

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO

Grégory Cardoso Marmacedo Ribeiro

**Inundações e Alagamento e suas Características Geomorfológicas no
Município de Cachoeirinha – RS**

Porto Alegre

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO

Grégory Cardoso Marmacedo Ribeiro

**Inundações e Alagamento e suas Características Geomorfológicas no
Município de Cachoeirinha – RS**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Bacharelado em Geografia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Nina Simone
Vilaverde Moura

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Ribeiro, Gregory Cardoso Marmacedo
Inundações e Alagamento e suas Características
Geomorfológicas no Município de Cachoeirinha - RS /
Gregory Cardoso Marmacedo Ribeiro. -- 2021.
73 f.
Orientadora: Nina Simone Vilaverde Moura.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2021.

1. Geografia . 2. Mapeamento Geomorfológico. 3.
Cachoeirinha - RS . 4. Inundações . 5. Alagamento. I.
Moura, Nina Simone Vilaverde, orient. II. Título.

Grégory Cardoso Marmacedo Ribeiro

**Inundações e Alagamento e suas Características Geomorfológicas no
Município de Cachoeirinha – RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Tânia Marques Strohaecker – Departamento de Geografia UFRGS

Prof^a. Dr^a. Kátia Kellem da Rosa – Departamento de Geografia UFRGS

Prof^a. Dr^a. Nina Simone Vilaverde Moura – Departamento de Geografia UFRGS
(orientadora)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer e dedicar este trabalho ao meu avô Pedro Marmacedo (*in memoriam*), por tudo que me ensinou ao longo da nossa convivência.

Um agradecimento também em especial a minha mãe Etel, minha tia Clarissa, minha avó Ereny, minha prima Priscilla e minha namorada Mariana, que nunca mediram esforços para me ajudar;

A toda a minha família, por sempre me apoiarem nas minhas decisões e me ajudarem sempre que possível. Não cabe aqui nomear todos, pois são muitos, a todos muito obrigado pelos momentos felizes, aprendizado e paciência, todos são de extrema importância;

À Professora Dra. Nina Simone Vilaverde Moura, minha orientadora, por todos ensinamentos, amizade e ajuda ao longo da pesquisa. Sem dúvidas foi de fundamental importância;

À Professora Dra. Tânia Marques Strohaecker, por ter acreditado no meu potencial e me proporcionado o primeiro contato com a pesquisa científica.

E também a todos os professores do Instituto de Geociências que contribuíram com muito conhecimento e dedicação, fundamentais nesta jornada acadêmica, muito obrigado;

Aos amigos que fiz ao longo do curso, muito obrigado pela amizade de vocês, por compartilhar momentos de alegria e tensão, sempre uns auxiliando os outros nessa caminhada da graduação;

Ao meu padrinho André, por todo o apoio no trabalho de campo e companheirismo na minha trajetória;

Ao Tobias pelas informações que ajudaram na construção dessa pesquisa;

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo ensino de qualidade, toda possibilidade de aprendizado e também pela estrutura ofertada;

A Deus e a todos aqueles que me ajudaram de alguma forma ao longo da realização deste trabalho, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

O estudo traz a caracterização geomorfológica do município de Cachoeirinha – RS, em conjunto com a identificação e análise de pontos de inundações e alagamento, relacionando estes eventos aos aspectos físicos das localidades. O aumento urbano evidenciado nas últimas décadas traz novas dinâmicas para o ambiente, as quais devem ser entendidas. O objetivo principal da pesquisa consiste no Mapa Geomorfológico, identificação das inundações e alagamento, fazendo uma análise dos fenômenos relacionado às características geomorfológicas da área, buscando uma contribuição para a gestão e planejamento urbano do município. A metodologia foi baseada no levantamento bibliográfico e de dados, elaboração da cartografia necessária e identificação dos fenômenos tratados. Além disso, foi realizado um trabalho de campo para averiguação das informações e posterior análise e interpretação dos dados. A geomorfologia do município se diferencia em padrões de formas: em Planície Fluvio-Lagunares com banhado; Planícies Fluviais e em Colinas. Os pontos de inundações ocorrem na parte sul do município, próximo ao baixo curso do Arroio Passinhos, no extremo norte do município, em habitações alocadas às margens do Arroio Sapucaia. O ponto de alagamento tem localização em uma das áreas de maior dinâmica urbana do município, a Avenida General Flores da Cunha. Com base nas evidências a solução para os eventos de inundações não está ligada a canalização dos cursos d'água ou obras neste sentido e sim a preservação das áreas e alocação das populações em áreas habitáveis de baixo risco, respeitando as suas vontades. No que diz respeito ao ponto de alagamento, recentemente foram realizadas obras com o objetivo de controlar o processo, essas obras devem ser acompanhadas e fiscalizadas afim de se compreender em que medidas elas foram efetivas. As análises feitas no presente estudo, podem servir para outras áreas do município, podendo ajudar no planejamento público, e, como consequência, propiciar aos moradores locais uma melhor qualidade de vida.

Palavras-Chave: Cachoeirinha – RS; Mapeamento Geomorfológico; Inundações; Alagamento.

ABSTRACT

The study brings the geomorphological characterization of the municipality of Cachoeirinha - RS, together with the identification and analysis of flood and inundation points, relating these events to the physical aspects of the localities. The urban increase evidenced in the last decades brings new dynamics to the environment, which must be understood. The main objective of the research consists in the Geomorphological Map, identification of floods and inundation, making an analysis of the phenomena related to the physical characteristics of the area, seeking a contribution to the management and urban planning of the city. The methodology was based on bibliographic and data survey, elaboration of the necessary cartography and identification of the treated phenomena. Besides this, a field work was carried out to verify the information and later analysis and interpretation of the data. The geomorphology of the municipality is differentiated in shape patterns: in Fluvio-Lagunar Plains with swamp; Fluvial Plains and Hills. The points of flooding occur in the southern part of the municipality, near the lower course of the Passinhos stream, in the extreme north of the municipality, in houses located on the banks of the Sapucaia stream. The flooding point is located in one of the most dynamic urban areas of the city, Avenida General Flores da Cunha. Based on the evidence, the solution to the events of flooding is not linked to the channeling of waterways or works in this direction, but the preservation of the areas and allocation of populations in low-risk habitable areas, respecting their wills. In relation to the flooding point, works have recently been carried out with the objective of controlling the phenomenon; these works must be followed up and inspected in order to understand how effective they have been. The analyses made in this study can be used in other areas of the municipality, helping in public planning and, as a consequence, providing local residents with a better quality of life.

Keywords: Cachoeirinha – RS; Geomorphology Mapping; Inundation; Flood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Habitações em Áreas Irregulares.....	17
Figura 2 - Alagamento na Av. Flores da Cunha.....	19
Figura 3 - Diferentes Elevações do Nível de um Rio	20
Figura 4 - Perfil Esquemático do Processo de Enchente e Inundação	20
Figura 5 - Esquema dos Táxons.	25
Figura 6 - Localização dos Pontos de Trabalho de Campo	30
Figura 7 - Localização do Ponto 1	52
Figura 8 - Localização do Ponto 2.....	53
Figura 9 - Área de Confluência entre Cursos d'água.....	55
Figura 10 - Localização do Mato do Júlio e Pontos de Estudo	56
Figura 11 - Ecobarreira Carregada de Resíduos Sólidos.	57
Figura 12 - Casas as Margens do Arroio Sapucaia..	59
Figura 13 - Assoreamento e Solapamento no Arroio Passinhos	60
Figura 14 - Localização do Ponto 3.....	61
Figura 15 - Avenida Flores da Cunha.....	62
Figura 16 - Perfil de Elevação da Área de Alagamento Norte/Sul.	63
Figura 17 - Perfil de Elevação da Área de Alagamento Oeste/Leste	63
Figura 18 - Alagamento.....	64
Figura 19 - Sistema de Drenagem Urbana, Tipos de Bocas de Lobo.....	65

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Padrão em forma de Planície Fluvio-Lagunar com Banhado.	41
Foto 2 - Padrão em Forma de Planície Fluvial com Alteração Antrópica	42
Foto 3 - Padrão em Forma de Planície Fluvial.	42
Foto 4 - Padrão de Formas em Colinas.....	43
Foto 5 - Construção do Conduto Forçado.	65

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização do Município de Cachoeirinha em Relação ao Estado do Rio Grande do Sul.....	15
Mapa 2 - Unidades Morfoesculturais do Estado do Rio Grande do Sul.	31
Mapa 3 - Geologia de Cachoeirinha – RS. Fonte: Estudo Ambiental do Município de Cachoeirinha – RS.....	34

Mapa 4 - Mapa Hipsométrico do Município de Cachoeirinha - RS.....	37
Mapa 5 - Mapa de Declividade do Município de Cachoeirinha - RS.....	38
Mapa 6 - Mapa Geomorfológico do Município de Cachoeirinha - RS.	40
Mapa 7 - Sub-bacias do Município de Cachoeirinha - RS.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão Geomorfológica... ..	35
Quadro 2 - Divisão Geomorfológica.. ..	35
Quadro 3 - Classificação da Capacidade de Drenagem do Solo.....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 Justificativa	14
1.3 Localização da Área de Estudo.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Geomorfologia Urbana	16
2.2 Alagamentos e Inundações	17
2.3 Geoprocessamento	21
2.4 Cartografia Geomorfológica	22
3. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	26
3.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico	26
3.2 Elaboração dos Mapas.....	27
3.2.1 Mapas Hipsométrico e Clinográfico.	27
3.2.2 Mapa Geomorfológico	28
3.3 Trabalho de Campo	29
4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA MUNICÍPIO DE CACHOEIRINHA – RS	31
4.1 Contexto Regional.....	31
4.2 Geologia do Município de Cachoeirinha – RS	32
4.3 Mapeamento Geomorfológico de Cachoeirinha – RS.....	35
4.3.2 Depressão Periférica	43
5. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA, HIDROLÓGICA E PEDOLÓGICA DE CACHOEIRINHA – RS	44
5.1 Características Climáticas.....	44
5.2 Características Pedológicas	46
5.3 Características Hidrológicas.....	48

6. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTO	51
6.1 Localização dos Pontos de Inundações	51
6.2 Caracterização dos Pontos de Inundações	53
6.2.1 Ponto 1 – Parque da Matriz	54
6.2.2 Ponto 2 – Meu Rincão	58
6.3 Localização e Características do Ponto de Alagamento.....	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
8. REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano no Brasil tem aumentado desde meados da década de 1930 devido às mudanças estruturais na economia e na sociedade brasileira. Somente na década de 1970 a população urbana supera a população rural (Brito e Souza 2005). Segundo dados do IBGE, em 1940, a população urbana correspondia a 26,3%, já nos anos de 1980 esse número saltou para 70%, ou seja, em 40 anos, o número de pessoas morando em área urbana aumentou cerca de 43%. Processos como o de industrialização e o êxodo rural contribuíram fortemente para esta expansão das cidades.

Devido a esta rápida e desordenada expansão urbana, surgem novas necessidades, novos problemas em decorrência de uma mudança bastante perceptiva no espaço geográfico. Como consequência destas mudanças espaciais e o surgimento de novas necessidades no plano de planejamento urbano e cuidado ambiental, o campo da geomorfologia ligada às questões urbanas vem sendo muito importante. A geomorfologia urbana consiste em um conjunto de técnicas e análises que visam explicar, entender ou mesmo conseguir prever os processos e seus potenciais danos ao meio urbano.

O aumento exponencial da população urbana registrado nos últimos séculos, torna obrigatório a análise de processos, formas e materiais produzidos na relação entre a natureza e os espaços urbanos, visto que estes alteram significativamente as paisagens naturais (Guerra *et. al.*, 2006 apud Filho, 2012).

Dentro destes novos processos causados em consequência da urbanização, destacam-se os alagamentos e inundações, associados diretamente a modificação do uso e ocupação do solo, resultantes da ação do homem. É observada uma profunda alteração no meio natural que causam alterações em dinâmicas importantes, como a impermeabilização do solo, a ocupação de áreas que não são adequadas para atividades humanas e a remoção de vastas áreas de cobertura vegetal. Tudo isso gera consequências para o meio urbano e para a sociedade inserida em determinado espaço, implicando principalmente em questões como saneamento básico, mobilidade urbana, perdas materiais ou em casos extremos, risco de vida. Como aponta Goudie (1994), temos o homem como um agente geomorfológico, em que suas

ações implicam nas formas, processos e materiais, atuando de maneira direta ou indireta.

Com base nos postulados geomorfológicos, o presente trabalho teve o intuito de elaborar o mapa geomorfológico do município de Cachoeirinha seguindo as orientações metodológicas de Ross (1992). Além disso, identificar os principais pontos de alagamentos e inundações no município, visando uma contribuição ao planejamento urbano municipal. As análises feitas visam explicar a ocorrência destes fenômenos nos pontos identificados, além de apontar possíveis soluções para os mesmos. Outras informações levantadas durante o trabalho, buscaram identificar as dinâmicas da natureza relevantes para uma melhor qualidade de vida da população local.

A grande parte dos municípios brasileiros não se desenvolveu de forma planejada, a maioria se desenvolveu de maneira orgânica. Diante disso, surgem diversos problemas ambientais urbanos que, na maioria das vezes, são considerados apenas as suas consequências no trato da administração pública. A falta de um planejamento urbano eficaz é responsável todos os anos por perdas materiais e perdas cujo valor monetário não pode ser estimado.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é identificar os principais pontos de inundações e alagamentos em Cachoeirinha – RS e estabelecer suas relações com a compartimentação de relevo do município, visando uma contribuição para a gestão e o planejamento municipal.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo principal seja alcançado, fez-se necessário traçar objetivos específicos, sendo eles:

- Elaborar o mapeamento geomorfológico do município, destacando seus compartimentos de relevo;
- Identificar os principais pontos de alagamentos ou inundações;

- Traçar relações entre os pontos de alagamentos ou inundações, a partir do mapeamento geomorfológico e das observações de campo.

