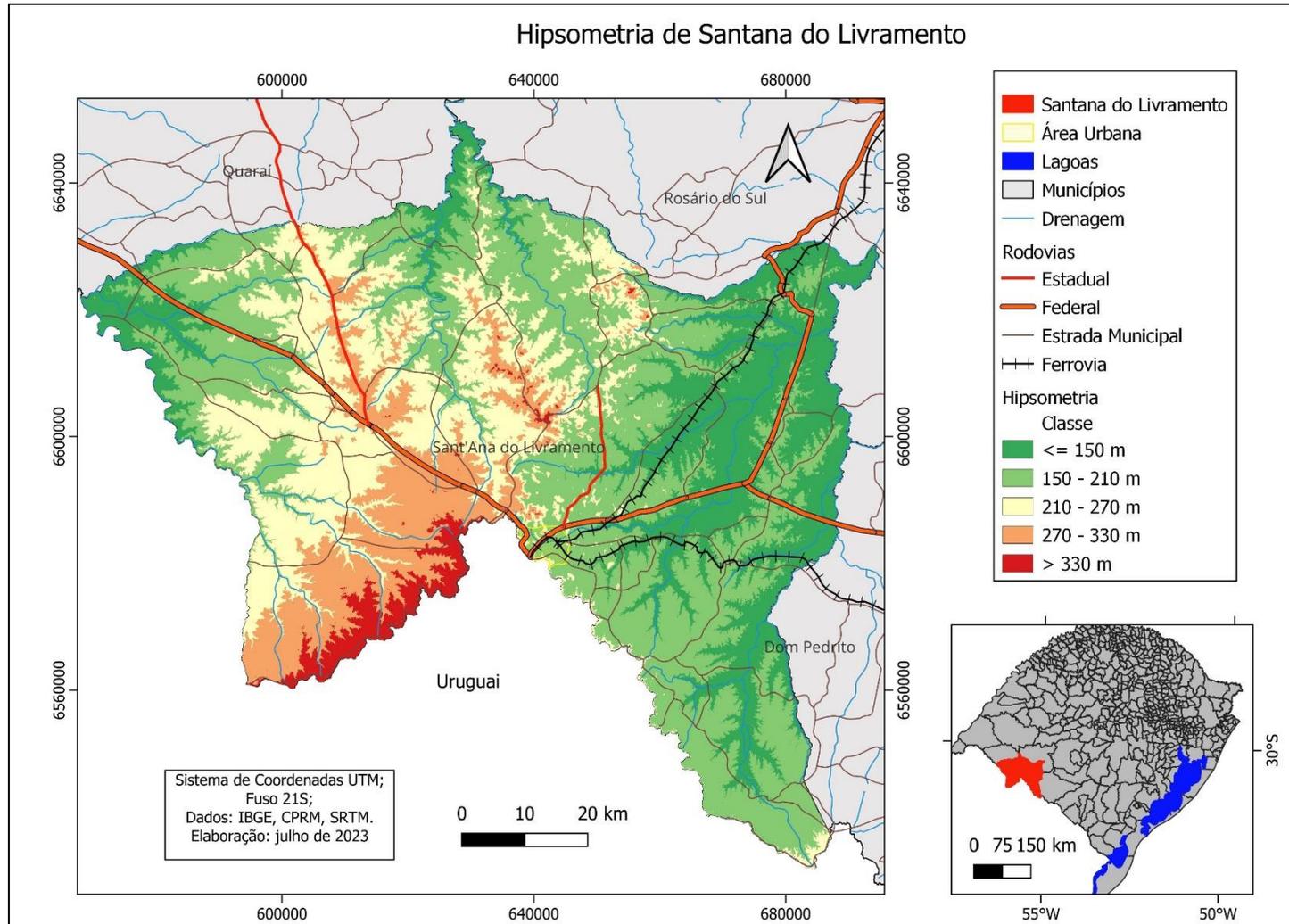
Em relação as altitudes, podemos verificar que a classe de altitudes que se destaca está em 150 – 200m, a área ocupada pelas demais classes podem ser verificadas no quadro 01. No mapa da figura 2, é possível verificas a distribuição espacial das altitudes no município.

Quadro 01: quantificação das classes hipsométricas do município de Santana do Livramento

Classe	Área em km ²	%
< 150m	1.567,09	22,55
150 – 210m	2.846,51	40,97
210 – 270m	1.545,75	22,25
270-330m	807,97	11,63
>330m	179,7	2,57

Fonte: Autora, (2023)

Figura 2: Mapa da hipsometria do município de Santana do Livramento – RS.



Fonte: autora (2023)

5.2 ANÁLISE DA DECLIVIDADE

As declividades mapeadas em Santana do Livramento, representam em sua maioria áreas onde a inclinação não é tão elevada, tanto que é possível observar que mais de 85% do município possui inclinação das vertentes igual ou menor do que 8%, conforme a quadro 2.

Quadro 2 – Quantificação das declividades de Santana do Livramento

Classe	Área km²	Área %
< 3%	2.784,16	40,48
3-8%	3.113,99	45,28
8-20%	925,04	13,45
>20%	53,74	0,78

Fonte: Autora (2023)

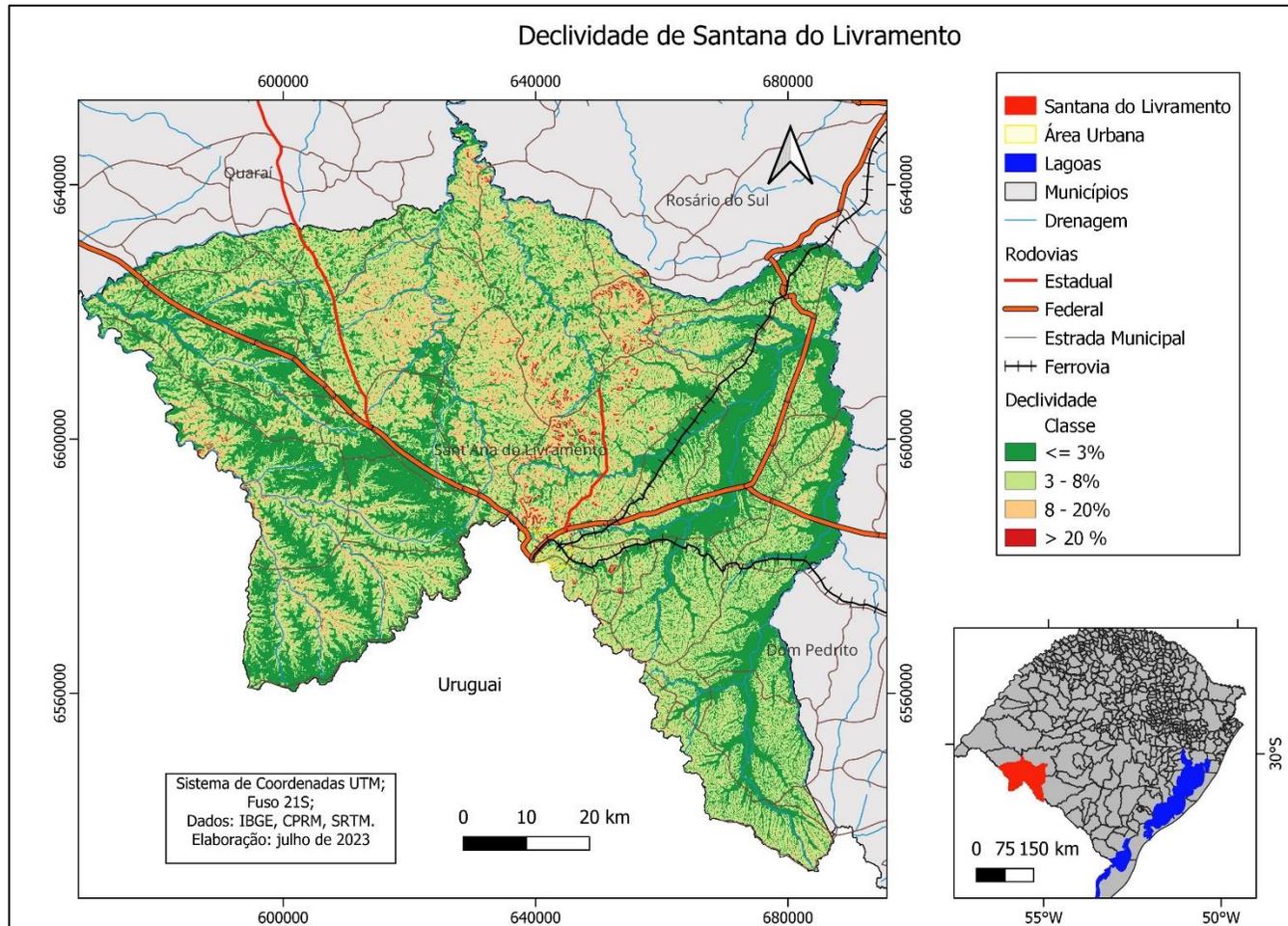
Com relação as declividades inferiores a 3%, podemos destacar que elas se encontram em duas posições topográficas distintas, as quais podemos classificar como sendo as áreas planas associadas as planícies de inundação dos tributários dos rios Santa Maria, Ibirapuitã e Quaraí, outras porções classificadas como áreas planas, estão associadas as áreas de topo do Planalto da Campanha (IBGE 1986).