1.2 Justificativa

O estudo geomorfológico se torna cada vez mais importante ao pensarmos na questão da expansão urbana. Ele atende a diversas necessidades político-administrativas e auxiliam como instrumento técnico de apoio a diversos interesses políticos e sociais (Ross 1992). Cachoeirinha é um município que constantemente sofre com problemas de drenagem urbana, é comum quando há presença de chuvas mais intensas que os moradores locais enfrentem problemas, como: residências invadidas pelas águas, perdas materiais, problemas de locomoção pela baixa visibilidade, e até mesmo questões sanitárias. Estes problemas são provenientes de alagamentos ou inundações, diretamente ligados à impermeabilização do solo atrelada a um sistema de drenagem ineficiente e à ocupação de áreas impróprias para moradia.

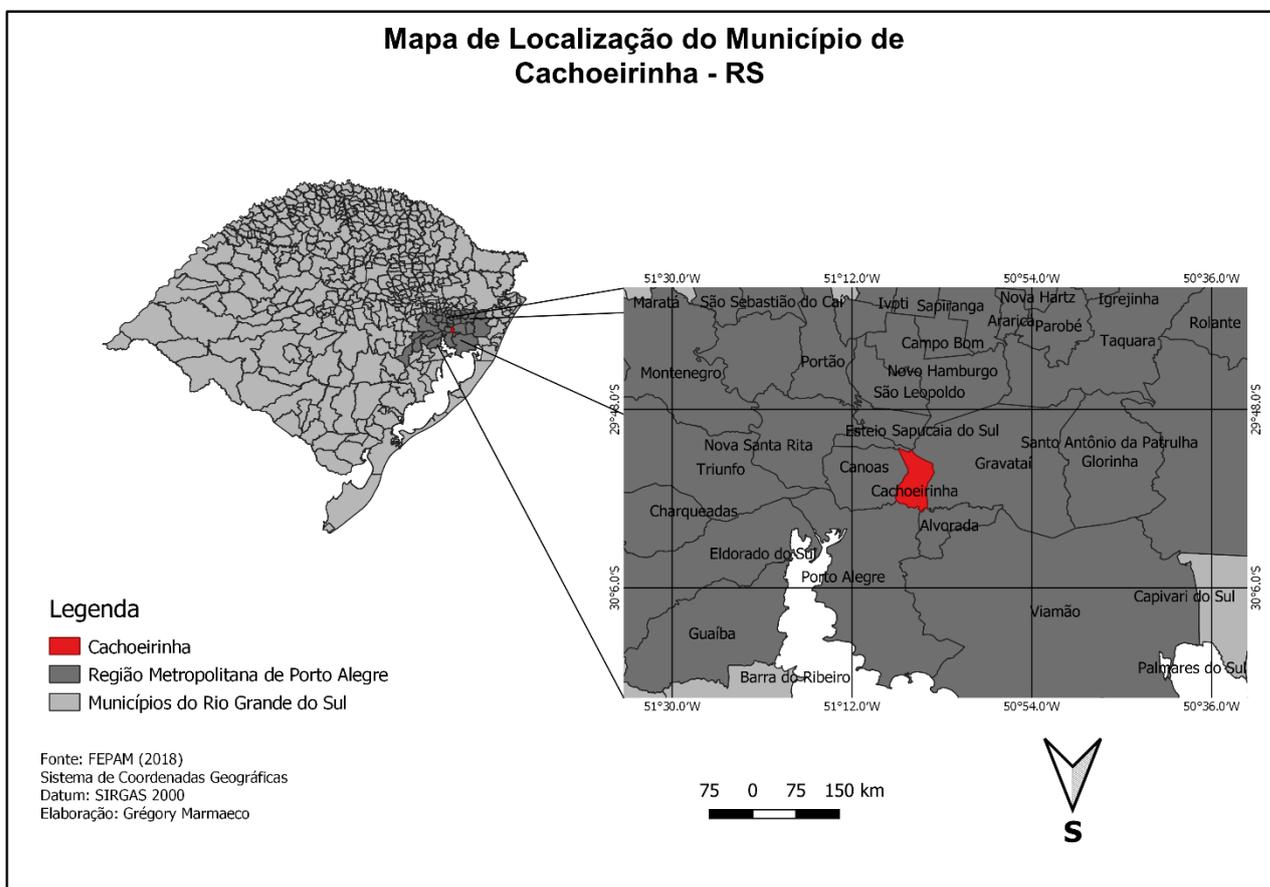
Em eventos de alta intensidade pluviométrica é comum que a principal via da cidade, a Avenida Flores da Cunha, que segundo Ramos *apud* Alliard (2016) a circulação diária chega a 120.000 veículos, fique com diversos pontos alagados, o que afeta diretamente a mobilidade urbana da área, dificultando a locomoção dos moradores locais, pois boa parte do comércio e demais serviços ficam próximos a avenida. A falta de drenagem eficiente também é uma questão problemática em diversos bairros do município. Outro problema que também ocorre no município é a ocupação de áreas suscetíveis às inundações, como as margens do Rio Gravataí e dos Arroios Águas Mortas, Brigadeiro, Sapucaia e Passinhos, que em seus períodos de cheias costumam atingir casas próximas a planície de inundação. Essas questões impactam diretamente na mobilidade, saúde e causam impactos econômicos para os moradores locais.

O presente trabalho visa por meio da ótica da geomorfologia contribuir para o planejamento urbano municipal, logo o mapeamento geomorfológico se torna peça importante no planejamento urbano ou rural uma vez que por meio dele é possível identificar possíveis áreas de riscos ou sujeitas a determinados eventos, podendo

assim, serem evitadas ou trabalhadas de modo que não se tenha perda de vidas ou eventuais perdas materiais desnecessárias.

1.3 Localização da Área de Estudo

O município de Cachoeirinha situa-se na parte leste do Estado do Rio Grande do Sul, faz parte da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), umas das menores cidades da RMPA em extensão territorial, com 44.018 Km², ainda assim é a 9ª cidade mais populosa da região, com 118.278 habitantes segundo o último Censo (IBGE, 2010). Faz divisa ao sul com Porto Alegre e Alvorada, ao norte com Esteio e Sapucaia do Sul, em sentido oeste com Canoas e, por fim, à leste como município de Gravataí, do qual emancipou-se no ano de 1965 (IBGE). (Mapa 1)



Mapa 1 - Localização do Município de Cachoeirinha em Relação ao Estado do Rio Grande do Sul. Elaborado por: Autor (2021).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geomorfologia Urbana

A geomorfologia é a ciência que trata do estudo das formas de relevo, levando em conta a origem, a estrutura, a natureza das rochas e o clima no qual os materiais são expostos, dessa maneira, considera as forças exógenas e endógenas que atuam na formação do relevo (Guerra e Guerra, 2005). Na visão de Goudie e Viles (1997) a geomorfologia urbana seria o entendimento entre a relação dos fatores do meio físico com os impactos antrópicos. Estes impactos antrópicos são atualmente também responsáveis pela alteração da geomorfologia original, alterando características básicas e como consequência o surgimento de novos processos morfodinâmicos (FUJIMOTO, 2005).

Apenas mais recentemente, segundo Gregory (1992), a geomorfologia tem equilibrado os estudos que envolvem processos naturais e antrópicos. Ainda como aponta Suertegaray (1997), o homem como agente transformador do relevo no Brasil começa a ser considerado, nos estudos de Geomorfologia a partir de 1950. Vemos o homem atuando nos três pilares da geomorfologia, as formas, os processos e os materiais, assim temos o homem como um agente geomorfológico, como aponta Goudie (1994). A intervenção antrópica está majoritariamente ligada ao 6º táxon (Ross, 1992), que é responsável pelas menores formas, que são resultado dos processos morfogenéticos atuais e em grande parte consequência de ações antrópicas, como aterros, ravinas e até mesmo assoreamentos. As ações do homem, de acordo com Peloggia (1998) podem estar presentes no quarto e quinto táxon. No quinto táxon vemos formas de vertentes contidas em cada forma de relevo, como encostas com terraplanagem e aterros. Já no quarto táxon, correspondente a formas de relevo individualizadas dentro de uma unidade morfológica, como as planícies tecnogênicas (FUJIMOTO, 2005).

Contudo, podemos notar que, através da interferência do homem na geomorfologia original, são geradas consequências que podem acarretar em prejuízos como: deslizamentos, alagamentos, assoreamentos, ocupação impróprias à habitação (Figura 1), entre outros. Estas alterações que ocorrem nas vertentes ou no sistema fluvial das áreas de desenvolvimento da malha urbana acabam por expor as

pessoas a riscos de perdas materiais ou até mesmo risco de vida. A identificação da superfície geomorfológica em conjunto com o mapeamento das áreas de maior ocorrência de alagamentos e inundações ou outros problemas ocasionados pelas intervenções antrópicas se torna indispensável para pensar a gestão e o planejamento urbano de qualquer município.

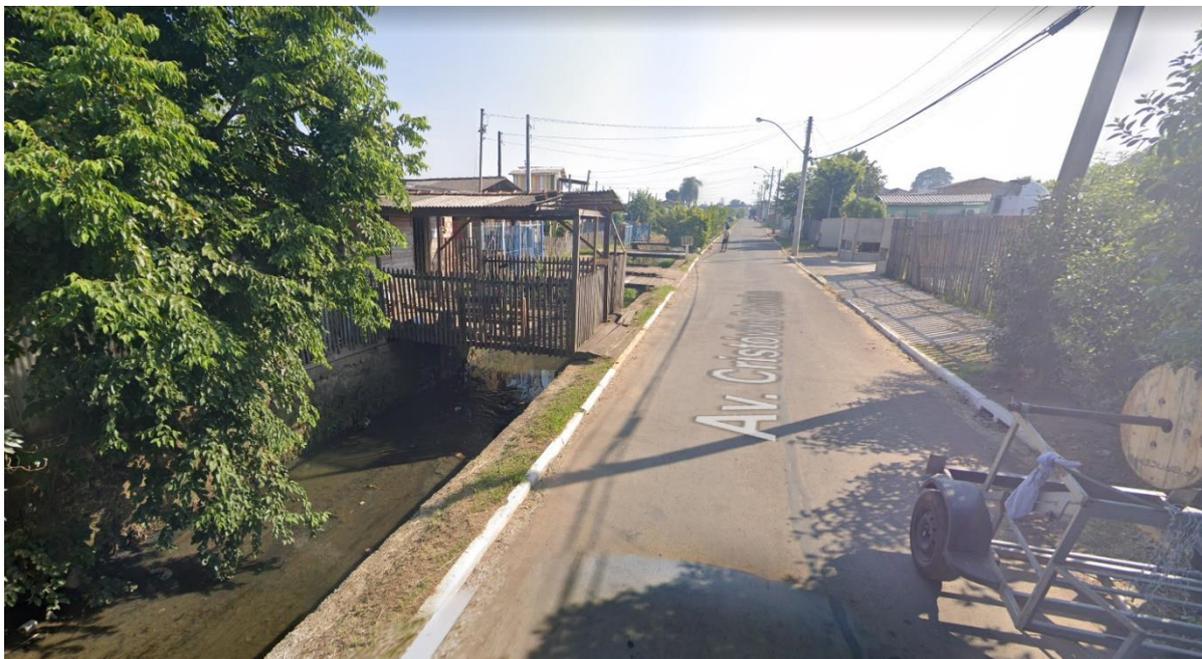


Figura 1 - Habitações em Áreas Irregulares. Av. Cristóvão Colombo, bairro Jardim do Bosque, Cachoeirinha – RS. Fonte: Google Street View. Maio (2017).

2.2 Alagamentos e Inundações

As águas das chuvas comumente são encaradas como inimigas pelos gestores de planejamento urbano. É comum que verdadeiras batalhas sejam travadas na tentativa de canalização ou alteração nos canais fluviais, modificando completamente a dinâmica hidrológica de vastas áreas. Estas modificações são decorrentes de uma cultura técnica urbanística de impermeabilização de grande parcela do solo onde se tem o desenvolvimento de cidades (SANTOS, 2012, pg 46).

Segundo Tominaga *et. al.* (2009), a probabilidade de ocorrência dos eventos de inundação ou alagamentos é resultado da combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos. Dentro dos condicionantes naturais se destacam: a forma do relevo; características do solo e seu teor de umidade; a quantidade de cobertura vegetal; intensidade e quantidade das chuvas. Na parte dos condicionantes de origem

antrópica se destacam: o uso e ocupação em áreas de planícies e margens dos cursos d'água; o descarte indevido próximo aos cursos d'água; modificações de características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água - dentro destas modificações ganham destaque a retificação e canalização dos cursos de água e a impermeabilização do solo - e por fim, a intensificação dos processos de erosão e assoreamento.

À medida que ocorre o processo de impermeabilização do solo, ocorre também a aceleração do escoamento por meio de condutos e canais, aumentando a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem, ocasionando inundações mais frequentes do que quando o escoamento se dava pelo ravinamento natural e a superfície era mais permeável, estas inundações se dão devido à urbanização ou à drenagem urbana (Tucci, 2012).

De acordo com Castro *et. al*, (2003) nos eventos de alagamentos o acúmulo de água depende mais de uma drenagem deficiente, dificultando a vazão da água acumulada, do que propriamente das precipitações.

A ocorrência dos alagamentos é diretamente causada pela redução da infiltração natural dos solos, os condicionantes para isso são: compactação e impermeabilização do solo; pavimentação das ruas e construção de calçadas, que reduzem a superfície de infiltração; construção de edificações adensadas, acumulação de detritos em galerias pluviais e insuficiência da rede de galerias fluviais (Castro, 2003).

Para uma melhor compreensão do problema da impermeabilização em áreas urbanas, considere o Coeficiente de Escoamento Superficial (CES), responsável por indicar o volume total da chuva que escoar superficialmente em direção às drenagens. Nesse contexto, é sabido que nos grandes centros urbanos do Brasil, o CES gira em torno de 85%, tendo assim, esse montante da precipitação, escoando superficialmente, o que compromete diretamente o sistema de drenagem destas áreas. Para efeito de comparação em uma floresta, este mesmo índice é de aproximadamente de 20%, ou seja, 80% do volume de chuvas é retido na cobertura vegetal e/ou infiltradas no solo (SANTOS, 2012, pg 46).

Devido a esse aumento da quantidade de água escoando superficialmente, um sistema de drenagem eficiente torna-se crucial para uma boa qualidade de vida em grandes cidades, tendo em vista que estes problemas são sempre tratados a partir das consequências e quase nunca são previstos, devido às más políticas de gestão e

planejamento urbano. Medidas de ampliação do sistema de drenagens construídas, o desassoreamento das redes de drenagem e a preservação de áreas verdes nas cidades são apenas algumas das ações tomadas em áreas de urbanização que enfrentam estes tipos de problemas.