As declividades entre 3 - 8%, estão distribuídas principalmente na porção leste e oeste do município, caracterizam áreas com longos interflúvios e baixa amplitude altimétrica.

As declividades entre 8 – 20% marcam faixas transitórias entre porções topográficas mais elevadas, as quais apresentam um padrão maior de dissecação do relevo efetuado pela rede de drenagem. As declividades com essa característica estão localizadas na porção centro – oeste do município.

As áreas superiores a 20% são as que possuem a menor expressividade em termos quantitativos, porém representam importantes setores topográficos do município com destaque para o *front da Cuesta do Haedo* (IBGE 1986), porção esta que se caracteriza por zonas escarpadas e relevos testemunhos.

Figura 3: Mapa da declividade do Município de Santana do Livramento – RS.



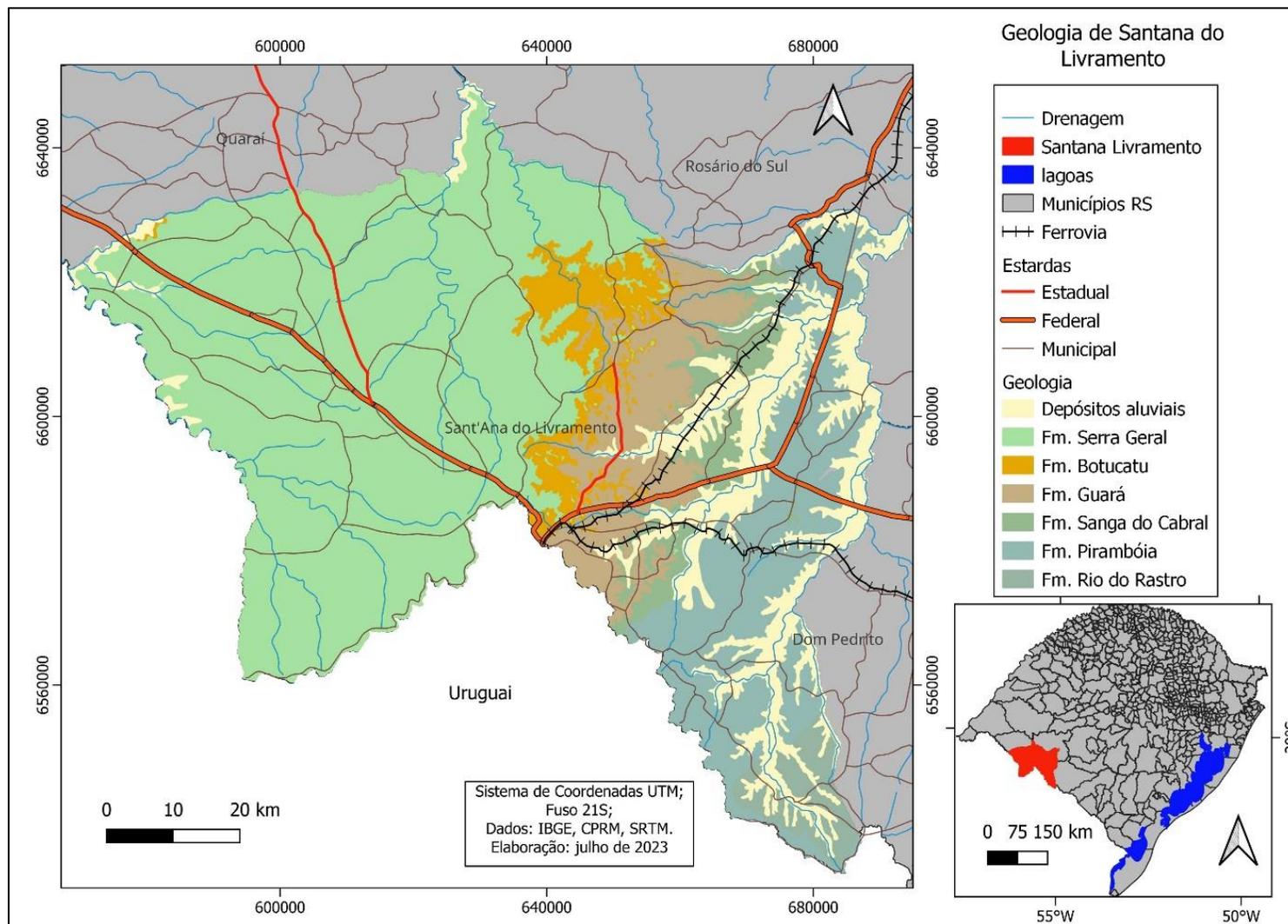
Fonte: Autora, (2023)

5.3 INFORMAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DE SANTANA DO LIVRAMENTO

O município de Santana do Livramento, assenta-se sobre uma área, que em termos estruturais é classificada como bacia sedimentar, mais especificamente a parte leste do município encontra-se na porção de borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Essa estrutura caracteriza –se por apresentar sequencias sedimentares com deposição em diferentes ambientes geológicos e sobreposta a essas rochas sedimentares existem rochas vulcânicas de origem fissural.

Nos limites de Santana do Livramento, podemos observar rochas das seguintes formações (Figura 4): Formação Serra Geral, Formação Botucatu, Formação Guará, Formação Sanga do Cabral, Formação Piramboia e Formação Rio do Rastro. Ainda destacamos a presença de material inconsolidado, o qual configura-se como depósitos aluviais associados as planícies de inundação dos rios principais que drenam o município (WILDINER et al; 2006).

Figura 4: Mapa geológico do município de Santana do Livramento – RS.



Fonte: Autora (2023)

Depósitos Aluviais: São materiais sedimentares clásticos de idade Holocênica composto por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos. Por se configurarem como depósitos fluviais, podem apresentar uma estratificação plano paralela ou cruzada acanalada.

Formação Serra Geral: São rochas do Cretácea (130 – 100 ma), são de origem ígnea extrusiva formadas a partir do vulcanismo fissural, que encerrou o processo de sedimentação na bacia do Paraná. Em Santana do Livramento essas rochas se dividem em duas fácies, Alegrete e Gramado. Abaixo, podemos observar na figura 5 um exemplo dessa formação.

Figura 5: Área de empréstimo próximo a área urbana de Santana do livramento, na imagem podemos ver rochas da formação serra geral com destaque para as disjunções colunares que são características da porção central dos derrames vulcânicos.



Fonte: Anderson Scotti, (2014)

Formação Botucatu: Rochas sedimentares formadas em ambientes desértico, foram depositadas em forma de dunas eólicas apresentando estratificação cruzada de grande porte (depositado no Juro – Cretáceo). É composta por sedimentos finos a grossos bem arredondados e com alta esfericidade. As rochas da formação Botucatu, em alguns pontos passaram por um processo de metamorfismo de contato, após os episódios vulcânicos que deram origem a formação da serra Geral.

Formação Guará: São arenitos finos a conglomerados depositados em ambiente continental desértico e fluvial (depositado no Jurássico). Em Santana do Livramento, essa formação geológica tem como característica, apresentar registros paleontológicos na forma de pegadas fossilizadas de dinossauros.

Formação Sanga do Cabral: São rochas sedimentares de ambiente continental fluvial entrelaçado, formadas por sedimentos de granulometria fina, areia fina, silte e argila (depositados no Triássico Inferior). É comum observar fragmentos de minerais da família das micas. Nessa formação geológica também é possível encontrar fósseis de vegetais e vertebrados.

Formação Piramboia: São sedimentos clásticos, formados em ambiente continental eólico com intercalação de sedimentos fluviais (depositados no Permiano Superior). Enquanto a granulometria, é composta por arenito médio a fino (FIGURA 6).

Figura 6: Afloramento de arenitos da Formação Pirambóia na porção do topo de colinas na porção leste do município.



Fonte: Anderson Scoti, (2014)

Formação Rio do Rastro: São sedimentos formados em ambientes lacustres deltaico em termos granulométricos é composta por siltitos, argilitos e areia fina, depositado do Perniano Superior.

Em termos espaciais destacamos o predomínio da Formação Serra Geral, a qual ocupa a porção centro e oeste do município, e na sequência as Formações Piramboia, Sanga do Cabral e Guará (centro e leste), como as de maior expressividade do município e as formações Botucatu e Rio do Rastro com menor expressividade, localizadas na porção central e sul do município, respectivamente. As áreas de cada uma das formações geológicas estão disponíveis no quadro 3.

Quadro 3: área ocupada por cada formação geológica.

Classe	Área km²	Área %
Depósitos aluviais	836,70	12,03
Formação Serra Geral	3.693,54	53,12
Formação Botucatu	327,88	4,71
Formação Guará	584,78	8,41
Formação Sanga do Cabral	316,50	4,55
Formação Piramboia	1.006,90	14,48
Formação Rio do Rastro	159,80	2,29