Conforme o IPT (2007) enchentes e inundações (Figura 3) são uns dos principais tipos de desastres naturais que atingem constantemente diferentes comunidades em todo o planeta, presente tanto em áreas rurais como em áreas metropolitanas. Esses processos de origem hidrometeorológica nada mais são que parte da dinâmica natural, ocasionados por chuvas rápidas e fortes ou chuvas intensas de longa duração e intensificado pela ação dos seres humanos, como a urbanização ocasionando a impermeabilização do solo, retificação dos cursos d'água e a redução de escoamento nos canais devido ao assoreamento ou obras.

Ainda, segundo informações do IPT (2007), diversas cidades brasileiras apresentam problemas de enchentes e inundações, sendo que, as regiões metropolitanas apresentam maior risco devido ao maior número de núcleos habitacionais de baixa renda e com ocupações em áreas marginais dos cursos d'água.

Os alagamentos (Figura 2) podem ser definidos como um acúmulo momentâneo de águas em uma área devido a problemas no sistema de drenagem do local, podendo ou não ser relacionado com a processos de natureza fluvial (IPT, 2007).



Figura 2 - Alagamento na Av. Flores da Cunha. Cachoeirinha - RS Fonte: Band.

Enchente é classificada como “uma elevação do nível normal da água de um rio, sem extravasamento de água para além do canal principal”, já as inundações são como “um tipo particular de enchente caracterizada pelo extravasamento de água para além do canal principal do rio, atingindo áreas que comumente são secas” (CERRI, 1999 apud NASCIMENTO, 2015).

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2017) enchente é a elevação do nível d’água normal da drenagem, ocasionado pelo aumento de descarga, ocupando então uma área caracterizada como o leito maior do rio, mostrado nas Figura 3 e 4. Na inundação o volume de água extravasa para além da calha principal do rio, ocupando áreas marginais, chamadas de terraços (Figura 3), que comumente não são ocupadas pela água, essas áreas também podem ser caracterizadas como planícies de inundação.

A dimensão e frequência das inundações se dá em função da intensidade e distribuição da precipitação, infiltração de água no solo, grau de saturação do solo, além de características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (TOMINAGA et al. 2009).

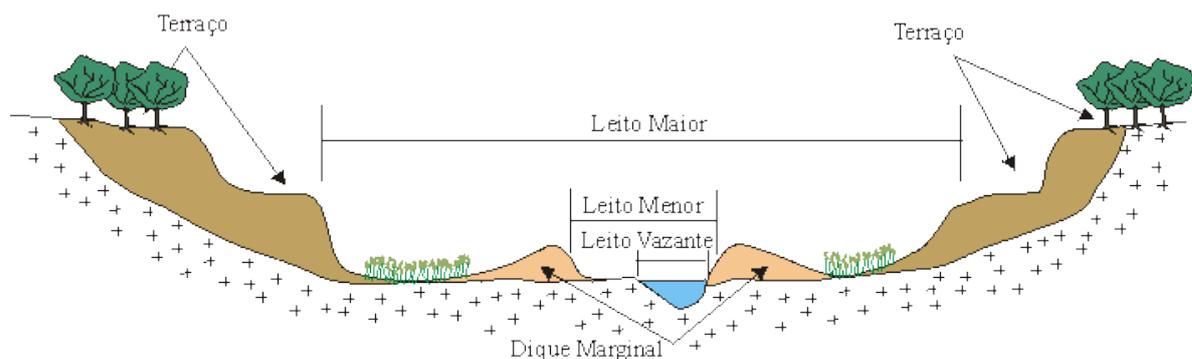


Figura 3 - Diferentes Elevações do Nível de um Rio. Fonte: Universidade Estadual Paulista (2001).



Figura 4 - Perfil Esquemático do Processo de Enchente e Inundação. Fonte: IPT (p. 92, 2007)

2.3 Geoprocessamento

O geoprocessamento, que faz uso de técnicas matemáticas e computacionais para tratar informações geográficas, vem exercendo crescente influência sobre áreas como cartografia, análise dos recursos naturais, transportes, entre outros. O avanço computacional tecnológico da segunda metade desse século permitiu a evolução das ferramentas computacionais do geoprocessamento, que são denominadas Sistema de Informações Geográficas (SIG). Tais ferramentas possibilitam a integração de dados de fontes variadas e a criação de banco de dados georreferenciados, o que permite análises mais complexas, além de tornar possível a automatização da cartografia (Câmara, Davis e Monteiro, 2001).

Ainda de acordo com Câmara, Davis e Monteiro (2001) o geoprocessamento teve, na década de 80, um momento importante no Brasil e no mundo. O sistema GIS se beneficiou muito pelo avanço da microinformática, ainda no decorrer da década de 80 o barateamento do trabalho gráfico, o surgimento de computadores de uso pessoal e dos sistemas que gerenciam banco de dados relacionais foram fatores que corroboraram para a difusão do uso de GIS.

Diversos ramos da pesquisa alegam ser a base fundamental na qual se acomoda a ocupação humana na superfície terrestre. Por exemplo a Biologia com os estudos da interdependência de fatores bióticos, físicos e socioeconômicos do ambiente, também está fornecendo entendimento da base funcional da ocupação humana. A Geologia colocando o humano sobre a litologia e estruturas da crosta terrestre, mostrando o uso de recursos minerais tanto na economia como na própria alimentação dos humanos. Pela ótica da Geomorfologia é feita a identificação, classificação e análise das formas de relevo da superfície terrestre, assim, sistematizando o conhecimento sobre a forma e a natureza do substrato onde as atividades humanas se desenvolvem (Guerra *et al*, 1994, pg 393).

Esta sistematização faz o uso de conhecimentos interdisciplinares, gerando assim conhecimento taxonômico de grande valor. Logo, as classificações geomorfológicas podem ser usadas na organização do conhecimento ambiental, servindo de base para interpretações de cenários territoriais coerentes. Quando usada junto às ferramentas SIG, esses cenários ambientais ganham uma maior aplicabilidade e complexibilidade. Modelos tridimensionais de terreno, análise das redes de drenagem e estimativa de impactos ambientais são apenas alguns dos

exemplos do uso integrado entre os conhecimentos do campo geomorfológico e SIG (Guerra *et al*, 1994:394).

Como dito, nos estudos da geomorfologia, quanto às formas de relevo e processos, diversas informações são obtidas através do geoprocessamento, sendo ele, assim, indispensável. A partir do uso de *softwares* de geoprocessamento pode ser elaborado a rede de drenagem, as curvas de nível, as localidades, em suma, ser usado conforme o objetivo, podendo gerar mapas morfométricos (hipsométrico ou clinográfico).

O mapa hipsométrico torna-se indispensável para análises geomorfológicas, por evidenciar as diferentes feições do relevo, permitindo assim a visualização dos pontos mais altos ou mais baixos e também os seus limites. O mapa de declividade é entendido como a inclinação do relevo sobre o plano horizontal, podendo suas classes serem representadas em percentual ou graus.

Os dados dos mapas morfométricos podem ser gerados utilizando a malha triangular ou *TIN* (*Triangular Irregular Network*), uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco é responsável por representar uma superfície através de faces triangulares interligadas (Câmara, Davis e Monteiro, 2001).

2.4 Cartografia Geomorfológica

Desde o início da civilização existe interesse no conhecimento espacial dos fenômenos terrestres, a busca por conhecer a localização dos mesmos, sua distribuição e o porquê de ocorrem de tal maneira. Nos dias atuais o foco da preocupação está no futuro, a busca por tentar prever os fenômenos para que se possa encontrar soluções que levem a manutenção do estado de equilíbrio (APUD, ARGENTO, 2007).

Logo, se torna importante ter um maior conhecimento sobre como esses fenômenos ocorrem, para que assim, seja possível prevenir e mediar situações de risco da melhor forma. A cartografia se torna instrumento crucial para essas ações preventivas, permitindo a espacialização e correlação dos fenômenos (PENTEADO, 2011).

Para esse estudo, as análises geomorfológicas, baseiam-se na proposta de ordenamento dos estudos geomorfológicos de Ab'Saber (1969), que descreve,

inicialmente, as formas do relevo em seus diferentes níveis de escala tanto quanto possível. Em um segundo momento, relaciona a geomorfologia com a geologia, buscando informações sobre a cobertura superficial da paisagem e, assim, informações sobre a cronogeomorfologia. Em terceiro e último momento, tenta entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, buscando trazer para análise, os impactos atuais, a dinâmica climática, a hidrodinâmica e as intervenções antrópicas. Desta forma, as três etapas são:

1° Compartimentação Topográfica – Baseia-se na compartimentação do relevo, na caracterização e descrição das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados;

2° Estrutura Superficial da Paisagem – Caracteriza-se pelo estudo da relação entre geomorfologia e geologia, para a organização das informações sobre a cronogeomorfologia;

3° Fisiologia da Paisagem – Relação entre a dinâmica dos processos morfoclimáticos, pedogenéticos e a ação do homem sobre a paisagem.

A cartografia é entendida como uma representação geométrica plana e, de certa forma, simplificada da superfície terrestre ou da parte que se deseja representar (IBGE). A observação e representação da superfície terrestre é importante na organização das sociedades. Desde a antiguidade até os períodos atuais as informações espaciais são escritas por cartógrafos e utilizadas por guerreiros, navegadores e pesquisadores. O que atualmente é conhecido como mapa é a mais antiga forma de comunicação visual de toda humanidade (OLIVEIRA, 1993 *apud* ASSAD E SANO, 1998). Por meio da cartografia podemos ver a área de estudo de diferentes óticas, com mais ou menos detalhes, dando ênfase aos aspectos fundamentais do estudo e inserindo na análise desde características físicas do terreno até aspectos econômicos e sociais, todas essas sendo representadas espacialmente. No caso da cartografia geomorfológica será utilizado uma ótica física ao terreno, onde serão apresentadas as formas de relevo.

A cartografia geomorfológica é um instrumento de fundamental importância para a espacialização de fatos geomorfológicos, permite representar desde a gênese das formas de relevo, a relação da estrutura com os processos, como também a morfodinâmica, considerando suas singularidades (CASSETI, 2006).

Para a classificação do relevo foram utilizados os conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas, no qual o primeiro consiste nas maiores unidades, tendo relação

direta com a geologia das formas de relevo. Já a morfoescultura são as formas ou tipos de relevo que estão inseridos na morfoestrutura. Será utilizada a proposta taxonômica de Ross (1992), que consiste em 6 táxons que compõem toda a estrutura do relevo, esquematizada na Figura 5.

Primeiro táxon - é caracterizado por ser o maior deles, ele está ligado à morfoestrutura da área de estudo.

Segundo táxon - de menor área é caracterizado pelas unidades morfoesculturais, que são geradas por ações climáticas ao longo do tempo na morfoestrutura. Assim é possível que se tenha mais de uma unidade morfoescultural dentro da morfoestrutura.

Terceiro táxon - o terceiro táxon representa unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes que estão contidos nas unidades morfoesculturais.

Quarto táxon - são as formas de relevo individuais dentro de cada unidade de padrão de formas semelhantes, estas formas podem ser de agradação, como terraços fluviais ou marinhos e denudação como colinas e morros.

Quinto táxon - são as vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas individualizadas de relevo.

Sexto táxon - são as menores formas, resultantes de processos erosivos ou depósitos atuais.

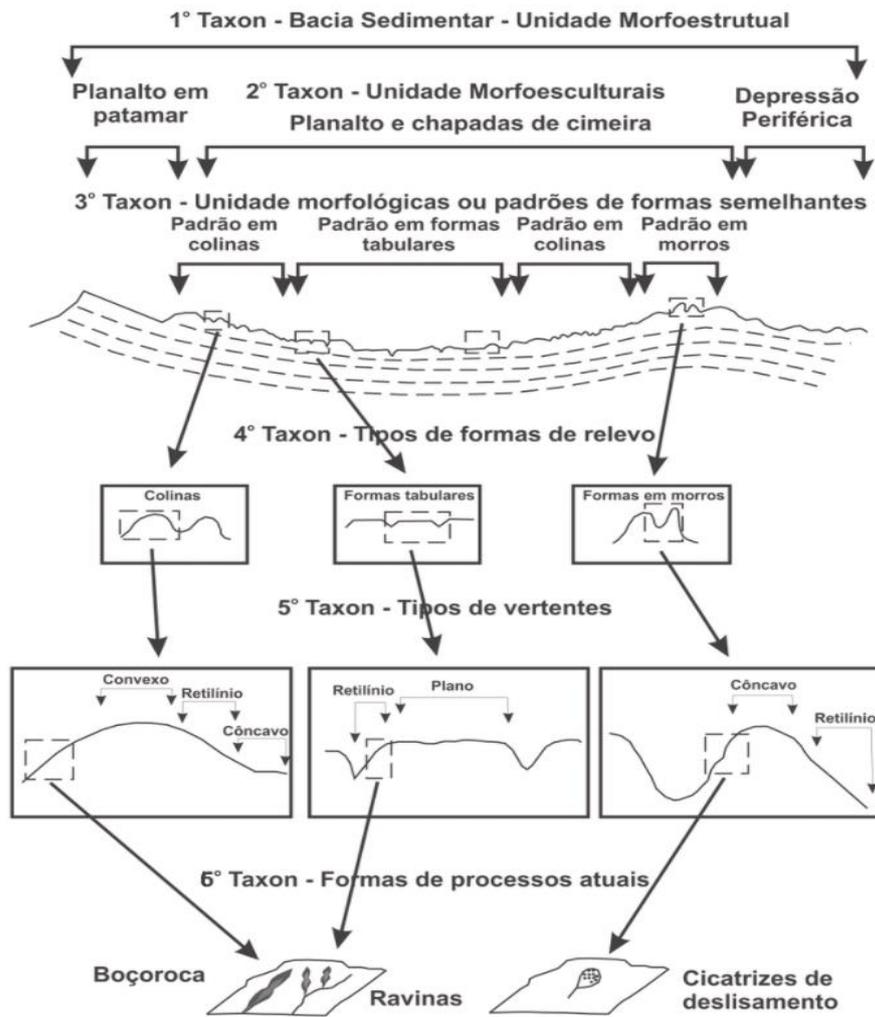


Figura 5 - Esquema dos Táxons. Elaborado por: Jurandy L. S. Ross

3. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

A metodologia é dividida em quatro etapas, inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico e de dados. Na segunda etapa foram elaborados os mapas clinográfico, hipsométrico e geomorfológico, bem como, a identificação dos pontos de alagamentos e inundações. Na terceira etapa, foi realizado o trabalho de campo, voltado a análise da compartimentação do relevo e a verificação das informações geradas a partir do geoprocessamento, além de observações nas áreas de inundações e alagamentos. Por fim, na quarta etapa, os dados obtidos no decorrer da pesquisa foram analisados e interpretados.



Fluxograma 1: Etapas metodológicas.

3.1 Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

Nessa etapa foi realizada a busca de material bibliográfico sobre a geomorfologia, inundações, alagamentos e demais dados referentes ao município de Cachoeirinha (RS), bem como os referenciais metodológicos e teóricos necessários para análise e interpretação. A existência de cartografia com informações, como a morfometria e altimetria do município é praticamente nula, portanto, faz-se necessário a elaboração de mapas com tais informações. Esses mapas foram elaborados com base em dados presentes em sites como da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) e do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

A principal fonte de conhecimento sobre estruturas geológicas e geomorfológicas do município deve-se ao Plano Ambiental Municipal que foi

coordenado pelo Engenheiro Agrônomo Dr. Mario Buede Teixeira *et. al.* (2007). O estudo contém diversos dados referentes ao município, desde a qualidade do ar até o patrimônio histórico e cultural local. A parte de maior importância como referência para este trabalho está presente na Parte 1 – Ambiente Natural, no tópico 2 – Geologia, Geomorfologia e Paleontologia, onde estão reunidas as informações como a divisão geomorfológica e geológica do município de Cachoeirinha, informações essas que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho.

Por fim, nessa etapa da pesquisa foram realizadas visitas à Secretaria Municipal de Planejamento e Captação de Recursos (SMPCR), a fim de colher informações acerca do município de Cachoeirinha (RS), principalmente referente às questões de identificação dos principais pontos de alagamentos e inundações que acontecem no município.

3.2 Elaboração dos Mapas

3.2.1 Mapas Hipsométrico e Clinográfico.

Tanto o mapa hipsométrico como o clinográfico foram elaborados a partir de dados *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, disponibilizados no site do *USGS*. Esses dados foram coletados nos anos 2000 pela nave espacial Endeavour. Segundo a *USGS*, a coleta desses dados se dá por meio de método interferométrico, que compara dois sinais obtidos de radar de ângulos ligeiramente diferentes, com a diferença entre estes sinais é feito o cálculo de elevação da superfície. Conforme as especificações da missão *SRTM*, a precisão vertical dos modelos digitais de elevação é de 16 m, com 90% de precisão (RABUS *et. al.*, 2003). Ainda, segundo Rodrigues *et al. Apud Viel et al.* (2020), o MDE possui resolução espacial de 30 m para a América do Sul, com 90% dos pontos analisados com erro altimétrico inferior a 9 m.

O mapa hipsométrico representa a distribuição de altitude da área de estudo, é apresentado em uma paleta de cores, variando do verde para cotas mais baixas até o vermelho para as mais altas.

O mapa clinográfico mostra a declividade do terreno em relação ao plano horizontal, isso pode ser expresso em graus ou percentual, obtida através da variação de altitude entre dois pontos pela relação da distância entre os pontos.

A partir dos dados em formato *SRTM* são gerados os dados no formato *raster*, denominados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), gerando assim imagens com informações altimétricas da área desejada. Esses dados foram manipulados dentro de ferramenta GIS (*QGIS* 3.10.14).

Para o mapa hipsométrico (Mapa 3) foi utilizado o método discreto para a representação da imagem. Esta opção foi escolhida pois representa cada classe de altitude com apenas uma cor, facilitando a visualização do relevo local. O gradiente de cores escolhido para a representação vai da cor verde escuro para as áreas mais baixas no município, até o vermelho, representando as áreas de maior elevação. A elaboração do mapa de declividade (Mapa 4), se dá a partir do mapa hipsométrico, através das opções de análise de declividade dentro do *software* QGIS.

Os arquivos em formas de vetores, como divisões municipais, rodovias ou hidrografia estão disponíveis no site da FEPAM-RS. Esses dados são responsáveis pela representação visual dos corpos hídricos, estradas, assim como os limites municipais. A escolha desses dados se deu pelo fato de os limites municipais serem melhor representados em comparação com outras fontes de dados vetoriais.

Os mapas hipsométricos, clinográfico e geomorfológico foram todos elaborados através do *software* de código aberto QGIS (3.10.14), por ser uma ferramenta de trabalho gratuita, de fácil acesso e de domínio do pesquisador durante o curso de Geografia.

3.2.2 Mapa Geomorfológico

O mapa geomorfológico foi elaborado por meio da análise e interpretação dos dados e dos resultados obtidos ao longo desse estudo, tais como as informações geomorfológicas contidas no Estudo Ambiental do Município de Cachoeirinha, imagens aérea e de satélite do município, mapas clinográficos, hipsométricos, geológico e trabalho de campo. As imagens aéreas foram disponibilizadas pela empresa Geomais Geotecnologia LTDA. em convênio com a prefeitura municipal e as imagens de satélite foram obtidas do Google Earth Pro.

Observações a partir do mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Alvorada e Viamão, também foram fundamentais para auxiliar na identificação de feições na parte mais ao sul do município de Cachoeirinha – RS.

A partir da análise de todas estas informações, o primeiro esboço do mapa foi feito à mão, apenas para caracterizar visualmente as áreas e suas características. Após a constatação das informações o mapeamento foi elaborado no *software* QGis, por meio de vetorização das áreas, conforme suas características geomorfológicas.

3.3 Trabalho de Campo

A identificação dos pontos de inundações e alagamentos foi feita através das informações obtidas do setor de engenharia da SMPCR do município de Cachoeirinha, por meio de um servidor público do órgão. Com sua vasta experiência no planejamento municipal, o referido servidor público, indicou os principais pontos no território municipal em que ocorrem os eventos de inundação e alagamentos.

Para a visualização das áreas foi usada a ferramenta Google Earth Pro, por possuir imagens de satélite de boa resolução. A vetorização das áreas foi feita de maneira estimada, podendo haver variações das áreas afetadas dependendo da duração ou intensidade dos eventos.

O trabalho de campo foi planejado visando sua otimização e, com isso, os pontos escolhidos para visita foram definidos previamente, conforme os resultados encontrados pelo mapeamento geomorfológico e a identificação dos principais pontos de inundação e alagamento no município. O intuito do trabalho de campo consiste na identificação e confirmação dos resultados obtidos com a elaboração do mapa geomorfológico e na averiguação dos pontos de inundação no município. Ao total foram visitados 13 pontos (Figura 6), distribuídos em todo o município de Cachoeirinha – RS.

Além das observações de aspectos referentes à geomorfologia e aos pontos de inundações, também foram feitos registros fotográficos que são usados ao longo de todo o trabalho. Foram analisados aspectos quanto às formas de relevo, litologia e hidrografia, podendo assim caracterizar melhor tanto os padrões e formas de relevo quanto os pontos de inundação e alagamentos.

Durante a realização do trabalho de campo, nos pontos de inundações também foram entrevistados moradores locais, no intuito de coletar maiores informações desses eventos, como a frequência ou até mesmo o impacto no local.

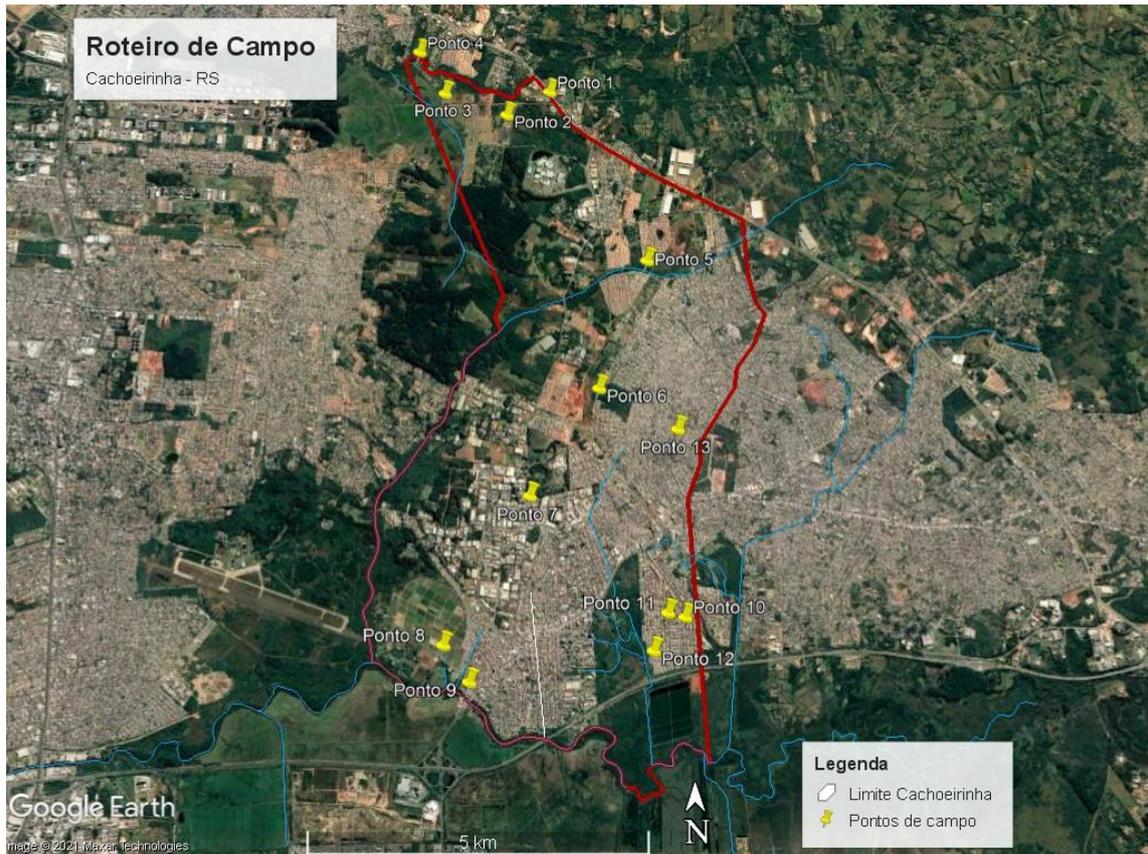
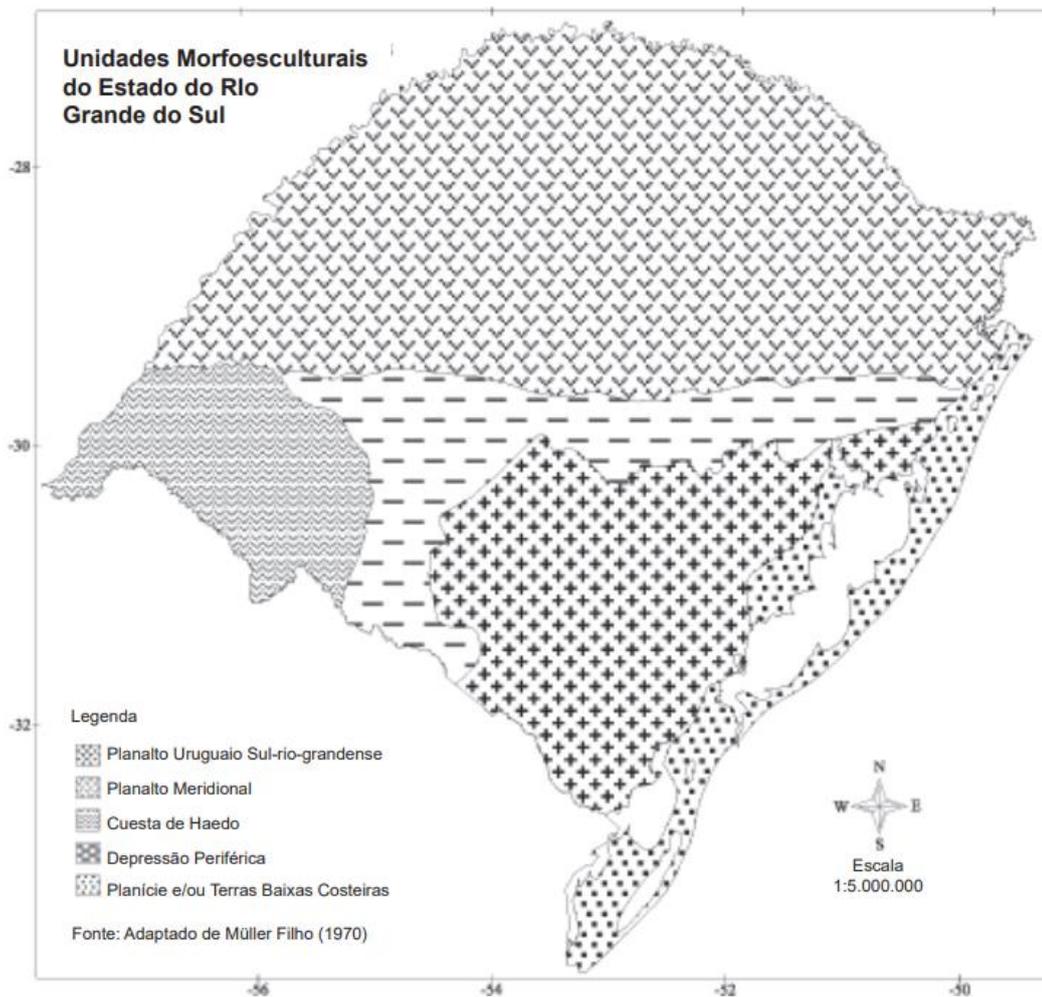


Figura 6 - Localização dos Pontos de Trabalho de Campo. Google Earth Pro. Elaborado por: Autor (2021).