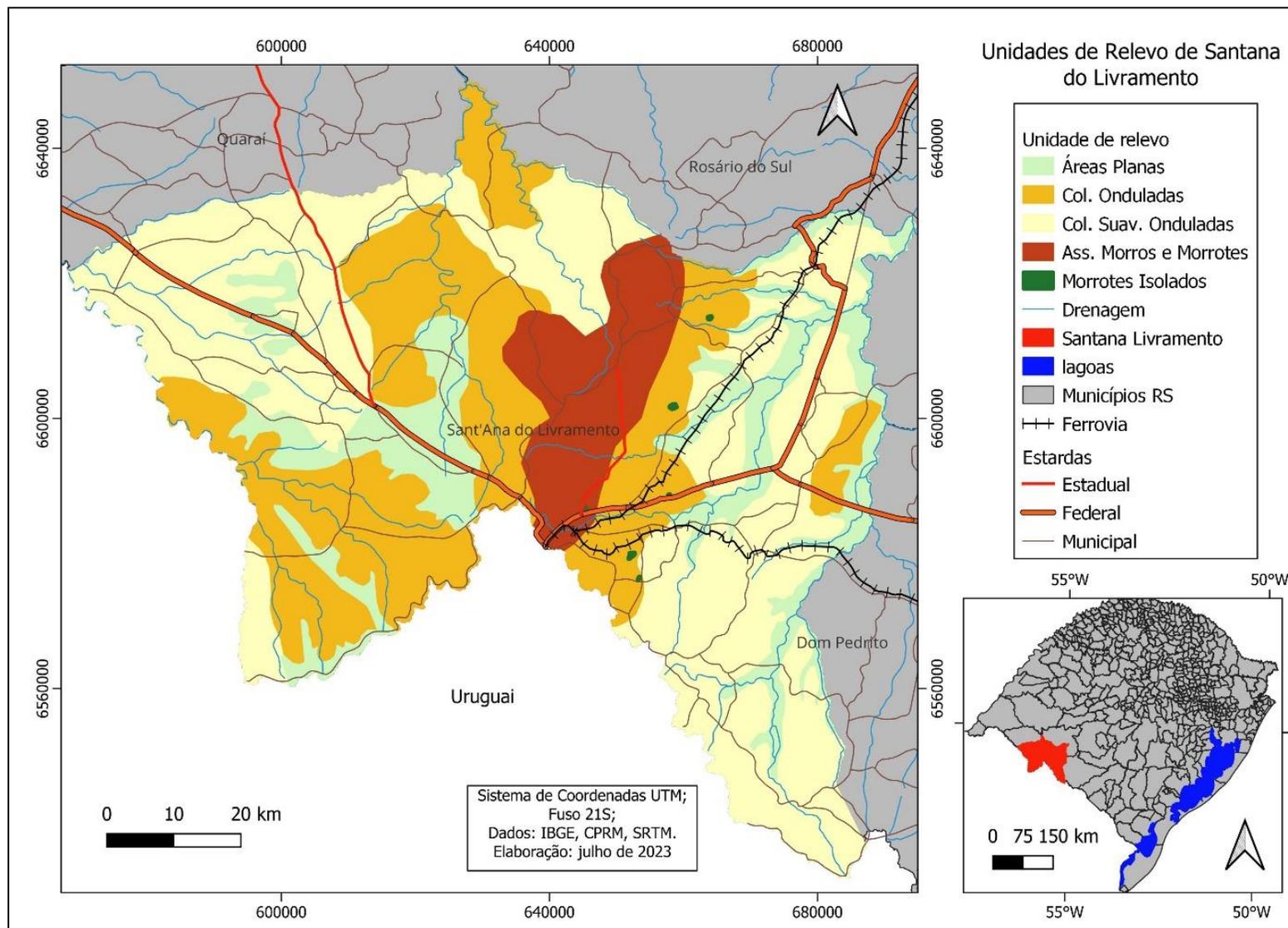
Fonte: Autora, (2023)

5.4 FORMAS DE RELEVO

As formas do relevo de Santana do Livramento representam a interação entre condições morfoclimáticas e morfoestruturais, as quais imprimiram no ambiente distintas características topográficas. As características das rochas, como a coesão, em alguns casos determinam certas formas e em outras porções as características climáticas e paleoclimáticas esculpam formas particulares do relevo.

Como proposta de classificação do relevo, o município de Santana do Livramento foi compartimentado em cinco classes, as quais representam as diferentes rugosidades e padrões evolutivos, que podemos identificar na figura 7. Nessa proposta temos as seguintes classes: Áreas planas, Colinas Suavemente Onduladas, Colinas Onduladas, Associação de Morros e Morrotes e Morrotes isolados.

Figura 7: Mapa do relevo do município de Santana do Livramento – RS.



Fonte: Autora (2023)

Áreas Planas: Configuram-se por apresentar o predomínio de declividades inferiores a 3%, no município essas áreas estão juntas as planícies de inundação dos principais rios que drenam Santana do Livramento e na porção do topo do Planalto da Campanha, estando associado a interflúvios (FIGURA 8 e 9). Na porção leste do município as áreas planas estão associadas as planícies Aluviais (depósitos holocênicos), e no oeste do município sobre as rochas vulcânicas da formação Serra Geral, nos topos do Planalto da Campanha.

Figura 8: Planície de inundação do Rio Santa Maria, destacamos que esta fotografia é próxima ao limite entre Santana do livramento e Dom Pedrito. Na fotografia podemos ver uma ampla área com declividades inferiores a 3%.