4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA MUNICÍPIO DE CACHOEIRINHA – RS

4.1 Contexto Regional

No contexto regional Cachoeirinha – RS está situada em uma região com diferentes contatos de unidades morfoesculturais do relevo do Estado. De acordo com a compartimentação proposta por Suertegaray e Fujimoto (2004), em Cachoeirinha evidencia-se a Depressão Periférica e a Planície e Terras Baixas Costeiras, esses compartimentos podem ser observados no Mapa (2).



Mapa 2 - Unidades Morfoesculturais do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Suertegaray e Fujimoto (2004)

A Depressão Periférica é caracterizada principalmente pelo afloramento das rochas sedimentares formadas durante a existência do supercontinente Gondwana, que também ocorrem em toda Bacia Sedimentar do Paraná, mas de modo

predominante na Depressão Periférica. Os processos associados a gênese são a escavação pela erosão dos cursos d'água, além de processos ocasionados pela condição árida, como o recuo da escarpa do planalto.

Nessa morfoescultura destacam-se as formas em colinas côncavo-convexas ou topo plano além de relevos tabulares. No município de estudo evidenciam-se as formas em colinas.

A Planícies e Terras Baixas Costeiras está situada na Bacia Sedimentar de Pelotas, que por sua vez, é a unidade morfoestrutural formada durante os eventos de gênese do Atlântico Sul. A Planície se desenvolveu predominantemente no Quaternário, através dos processos morfogenéticos de deposição sedimentar continental e oceânica, resultado das fases transgressivas e regressivas do nível do mar, durante o Quaternário.

O relevo dessa morfoescultura é associado, de maneira majoritária, a deposição marinha e lagunar, compreende terras baixas e planas, planícies arenosas, campos de dunas e praias, além de uma baixa dissecação do relevo. No município de estudo predominam os modelados de acumulação, representados por terraços e planícies. Esses compartimentos são caracterizados por sua baixa altitude e declividade, localizam-se predominantemente ao longo dos cursos d'água do município.

4.2 Geologia do Município de Cachoeirinha – RS

O ordenamento do território e a planificação ambiental necessitam de um conhecimento detalhado dos aspectos da superfície terrestre que influenciem atividades humanas ou que possam ser alterados por ela (NASCIMENTO, 2009). Portanto, o uso de diversos dados quanto a superfície terrestre se faz importante, informações como a geologia do município auxiliam na identificação da sua geomorfologia.

A referência base da identificação geológica desse estudo é proveniente do Estudo Ambiental Municipal (2007), no qual está presente o Mapa Geológico Integrado (Mapa 3), na escala de 1:20.000, que teve como fonte o Plano Diretor Participativo Prefeitura Municipal de Cachoeirinha (2006). É possível observar com clareza a compartimentação geológica do município de Cachoeirinha – RS.

Para a caracterização, foram levados em conta 4 domínios tectono- estruturais da RMPA, que foram compartimentados a partir de sua origem, ambiente deposicional, características litoestruturais e idade (Plano diretor apud CPRM 1998). Esses domínios são: Dorsal de Canguçu, Cinturão Dom Feliciano, Bacia do Paraná e Planície Costeira e Aluviões.

A Geologia do município é composta por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e depósitos Cenozoicos, a distribuição espacial é apresentada no Mapa (5). A Bacia do Paraná é representada por rochas datadas do Permiano e Triássico, a sequência gonduânica é representada pelas unidades estratigráficas: Grupo Passa Dois/Formação Rio do Rastro, Grupo Rosário do Sul/Formação Santa Maria e Sanga do Cabral.

Formação Rio do Rastro corresponde a uma área de 4,608 km², é caracterizado por sedimentos do permiano (250 a 285 Ma) essencialmente clásticos, siltitos e arenitos em tons de verde e roxo, e na porção superior, argilitos e siltitos avermelhados intercalando com arenitos finos.

A Formação Sanga do Cabral/Formação Rosário do Sul, se estende por uma área de 13,612 km² no município. É caracterizada predominantemente por arenitos que variam de médios a muito fino, além de siltitos, de idade triássica (215 a 250 Ma), a coloração dos sedimentos varia em tons de vermelho, rosa e amarelo e, mais raramente tons de cinza e verde. Na porção superior a predominância de sedimentos pelíticos em tons avermelhados.

Os Depósitos Cenozoicos são caracterizados por depósitos gravitacionais de encostas e depósitos Quaternários da planície costeira, distribuem-se ao longo da margem do Rio Gravataí e das margens dos Arroios Passinhos, Águas Mortas, Sapucaia e Brigadeiro.

Depósitos Gravitacionais de Encosta, correspondem a uma área de 5,764 km², é constituído por leques aluviais, cuja principal fonte de alimentação desses sedimentos é o Escudo Pré Cambriano. Engloba conjunto de sedimentos resultante de processos de transporte associado a ambientes de encostas de terras altas, também chamados de coluviões. Esse sistema deposicional teve forte influência dos climas do Terciário Superior e Quaternário, clima este caracterizado por alternância entre períodos úmidos e áridos. Caracterizados por conglomerados, diamictitos, arenitos conglomeráticos, arenitos e lamitos em tons de vermelho, tanto maciços como com estruturas acanaladas.

4.3 Mapeamento Geomorfológico de Cachoeirinha – RS

A divisão geomorfológica do município teve como base inicial o Plano Ambiental Municipal, conforme o Quadro (1), o qual segue a nomenclatura do IBGE. Para essa pesquisa a nomenclatura foi alterada para adaptar a proposta metodológica de mapeamento de Ross (1992) e demais mapeamentos geomorfológicos da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA).

Domínio	Região	Unidade	Formas de relevo
Depósitos Sedimentares	Planície Costeira Interna	Planície e Terraços Lagunares	Relevo plano de acumulação
		Planície Lagunar	Áreas planas e baixas
Bacias e Coberturas Sedimentares	Depressão Central Gaúcha	Depressão rio Jacuí	Superfície aplainada, coxilhas, ruptura de declive

Quadro 1 - Divisão Geomorfológica. Fonte: Plano Ambiental do Município de Cachoeirinha – RS (2007).

Seguindo a nomenclatura utilizada nos mapas geomorfológicos dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada, todos estes também da RMPA, e a proposta taxonômica de Ross (1992), Domínios são entendidos como Morfoestruturas, Região torna-se Morfoescultura, Unidade refere-se Padrão de Formas Semelhantes e Formas de Relevo mantêm a mesma categoria. Desse mapeamento essas adaptações são representadas no Quadro (2).

Morfoestrutura	Morfoescultura	Padrão de Formas Semelhantes	Forma de Relevo
Bacia Sedimentar de Pelotas	Planície e Terras Baixas Costeiras	Padrão em Formas de Planícies Fluvio-Lagunares com Banhado	Planície Banhado Terraços Lagunares
		Padrões de Formas em Planícies Fluviais	Planície Fluvial
Bacia Sedimentar do Paraná	Depressão Periférica	Padrão em Formas de Colinas	Colinas Convexo-Côncavas Colinas Convexo-Alongadas Superfície Aplainada

Quadro 2 - Divisão Geomorfológica. Elaborado por: Autor (2021), baseado em Ross (1998).

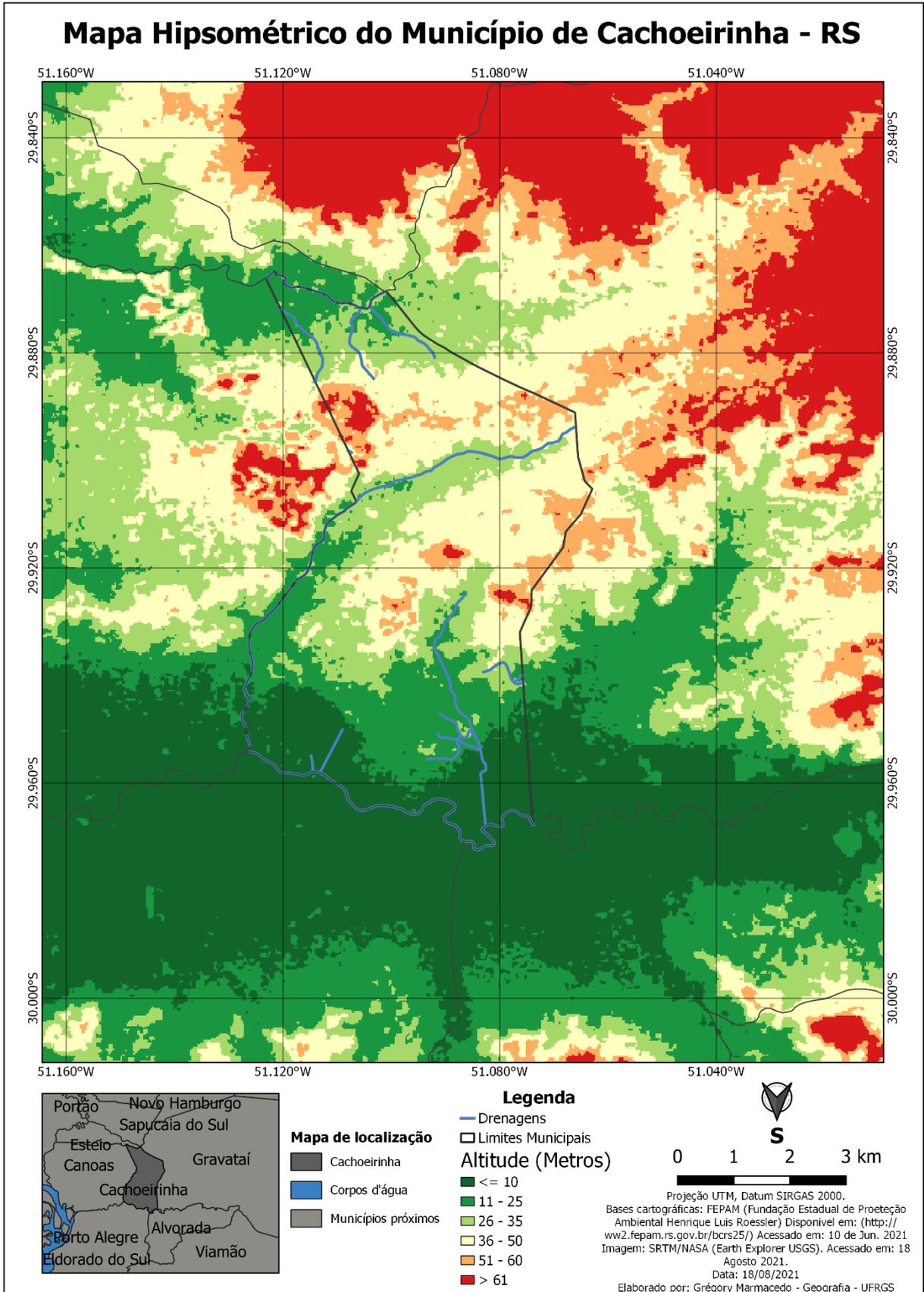
O mapa hipsométrico (Mapa 4) permite a identificação das diferentes altitudes, facilitando assim uma visualização do relevo do município. Em Cachoeirinha - RS são observadas variações pouco expressivas de altitude, com a parte mais baixa do relevo com 10 metros ou menos de altitude enquanto a parte mais alta tem pouco mais de 60 metros de altitude. Essa menor variação de altitude fica mais evidente quando comparamos com alguns municípios vizinhos como Porto Alegre e Gravataí, onde o

relevo em locais específicos pode ultrapassar a marca dos 300 metros de altitude, dois exemplos nos municípios referidos são o Morro Santana e Morro do Itacolomi, respectivamente.

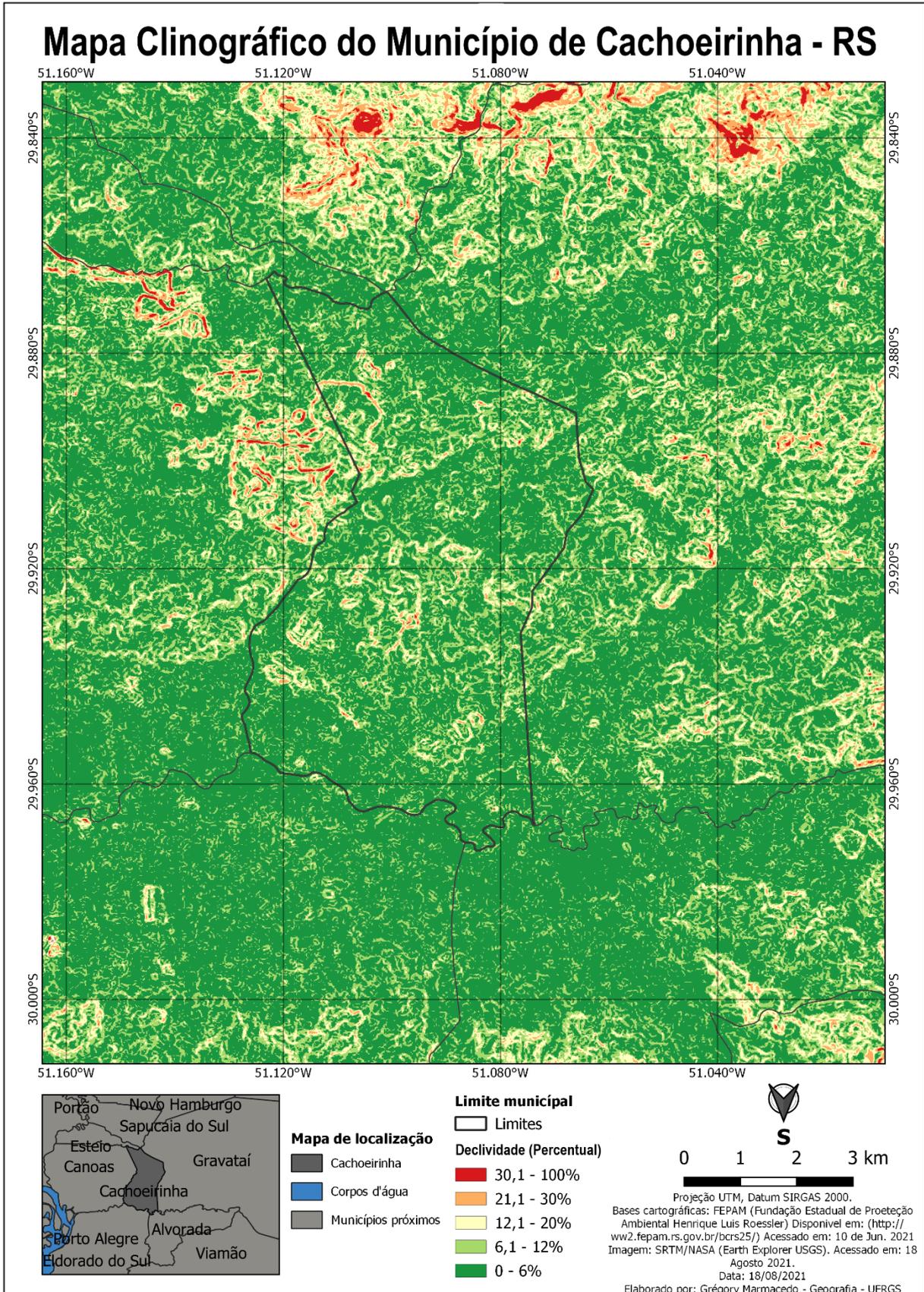
É observado que as áreas mais baixas ficam ao sul do município, relativamente próximas ao Rio Gravataí. As demais áreas baixas também seguem com influência hídrica, como as áreas próximas aos arroios Passinhos, Águas Mortas, Brigadeiro e Sapucaia. As partes mais altas ficam localizadas em uma área geograficamente mais central no município, se distribuindo em sentido oeste para leste e também de sudoeste para nordeste.

O mapa clinográfico ou de declividade (Mapa 5) se dá pela inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte. Quando se faz o uso de curvas de nível é possível observar que quanto maior a inclinação, mais próximas as curvas de nível ficam, passo que quando essas curvas estão mais espaçadas elas representam inclinações mais suaves. Os intervalos de inclinações foram selecionados com base na escala de trabalho.

O mapa de declividade tem diversos usos, como para identificar vigor dos processos erosivos, riscos de deslizamentos/escorregamentos e inundações frequentes (ROSS 1994). Nesse trabalho ele serviu majoritariamente de auxílio para a delimitação da superfície geomorfológica do município, com as maiores classes indicando possíveis áreas de transição e formas do relevo. As classes identificadas são majoritariamente menores que 20%, o que expressa um relevo predominantemente suave a ondulado.

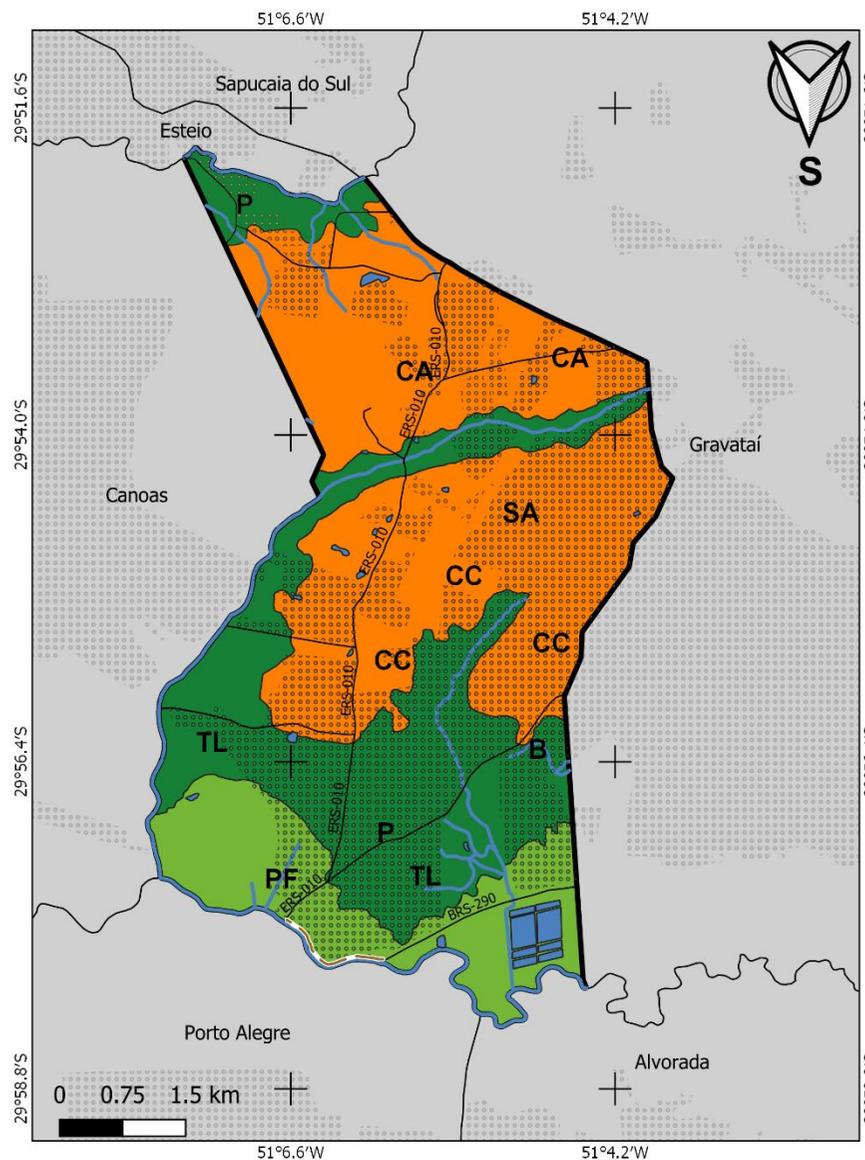


Mapa 4 - Mapa Hipsométrico do Município de Cachoeirinha - RS.



Mapa 5 - Mapa de Declividade do Município de Cachoeirinha - RS.

Para a caracterização da morfoestrutura, morfoescultura e dos padrões de formas semelhantes, foram usadas diversas informações obtidas ao longo da pesquisa, como as informações de áreas do Plano Ambiental Municipal, mapas hipsométricos e de declividade, assim como, o trabalho de campo, tendo como resultado do Mapa Geomorfológico do Município de Cachoeirinha – RS (mapa 6). A seguir será feita a descrição das feições geomorfológicas.



Mapa 6 - Mapa Geomorfológico do Município de Cachoeirinha - RS.

Mapa Geomorfológico do município de Cachoeirinha - RS

Morfoestrutura	Morfoescultura	Padrão de formas semelhantes	Forma de relevo
Bacia Sedimentar de Pelotas	Planície e Terras Baixas Costeiras	Padrões de formas em planícies flúvio-lagunares com banhado	Planície (P)
			Banhados (B)
			Terraços Lagunares (TL)
		Padrões de formas em planícies fluviais	Planície Fluvial (PF)
Bacia Sedimentar do Paraná	Depressão Periférica	Padrão de Formas em colinas	Colinas Convexo-côncavas (CC)
			Colinas Convexo-alongadas (CA)
			Superfície Aplainada (SA)

<p>CONVENÇÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> Dique Sistema viário Corpos d'água Cursos d'água Limite Municipal Mancha urbanizada Municípios vizinhos Estação de Tratamento de Esgoto 	<p>INFORMAÇÕES DO MAPA</p> <p>Elaborado a partir de interpretação de imagens SRTM/NASA (Earth Explorer USGS) e informações do Plano Ambiental do município.</p> <p>Limites municipais: FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler) Disponível em: (http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/) Acessado em: 10 de Jun. 2021</p> <p>Projeção UTM / Datum SIRGAS 2000</p> <p>Elaborado por: Grégory Marmacedo</p>
---	--

4.3.1 Planícies e Terras Baixas Costeiras

No município de Cachoeirinha – RS a Planície e Terras Baixas Costeiras é representada pelos seguintes padrões de formas semelhantes: Padrão em Forma de Planície Fluvio-Lagunares com Banhados e Padrão de Forma de Planície Fluviais.

O **Padrão em formas em Planícies Fluvio-Lagunares com banhado** (Foto 1) tem sua gênese relacionada aos sistemas deposicionais Laguna/Barreira, associados a eventos da segunda grande transgressão marinha (sistema laguna barreira II). Esse sistema foi isolado em depressão ao lado do continente, representado pelo Sistema Lagunar Guaíba-Gravataí. É caracterizado por áreas planas ou pouco onduladas, sem dissecação e sujeita a inundações sazonais, terraços lagunares e banhados, a altitude varia entre 11 a 35 metros, com a declividade em 0% a 12%. Os terraços lagunares ocorrem onde existe uma ruptura de declive em relação a planície, correspondem a depósitos da formação Quinta, que está associado aos eventos transgressivos já citados anteriormente. Esse padrão ocorre de maneira significativa no município, se encontrando majoritariamente ao longo dos arroios Passinhos, Brigadeiro, Águas Mortas e Sapucaia.



Foto 1 - Padrão em forma de Planície Fluvio-Lagunar com Banhado. Ao fundo Morro de Sapucaia. Norte do município, próximo a RS – 118. Fonte: Autor (02/10/21).

O **Padrão em Formas de Planície Fluvial** é caracterizado por áreas baixas e planas, como podemos observar nas Fotos 2 e 3 com altitude inferior a 10 metros, fica

localizado em áreas próximas às margens do Rio Gravataí, com declividade predominante nas classes de 0% a 6%. Essas áreas são sujeitas a inundações sazonais, podendo ser caracterizadas também como áreas de várzea. Devido a ocorrência de inundações nessas áreas foi necessário a construção de um dique de contenção, que fica entre o Rio Gravataí e o município de Cachoeirinha – RS.



Foto 2 - Padrão em Forma de Planície Fluvial com alteração antrópica. IRGA – Instituto Rio Grandense de Arroz, Cachoeirinha – RS. Fonte: Autor (02/10/21).



Foto 3 - Padrão em Forma de Planície Fluvial. Bairro Parque da Matriz, Rua Petrópolis. Fonte: Autor (02/10/21).

4.3.2 Depressão Periférica

Em Cachoeirinha a Morfoescultura referente a Depressão está representada por um único padrão de forma semelhante, o **Padrão de Formas em Colinas**. Esse padrão é a unidade dominante no município e apresenta altitudes que variam de 35 a 60 metros com diferentes declividades. Além disso, é caracterizado por um relevo ondulado com formas alongadas e o topo convexo, ao lado dessas formas ocorrem superfícies planas, rampas, recobertas por colúvios com dissecação incipiente, dando assim origem a superfícies com suave inclinação em direção aos talwegues. Sua gênese é associada a processos de dissecação homogênea e deposição fluvio-lacustre. Os dois tipos de forma de relevo em colinas são as colinas convexo-côncavas que têm como características seu topo convexo, enquanto seu segmento côncavo possui altitudes de 60 metros ou mais. Já as colinas convexo-alongadas são resultado da acumulação de sedimentos de encostas, assim constituindo um relevo com formas suaves e altitudes menores de 60 metros.



Foto 4 - Padrão de Formas em Colinas. Bairro Jardim do Bosque, Cachoeirinha – RS. Fonte: Autor (02/10/21).

5. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA, HIDROLÓGICA E PEDOLÓGICA DE CACHOEIRINHA – RS

O conhecimento dos aspectos físicos do município é fundamental para o entendimento das dinâmicas da área, as condições climáticas somadas aos dados hidrológicos e informações sobre os solos do município auxiliam na compreensão dos processos de inundações e alagamentos.

5.1 Características Climáticas

O clima no município é marcado pela presença de chuvas durante o ano todo, sem que se tenha períodos de secas, salvo em exceções como a ocorrência do fenômeno La Niña. Usando o sistema de Koppen, o Rio Grande do Sul se enquadra no tipo temperado “C” e no tipo fundamental “Cf” chamado de temperado úmido. Dentro do tipo “Cf” existem duas subdivisões “Cfa” e “Cfb” (MORENO, 1961). No município há o predomínio do “Cfa”, que como característica possui chuvas distribuídas ao longo do ano, sem períodos de estiagem, a temperatura média do mês mais quente acima de 22°C, e a do mês mais frio superior a 0°C e ao menos 4 meses com a média acima dos 10°C (TEIXEIRA *et. al.* 2007).

Segundo Teixeira (2007), as principais massas de ar que afetam o Estado do Rio Grande do Sul são: Massa Tropical Atlântica (mTa), Massa Polar Atlântica (mPa) e Massa Tropical Continental (mTc). A mTa atua durante o ano inteiro, de origem oceânica e caracterizada por ser quente e úmida. A mPa, também atua durante o ano todo, mas com maior intensidade durante o inverno, considerada uma massa de ar fria. Tem direção norte-sul, podendo variar de sentido para SO-NE e é marcada por sempre ocasionar a queda das temperaturas no sul do país. A mTc tem maior força de atuação durante o verão. O avanço dessa massa de ar provoca o aumento das temperaturas além de facilitar a ocorrência de eventos extremos de precipitação. Os eventos de precipitação com maior intensidade são grandes responsáveis pela ocorrência de inundações ou alagamentos e como a distribuição de chuvas da região é semelhante durante o ano, esses eventos podem ocorrer em qualquer período do ano.

Durante o trabalho de campo, moradores locais foram questionados sobre a sazonalidade dos eventos de inundação. De acordo com seus relatos, as inundações podem ocorrer em qualquer período do ano, com uma maior tendência no mês de setembro ou nos meses próximos, geralmente ocorrendo mais de uma vez ao ano. Nos períodos de maior média de precipitação, após a ocorrência do primeiro evento no ano, o arroio fica com o nível de água elevado, o que torna mais fácil que em um próximo evento pluviométrico, um volume menor de água seja o suficiente para que ocorram novas inundações. Os relatos dos moradores acerca do período de ocorrência das inundações vão ao encontro dos dados fornecidos pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). Esses dados são referentes ao período entre os anos de 1981 a 2010 e são provenientes das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nas localidades em que não há estação de medições meteorológicas, esses dados são interpolados.

Se observa que durante os meses de junho a outubro, período intercalado entre inverno e primavera, é o de maior precipitação média no município, com um acumulado de 542,8 mm durante o período, com o pico da precipitação média no mês de setembro, com 144,2 mm, possibilitando uma maior ocorrência de eventos pluviométricos intensos, correspondendo às informações descritas pelos moradores locais. Esses dados são apresentados no Gráfico 1 para uma melhor visualização.