Fonte: Anderson Scoti, (2014)

Figura 9: Áreas planas do topo do Planalto da Campanha, nessas áreas as altitudes estão por volta de 330m.



Fonte: Anderson Scotti, (2014)

Colinas Suavemente Onduladas: Representam formas do relevo com baixa ondulação, ou seja, declividades entre 3 - 8% com amplos interflúvios e baixa amplitude altimétrica (40 – 60 m), regionalmente são caracterizadas como coxilhas. Em termos estruturais estão assentadas sobre rochas sedimentares na porção leste do município e sobre rochas vulcânicas nas porções norte e oeste do município.

Figura 10: Coxilhas caracterizadas por colinas suavemente onduladas, no município de Santana do Livramento –RS.



Fonte: Anderson Scotti, (2014)

Colinas Onduladas: Formas do relevo conhecidas como coxilhas, se diferem das colinas suavemente onduladas pelo padrão de inclinação das vertentes e por apresentar interflúvios mais curtos. Em Santana do Livramento essas colinas marcam porções transitórias do relevo entre a depressão Ortoclinal e o front da Cuesta do Haedo (FIGURA 7). Sobre o reverso da cuesta essas colinas onduladas estão em porções onde a rede de drenagem aprofundou vales de uma maneira mais incisiva.

Figura 11: Colinas Ondulas no primeiro e segundo plano, em terceiro plano observa-se um morro testemunho com formato tubuliforme.

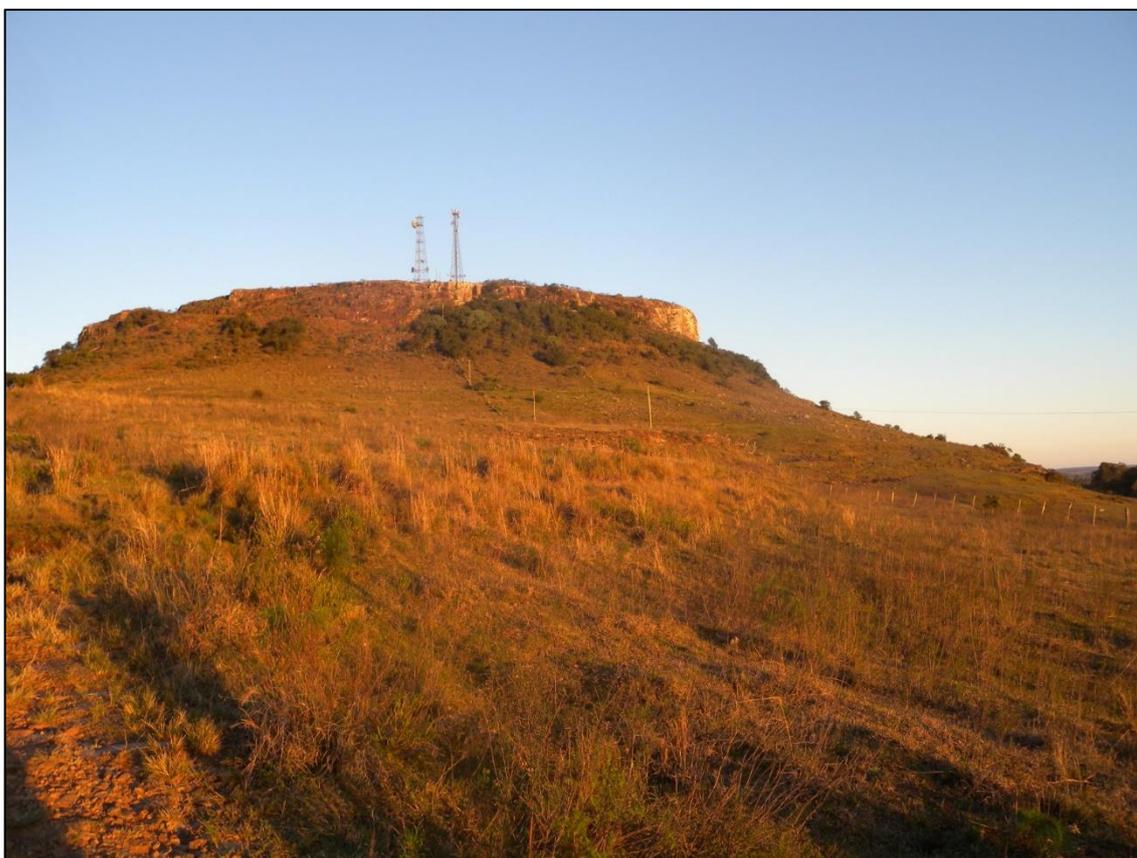


Fonte: Anderson Scoti, (2014)

Associação de Morros e Morrotes: São áreas com o predomínio de declividade superiores a 20% e amplitudes altimétricas que podem exceder os 100m, são áreas compostas por morros, Morrotes, cornijas, escarpas e rios vales encaixados. Em Santana do Livramento, essa associação de formas do relevo encontra-se na porção central do município, no *front da Cuesta do Haedo*. Uma das características dos morros e Morrotes, encontrados nessa unidade é a apresentar quando compostos por rochas sedimentares o topo plano, quando capeados por rochas vulcânicas tem tendências a apresentar o topo convexo.

Morrotes isolados: No município representam marcas deixadas pelo recuo do *front da Cuesta do Haedo*. Se mantém na paisagem em decorrência de uma camada mantenedora no seu topo, no caso dos Morrotes isolados mapeados nesta proposta, a camada mantenedora é composta por rochas com alta coesão da Formação Guará e Botucatu (rochas sedimentares) e por rochas massivas da Formação Serra Geral. Destacamos que com base na escala de trabalho muitos desses Morrotes isolados, acabaram não sendo representados no mapa das unidades de relevo, porém registramos de maneira textual a existência de um número maior dessas formas de relevo sendo necessário para a sua representação uma escala de trabalho de maior detalhe (FIGURA 12).

Figura12: Cerro Palomas, representa um morrote isolado o qual marca o recuo da *Cuesta do Haedo*, essa forma do relevo encontra-se próxima a área urbana de Santana do Livramento.



Fonte: Anderson Scoti, (2014)

Em termos de área, a classe com o predomínio no município são as colinas suavemente onduladas, conforme pode ser visualizado na Tabela 4. As colinas onduladas ocupam a segunda colocação em termos espaciais e na sequência as áreas planas, associação de morros e Morrotes e Morrotes isolados possuem as menores áreas.

Tabela 4: Área das classes que representam as unidades de relevo de Santana do Livramento.

Classe	Área km²	%
Áreas planas	1.101,53	15,85
Colinas Suavemente Onduladas	3.127,63	45
Colinas Onduladas	2.073,84	29,84
Ass. Morros e Morrotes	646,27	9,29
Morrotes isolados	2,78	0,04%

Fonte: Autora, (2023)

Com base nessa informação podemos destacar que predominam no município de Santana do Livramento as áreas com inclinação inferiores a 8%, com amplos interflúvios e baixa amplitude altimétrica. Essas áreas com inclinação inferior a 8% vão estar distribuídas por toda a extensão do município, uma das características que podem contribuir para a distinção entre essas áreas se refere aos aspectos geológicos. Na porção centro oeste do município vão predominar as formas do relevo sobre rocha da formação Serra Geral, na porção centro – leste as formas do relevo estarão assentadas sobre rochas sedimentares de distintas formações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados sobre as altitudes e declividades do município de Santana do Livramento, podemos concluir que a região possui uma diversidade de formas de relevo. As menores altitudes estão localizadas nas planícies de inundação dos rios, enquanto as altitudes mais altas são encontradas nas porções sudoeste e central, juntamente com alguns topos de morros. A amplitude altimétrica total do município é de 286 metros.

Quanto às declividades, a maioria do território possui inclinações moderadas, com mais de 85% do município apresentando declividades iguais ou inferiores a 8%. As áreas planas estão associadas às planícies aluviais dos rios principais e às áreas de topo do Planalto da Campanha. As declividades entre 3% e 8% predominam nas porções leste e oeste, caracterizadas por interflúvios extensos e baixa amplitude altimétrica. As declividades entre 8% e 20% são encontradas na porção centro-oeste, marcando faixas de transição entre áreas mais elevadas. Já as áreas com declividades acima de 20% são menos expressivas em termos quantitativos, mas

representam setores topográficos importantes, como o front da Cuesta do Haedo, com escarpas e relevos testemunhos.

Essa variedade de formas de relevo evidencia a influência tanto de fatores morfoclimáticos quanto morfoestruturais na configuração das formas do relevo de Santana do Livramento. Essas informações sobre altitudes e declividades são relevantes para o planejamento ambiental e ordenamento do território, pois permitem identificar áreas propensas a processos erosivos, áreas com potencial para preservação ambiental e locais com características topográficas distintas.