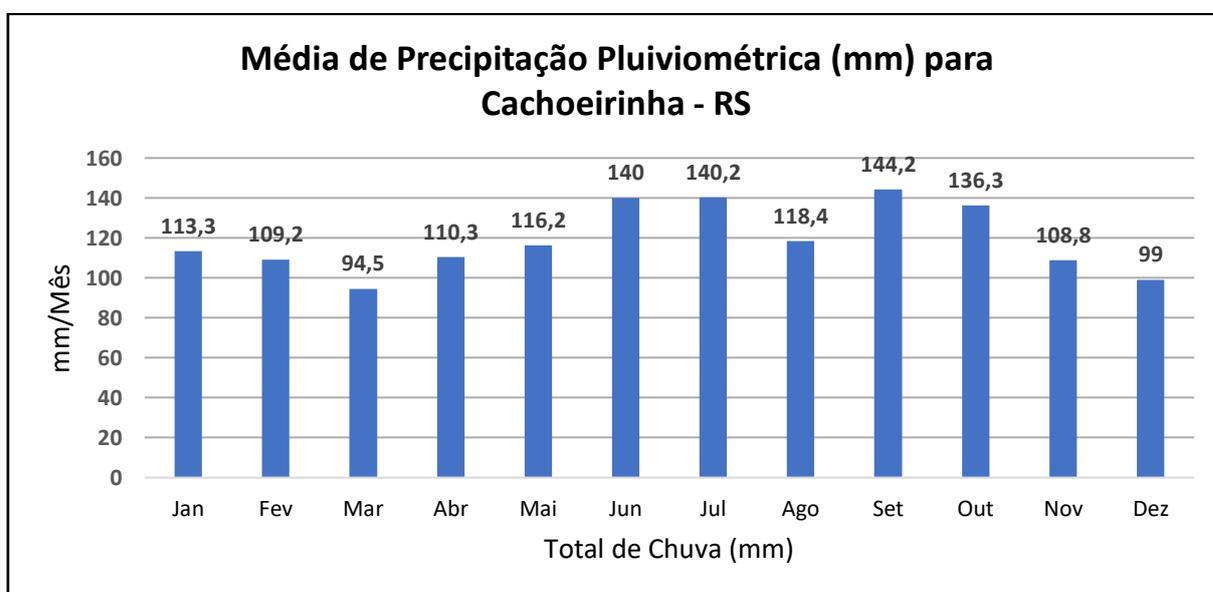


Gráfico 1 - fonte dos dados: IRGA, Elaborado por: Autor (2021).

5.2 Características Pedológicas

O solo constitui uma camada externa da litosfera em constante contato com a atmosfera, ele tem sua formação a partir do material de origem, por meio da ação de fatores biológicos e climáticos, cada solo resultante desses processos possui propriedades e características que o diferenciam dos solos produzidos sob outros ambientes (Zimback, 2003).

Para a identificação e caracterização dos tipos de solo do município foram usadas informações do Plano Ambiental Municipal (Teixeira *et al.* 2007) e do Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre (PROTEGER, 1994), fazendo a identificação por meio de conexões com a geomorfologia do município. A identificação foi realizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS) (EMBRAPA, 2018) e Plano Ambiental Municipal (TEIXEIRA *et al.* 2007).

No Padrão de Formas em Colinas, os solos são majoritariamente identificados como Argissolos e subordens Vermelho-Amarelo e Vermelho Escuro.

Os Argissolos Vermelhos-Amarelo são caracterizados com uma textura moderada arenosa/argilosa, substrato de depósitos gravitacionais de encosta, no município se localizam predominantemente em áreas de transição com o Padrão de Formas em Planície Fluvio-Lagunar.

Os Argilossolos Vermelho Escuro possuem também textura média argilosa com perfis espessos e bem drenados, com teores de argila geralmente mais elevados do que o solo anterior.

Estão associados aos Padrões Fluvio Lagunares e Fluviais os solos, Planossolos, Plintossolos e Gleissolos. Predominantes em áreas de relevo plano a suavemente ondulado.

Os Planossolos são constituídos por material mineral com horizontes A ou E seguidos de Horizonte B plânico, com a textura em superfície predominantemente arenosa, com grande aumento de argila em subsuperfície. A cor acinzentada ou variegadas se deve a baixa permeabilidade em subsuperfície, condicionando a redução e oxidação do ferro.

Plintossolos apresentam horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário. Também apresentam drenagem imperfeita, propiciando os ciclos de redução e oxidação do ferro, formando plintitas. Também Podem apresentar um moderado

aumento de argila em subsuperfície. Esse tipo de solo é comum em áreas de relevo plano a suavemente ondulado.

Os Gleissolos são constituídos de material predominantemente argiloso que passa por processos de oxidação e redução ocasionados em ambientes saturados por água, mal ou muito mal drenados, com forte hidromorfismo. Associados a material sedimentar próximo de cursos d'água. Apresenta coloração acinzentada ou viegada, por processo semelhante ao Planossolo e é comum em áreas próximas a cursos d'água, várzea ou depressão.

Esses tipos de solo, comumente se desenvolvem em áreas próximos de cursos de água e áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos (Santos e Zaroni). No município, segundo Teixeira *et. al.* (2007), as áreas próximas a arroios, são caracterizadas por solos rasos e pouco profundos de má permeabilidade, até solos profundos, e um lençol freático mais superficial, além da forte presença de hidromorfismo nos solos.

As três ordens de solos citadas, (planossolos, gleissolos e plintossolo) são considerados solos de baixa drenagem. A drenagem do solo está diretamente ligada a rapidez e a facilidade com que a água é recebida e escoada por infiltração ou escoamento, modificando as condições hídricas durante os períodos que o solo se encontra úmido, molhado ou encharcado.

De acordo com o IBGE (2007) as três classes de solos têm sua capacidade de drenagem classificadas como Imperfeitamente Drenado há Mal Drenado. As classes de drenagem dos solos são apresentadas na Quadro 3. Conforme visto, esses solos costumam ter um aumento do material argiloso entre os horizontes A e B, porque estão associados a planícies fluviais, o aumento de argila colabora para que a água tenha uma maior dificuldade para infiltrar no solo contribuindo para alagamentos e inundações (Nascimento, 2015). Essas características são facilitadoras dos eventos de inundações.

CLASSE	CARACTERÍSTICAS DA DRENAGEM E DOS SOLOS
Excessivamente drenado	A água é removida do solo muito rapidamente. Solos de textura arenosa, como os Neossolos Quartzarênicos Órticos.
Fortemente drenado	A água é removida rapidamente do solo. Solos muito porosos, de textura média a arenosa e bem permeáveis, como os Latossolos Vermelhos de textura média.
Acentuadamente drenado	A água é removida rapidamente do solo. Os solos são normalmente de textura argilosa a média; porém, são sempre muito porosos e bem permeáveis, como os Latossolos Vermelhos de textura argilosa.
Bem drenado	A água é removida do solo com facilidade, porém não rapidamente. Solos de textura argilosa ou média, tais como os Nitossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa ou média/argilosa.
Moderadamente drenado	A água é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena mas significativa parte do tempo. Estes solos comumente apresentam uma camada de permeabilidade lenta no <i>solum</i> (*) ou imediatamente abaixo dele. O lençol freático é encontrado imediatamente abaixo do <i>solum</i> ou afetando a parte inferior do horizonte B. Exemplos: alguns Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Amarelos de textura média/argilosa.
Imperfeitamente drenado	A água é removida do solo lentamente, o qual permanece molhado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano. Os solos comumente apresentam uma camada de permeabilidade lenta no <i>solum</i> , lençol freático alto, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições. Exemplos: alguns Vertissolos, Planossolos e Plintossolos.
Mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que este permanece molhado por uma grande parte do ano. O lençol freático comumente está à superfície ou próximo a ela durante uma considerável parte do ano. As condições de má drenagem são ocasionadas por lençol freático elevado, camada lentamente permeável no perfil, adição de água através de translocação lateral interna ou alguma combinação destas condições. Exemplos: Gleissolos, alguns Espodossolos e Planossolos.
Muito mal drenado	A água é removida do solo tão lentamente que o lençol freático permanece à superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano. Os solos usualmente ocupam áreas planas ou depressões, onde há frequentemente estagnação de água. Geralmente, são solos com gleização e, comumente, horizonte hístico. Exemplo: Organossolos.

Quadro 3 - Classificação da Capacidade de Drenagem do Solo. Fonte IBGE (2007), elaborado por: Luís M. Martins de Lima (2009).

5.3 Características Hidrológicas

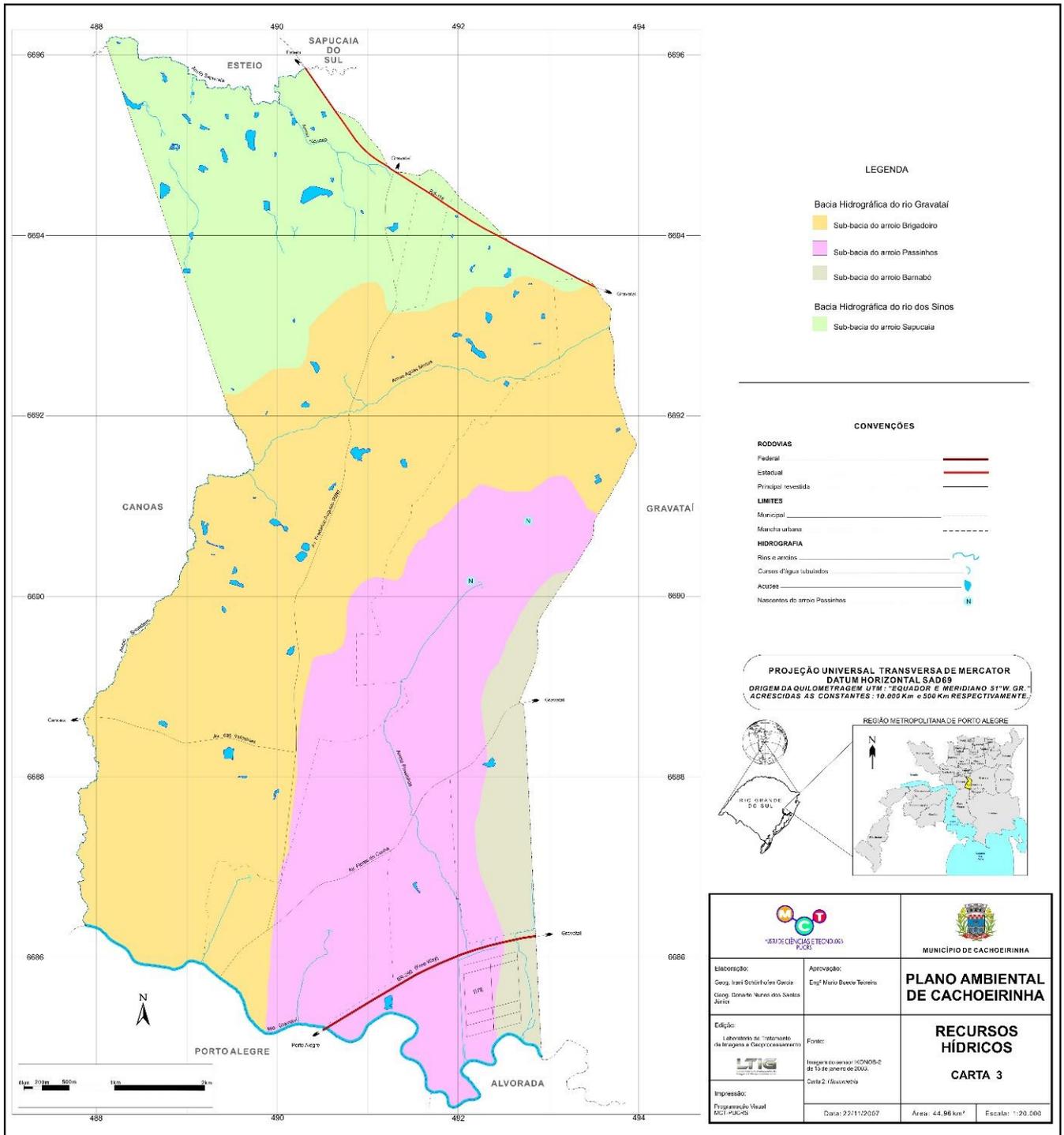
As informações quanto a parte hidrológica do município são do Plano Ambiental Municipal (TEIXEIRA *et. al.* 2007), segundo as informações a maior parte do município fica localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e uma menor parte, ao norte do município pertence a Bacia Hidrográfica do Rio do Sinos.

A Bacia hidrográfica do Rio Gravataí fica localizada na RMPA, com uma área de aproximadamente 2.020 km². Ainda, conforme o autor, o principal rio da bacia, o Gravataí, tem suas cabeceiras no Banhado Grande e Banhado dos Pachecos,

caracterizado com um rio de planícies, com as cotas altimétricas mais altas não passando de 20 metros e com grande variabilidade de largura do leito e também de profundidade.

A Bacia Hidrográfica do Rio do Sinos fica localizada a nordeste em relação a capital do Estado, com uma área de 3820 km², delimitada a leste pela Serra Geral, a oeste-norte pela Bacia do Caí e ao sul pela Bacia do Gravataí.

No município de Cachoeirinha existem 4 sub-bacias, sendo elas: Barnabé, Brigadeiro, Passinhos e Sapucaia, conforme o Mapa 8. Somente a sub-bacia do Arroio Passinhos fica localizada inteiramente dentro do município. De maneira geral as bacias enfrentam problemas semelhantes, provenientes da ação antrópica, como a má preservação da mata ciliar dos seus cursos d'água, canalização e tubulação de trechos desses cursos, forte presença do descarte irregular de lixo doméstico, despejo de esgoto cloacal e ocupação de áreas irregulares. Todos esses fatores são agravantes para os eventos de inundações que se sucedem no município. As sub-bacias com um maior desenvolvimento da malha urbana e uma conseqüente impermeabilização do solo são as que ficam localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.



Mapa 7 - Sub-bacias do Município de Cachoeirinha – RS. Fonte: Estudo Ambiental do Município de Cachoeirinha – RS (2007)

6. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTO

6.1 Localização dos Pontos de Inundações

Mudanças decorrentes do uso do solo nas encostas influenciam diversos processos erosivos que podem resultar em alterações na dinâmica fluvial, contribuindo para o desbalanceamento dos processos derivados dessa dinâmica, como enchentes, inundações, alagamentos e erosões de margem (GUERRA apud NASCIMENTO).