Esses dados são úteis para a gestão territorial e podem contribuir para a tomada de decisões relacionadas ao uso e ocupação do solo, conservação ambiental e planejamento de infraestrutura. Recomenda-se como estudos futuros a inserção de informações pedológicas na evolução de trabalhos sobre unidades de relevo do município, além da construção de um mapa morfolitológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Rosangela; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. (2006). Uso de sistemas de informação geográfica (SIG) na identificação de áreas com alto potencial para geoconservação e áreas mais suscetíveis à erosão. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 29, n. 1, p. 69-81, 2006.
- CASSSETI, Valter. Cartografia geomorfológica: instrumento no planejamento ambiental. In: Casseti, V. (Org.). Geografia e meio ambiente no Brasil. 1ª ed. São Paulo: Contexto, 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em 10/06/2023
- CAMPONOGARA, Isabel. **Vulnerabilidade natural do Sistema Aquífero Guaraní, em Santana do Livramento, RS, com uso de Geotecnologias**. 2006. p.:18. Dissertação (Mestrado em Geomática). Programa de Pós – Graduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria – RS.
- FERREIRA, André Barbosa Ribeiro; FONSECA, Bráulio Magalhães; PEREIRA, Gabriel. Compartimentação do relevo baseado em parâmetros morfométricos: uma análise da região do extremo oeste da Bahia. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.30,n.60,2020. p. 236-251. DOI 10.5752/p.2318-2962.2020v30n60p236.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- GUEDES, Everton. **Levantamento de táxons geomorfológicos através de sensoriamento remoto e SIG: Região Centro – Norte do escudo Sul- Rio-grandense**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia), Universidade Federal do Pampa, 2020, 93p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2022). **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santana-do-livramento/panorama> . Acesso em 20 de julho de 2023.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha digital dos limites municipais do Rio Grande do Sul**. Escala 1:250.000. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em 20 de julho de 2023.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Manual técnico de geomorfologia**. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-atálogo?id=281612&view=detalhes>. Acesso em 20 de julho de 2023.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Projeto RADAM Brasil**. Folha sh21 Uruguaiana. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- MAIA, Rubson Pinheiro; BEZERRA, Nielson da Silva. Geomorfologia e mapeamento geomorfológico como suporte à compreensão do relevo. In: Figueiredo, M. C.;

Mendes, I. S. (Eds.). **Geografia: práticas de campo e laboratório**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PARADELLA, Waldir Renato; CECARELLI, Isabel Cristina Franchitto; OLIVEIRA, Cleber Gonzales; LUIZ, SILVIA; MORAIS, Maria Carolina de; COTINI, Carla Pereira. Mapeamento geomorfológico e pedológico da região de Tangará da Serra - MT: aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e SIG. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 11., 2001, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1333-1340.

PENCK, Walter. (1953). *Morphologie der Erdoberfläche* (Vol. 3). Borntraeger.

PILAU, Eduardo Meira. **Perspectivas geográficas permitentes para uma análise integrada da Cuesta do Haedo Brasil – Uruguai**. 2011. p.: 25. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROBAINA, Luís Eduardo de Souza; TRENTIN, Romário; BORRAS, Marcel Achkar. Compartimentação do relevo do Uruguai com uso de geomorphons obtidos em classificação automática. **Geografia**, Londrina, v.23, n.1, p. 9 – 29, 2023. Doi: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2023v32n1p9>.

ROBAINA, Luis Eduardo Souza; SCCOTI, Anderson Augusto Volpato; TRENTIN, Romário. Zoneamento morfolitológico no Município de Manoel Viana-RS. **Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 1.p. 27-37, jan/abr. 2013

ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; TRENTIN, Romário; BAZZAN, Thiago; RECKZIEGEL, Elisabete Weber; VERDUN, Roberto; NARDIN, Dionara de. Compartimentação Geomorfológica da bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: Proposta de Classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, 2010, p. 11-23. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v11i2.148>

RODRIGUES, Sílvio Carlos; BRITO, Jorge Luís Silva. Mapeamento Geomorfológico de Detalhe Uma proposta de Associação entre o Mapeamento Tradicional e as Novas Técnicas em Geoprocessamento. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 1–7, 2000. DOI: 10.14393/RCG1115243. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15243>. Acesso em: 13 jul. 2023.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do Relevo. **Revista da Pós – Graduação de USP**, São Paulo, n.6, 1992.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches; GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia (Sem Data). **A Taxonomia do relevo e a cartografia geomorfológica regional**. Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/http://sie.unb.br/ugb/livro/Cap25_Ros%20&%20Gouveia%20705-736%20v2.pdf. Acesso em: 21 de Julho de 2023

ROSSATO, Maira Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, tendências e tipologias**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pósgea. 2011. p. 253.

SOUZA, Alexandre do Santos; FURRIER, Max. **Topografia aplicada à geografia**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

THOUTIN, Thierry; GRAY, Laurence. Derivação do modelo digital de elevação de alta resolução a partir de uma imagem Ikonos-II. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2371-2378.

VANACÔR, Roberto Nunes. **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2006. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, 2006, 132 p.

WILDNER, Wilson; RAMGRAG, Gilberto Emilio; LOPES, Ricardo da Cunha; IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Serviço Geológico do Brasil, escala 1:750000. 2006.