São diversos os pontos de alagamentos ou inundações relatados por moradores no município de Cachoeirinha – RS, no entanto, para esse estudo, foram selecionados apenas três principais pontos, por serem de conhecimento da prefeitura municipal, e as áreas com melhores informações quanto à sua localização e sazonalidade dos eventos. Essas informações foram obtidas junto a SMPCR, através de diálogo com o funcionário público do setor de engenharia do órgão, que além de morador do município trabalha na prefeitura há mais de 20 anos. Outro fator importante foi o trabalho de campo, através dele foi possível uma breve conversa com alguns moradores dessas localidades, sendo possível assim, uma coleta de informações mais ricas, além de registros fotográficos.

Historicamente o município de Cachoeirinha sofre com diversos problemas no controle de alagamentos e inundações, o que levou o município a construção de casas de bombas e um dique, marginal ao Rio Gravataí. Segundo informações do servidor público, diversos arroios no município sofreram desvios, canalizações e tamponamentos, sem que houvesse um maior planejamento quanto às consequências destes processos, resultando em um crescimento contínuo dos problemas.

O **Primeiro ponto**, fica situado no bairro Parque da Matriz, na área mais ao sul do município. O ponto mais crítico da localidade fica situado no cruzamento das ruas Realengo, Bangu, Flamengo, Botafogo, Panamericana com a rua Pacaembu (Figura 7). A área fica geomorfologicamente localizada no Padrão de Formas em Planície Fluvial, área essa que tem como característica a suscetibilidade às inundações sazonais. Uma junção de fatores é responsável pelos eventos na área, por exemplo,

a questão dos solos, de acordo com informações de Teixeira *et. al.* (2007) Todos os fatores descritos anteriormente, como a geomorfologia plana, solos propícios a inundações/alagamentos, impermeabilização do solo e um sistema de vazão ineficiente, tornam essa área extremamente suscetível a eventos de origem hidrometeorológica.



Figura 7 - Localização do Ponto 1. Parque da Matriz. Fonte: Google Earth Pro. Elaborado por: Autor (2021)

Segundo Ponto (Figura 8), fica localizado na parte mais ao norte do município, junto ao Arroio Sapucaia, situado no bairro Meu Rincão, essa área conforme Teixeira *et. al.* (2007), é caracterizada por assentamentos irregulares. Nessa localidade as casas invadem trechos do arroio, com o quintal de muitas delas localizado dentro ou muito próximo do curso d'água. De modo geral, é ocupada por populações que foram marginalizadas ao processo de urbanização que se desenvolve no município, assim como, em diversas partes do restante do país. Assim como o ponto 1, o ponto 2 também fica localizado geomorfologicamente em uma área bastante plana. Devido à proximidade do curso fluvial tem a presença de solos com características hidromórficas e uma baixa drenagem. Devido à junção desses fatores essa área é considerada uma área propícia a enchentes e inundações sazonais.

Urbanização ou à Drenagem Urbana. Vale ressaltar ainda, que, conforme as informações do autor, estes processos podem ocorrer isolados ou combinados.

Os dois pontos de inundações no município têm características similares, por exemplo a questão dos solos, da topografia e questões climáticas, mas também, características que os distinguem, como o processo de ocupação das áreas. A seguir eles serão caracterizados, indicando as semelhanças e diferenças das inundações em ambos os pontos.

6.2.1 Ponto 1 – Parque da Matriz

No ponto 1 que fica localizado no bairro Parque da Matriz (Figura 7), o evento de inundação ocorre por um problema de vazão, intensificado por características físicas e antrópicas. A área em questão fica localizada na parte mais baixa do curso do Arroio Passinhos, um dos principais arroios da cidade, ele é inteiramente canalizado, desde a sua nascente, como aponta o Martins e Basso (2010), e boa parte do seu trecho é retificado.

Compreender a dinâmica dos fatores físicos como a geomorfologia do município é crucial para o entendimento de toda a dinâmica deste processo. A área em questão fica na parte sul do município, observando o mapa hipsométrico (Mapa 4) é visível se tratar de um dos pontos de menor altitude. Do ponto de vista geomorfológico a área está situada no Padrão de Formas em Planície Fluvial, uma área de ocorrência natural de eventos de inundações, por se tratar de uma região bastante plana com declividades de 0% a 6%. Uma área que naturalmente é afetada pelas dinâmicas hídricas do Rio Gravataí, um dos maiores rios da região.

Além dos fatores físicos ligados diretamente à geomorfologia, a questão dos solos e das chuvas também é essencial para entender os eventos. No município de Cachoeirinha, as áreas próximas aos arroios, como dito anteriormente, possuem um lençol freático mais próximo da superfície, além dos solos (planossolos; gleissolos e plintossolo) que possuem uma baixa capacidade de drenagem e um maior aporte de material argiloso, proveniente dos cursos d'água e do forte hidromorfismo. Toda a área acaba por ter a infiltração da água proveniente de precipitação, bastante dificultada, sendo caracterizada por solos de baixa drenagem.

Fatores ligados a ação antrópica são determinantes para o problema de inundações da área. As retificações e canalizações do arroio acabam por alterar a

dinâmica de vazão do curso d'água, os meandros são importantes na diminuição da velocidade da água, sem isso ocorre uma maior concentração de fluxo em um menor tempo, ocasionando inundações (TOMINAGA, 2009). Somado a isso a sub-bacia do Arroio Passinhos (Mapa 7), tem uma elevada impermeabilização do solo, resultado do modelo urbanístico adotado nos centros urbanos. Os problemas de vazão ocasionados pela retificação e canalização do arroio se somam com a maior quantidade de água recebida devido a impermeabilização de grande parte do solo, resultando em um pico de vazão em um curto espaço de tempo.

No local dessa inundação, somado a todo fluxo de água do Arroio Passinhos, ainda existe a presença de mais um curso d'água canalizado, uma confluência dos cursos, que gera um estreitamento das águas, ocasionando uma maior dificuldade de escoamento, como pode ser observado na Figura 9. Toda essa água passa por um único ponto de escape, uma canalização localizada por baixo da BR – 290, popularmente conhecida como *Free-Way*, que tem como direção de desague o Rio Gravataí. Esse ponto é responsável por comportar todo o volume de água recebido, não conseguindo ocorrer vazão suficiente para um adequado escoamento, sendo um dos maiores responsáveis das inundações no local.



Figura 9 - Área de Confluência entre Cursos d'água. Baixo Passinhos. Fonte Google Street View. Julho (2011).

Como já mencionado anteriormente, a cobertura vegetal é de fundamental importância para o controle do escoamento superficial. Atualmente, vem sendo discutido entre os moradores locais se as áreas verdes devem ser preservadas

ou não. Um bom exemplo, é uma área que fica localizada no ponto de maior concentração urbana no município, área conhecida como o Mato do Júlio (Figura 10), em amarelo. As áreas circuladas em Verde e Azul, são os pontos de alagamento e inundação estudados ao longo da pesquisa. A relação entre os três pontos é clara. A eventual remoção da vegetação local, seguida da impermeabilização do solo, alteração, retificação ou canalização dos cursos de água da área, ocasionariam impactos significativos nas áreas dos pontos 1 e 3 deste estudo.

O ponto que provavelmente mais seria impactado é o ponto 1, pois a remoção da vegetação, diminuiria a capacidade de infiltração e a impermeabilização do solo, aumentando o escoamento da água e acarretando um aumento das inundações. Conforme mencionado anteriormente, de acordo com Silva (2012), o CES, em áreas urbanizadas, fica em aproximadamente 85% das águas de precipitação, escoando superficialmente, comprometendo de maneira muito mais rápida o sistema de drenagem já deficiente. Em áreas florestadas como o Mato do Júlio o coeficiente fica próximo de 20%, logo 80% das águas de precipitação é retido, tanto no solo, como na vegetação. A urbanização do local sem estudos aprofundados feitos por órgãos competentes é inviável, uma vez que afeta diretamente as populações que já sofrem com inundações, afetando também a mobilidade urbana devido ao agravamento dos alagamentos. Além disso, outros elementos como a qualidade do ar, dos cursos d'água e condições do microclima do município também são afetados.



Figura 10 - Localização do Mato do Júlio e Pontos de Estudo. Fonte: Google Earth. Elaborado por: Autor (2021).

À medida em que a expansão da mancha urbana se desenvolve surge o problema da produção de lixo. A produção e descarte inadequado de lixo são mais um problema que intensifica as inundações, o lixo é responsável por obstruir ainda mais a drenagem, criando condições ambientais ainda piores (Tucci e Bertoni, 2003).

Cachoeirinha é mais um dos municípios da RMPA que não tem o devido cuidado com os mananciais de água, segundo Martins e Basso (2010), o Arroio Passinhos – conhecido pelos moradores locais como “valão” – apresenta problemas com a qualidade da água desde a nascente, grande parte da má qualidade da água é ocasionada pelo lançamento de efluentes líquidos lançados *in natura*, de origem industrial, comercial e residencial.

O descarte de resíduos sólidos nos cursos d’água é uma prática bastante comum, devido à falta de conscientização da população e também em decorrência da quase nula fiscalização. Recentemente por meio de uma ação do poder público municipal, o Arroio Passinhos teve o implemento de ecobarreiras (Figura 11) em alguns pontos do seu curso. As ecobarreiras auxiliam no controle de resíduos sólidos flutuantes, ajudando tanto na questão de poluição do curso, como também nas inundações, tendo em vista que o descarte de resíduos sólidos pode contribuir para a diminuição da vazão.



Figura 11 - Ecobarreira Carregada de Resíduos Sólidos. Arroio Passinhos. Foto: Marcelo Nunes (2021).

6.2.2 Ponto 2 – Meu Rincão

O maior problema do ponto 2 é decorrente da ocupação irregular às margens do Arroio Sapucaia. As habitações ficam extremamente próximas do curso d'água, conforme a Figura 12.

Como aponta Santos (2012) apesar de as áreas centrais e bairros mais estabilizados dos grandes centros urbanos apresentarem um decréscimo ou estabilização populacional, zonas periféricas de expansão urbana ainda crescem. As zonas periféricas servem como uma válvula de escape para abrigar a população de baixa renda, uma tendência de espraiamento geográfico horizontal, onde até mesmo os mananciais de águas são incorporados à mancha urbana.

Conforme o mapeamento geomorfológico (mapa 7), a área é identificada como um Padrão de Formas em Planícies Fúlvio-lagunares, que tem como característica um relevo bastante plano e suscetível a inundações sazonais, por ser uma área bastante plana, com uma baixa declividade variando de 0% a 6%. Atrelado a essas características as instalações se dão muito próximas ao arroio facilitando a ocorrência do processo.

Além da intensificação ocasionada pela ocupação irregular e das características geomorfológicas, existe também a questão dos solos. Bastante similares ao do Ponto 1, os solos da área associados ao Padrão de Formas em Planícies Fluvio-Lagunares ou Planícies Fluviais, possuem o lençol freático mais próximo da superfície, presença de material argiloso, forte hidromorfismo associado a uma baixa capacidade de drenagem, portanto, são bastante propícios aos eventos de inundações, sendo um fator relevante para o acontecimento dos fenômenos.



Figura 12 - Casas às Margens de Arroio Sapucaia. Bairro Meu Rincão. Fonte: Google Street View. Outubro (2018).

Outra questão que deve ser considerada para a intensificação das inundações é o processo de assoreamento dos canais, ocasionando um estrangulamento dos leitos, esse processo ocorre pelo maior aporte de sedimentos que chegam aos cursos d'água, proveniente de solo exposto ou até mesmo descarte irregular de lixo e resíduos. Tanto o Arroio Passinhos quanto o Sapucaia sofrem com esse processo, a Figura 13 ilustra um exemplo disso. Na imagem podemos observar o processo de estrangulamento do curso d'água, tanto por sedimentos, como por descarte irregular, além de um início de processo de solapamento, ocasionado pela erosão hídrica, indicado pela seta vermelha.



Figura 13 - Assoreamento e Solapamento no Arroio Passinhos. Fonte: Google Street View. Elaborado por: Autor (2021)

6.3 Localização e Características do Ponto de Alagamento

O **Terceiro Ponto** (Figura 14) fica localizado em uma área de bastante circulação no município, na Avenida General Flores da Cunha, nos cruzamentos com a Avenida Lídio Batista Soares e Rua Papa João XXIII, sendo a avenida Flores da Cunha a responsável pela ligação com os municípios de Porto Alegre e Gravataí. Como consequência, mesmo um pequeno alagamento que ocorra nesta área, afeta diretamente a mobilidade urbana do município. Além dos fatores já mencionados, grande parte do comércio do município fica nesta avenida, fazendo que em períodos de maior precipitação a área acabe por se tornar caótica. Geomorfologicamente a área fica localizada no Padrão de Formas de Planície Fluvio-Lagunar, atrelado a isso, temos a impermeabilização do solo, e um sistema ineficiente de drenagem de águas das chuvas, fazendo com que, durante eventos de altas precipitações essa região acumule água, atingindo residências e afetando a mobilidade urbana.



Figura 14 - Localização do Ponto 3. Alagamentos Av. Gen. Flores da Cunha, Cachoeirinha – RS. Fonte: Google Earth Pro. Elaborado por: Autor (2021).

Os alagamentos costumam ocorrer com frequência nas cidades mal planejadas ou que crescem de maneira explosiva, dificultando assim, a realização de obras de esgotamento de águas pluviais e obras de drenagem (Castro, 2003).

Esses eventos geralmente ocorrem em áreas planas ou depressões e fundos de vale, com o escoamento superficial prejudicado pela topografia do local, ou a insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano. Com a diminuição da extensão de áreas verdes, diminui também a infiltração da água no solo e a sua retenção na própria vegetação, prejudicando assim, o escoamento superficial, aumentando o problema.

Diversos fatores colaboram para que ocorram alagamentos no município, de aspectos geomorfológicos a urbanísticos. O ponto 3, fica localizado em uma superfície geomorfológica, denominada Planície Fluvio-lagunar, com características de um

terreno plano a pouco ondulado, o que acaba por aumentar o tempo em que a água da chuva fica concentrada, pode-se observar essa característica na Figura 15. Devido à baixa declividade do local, o escoamento das águas da chuva se dá de modo mais lento.

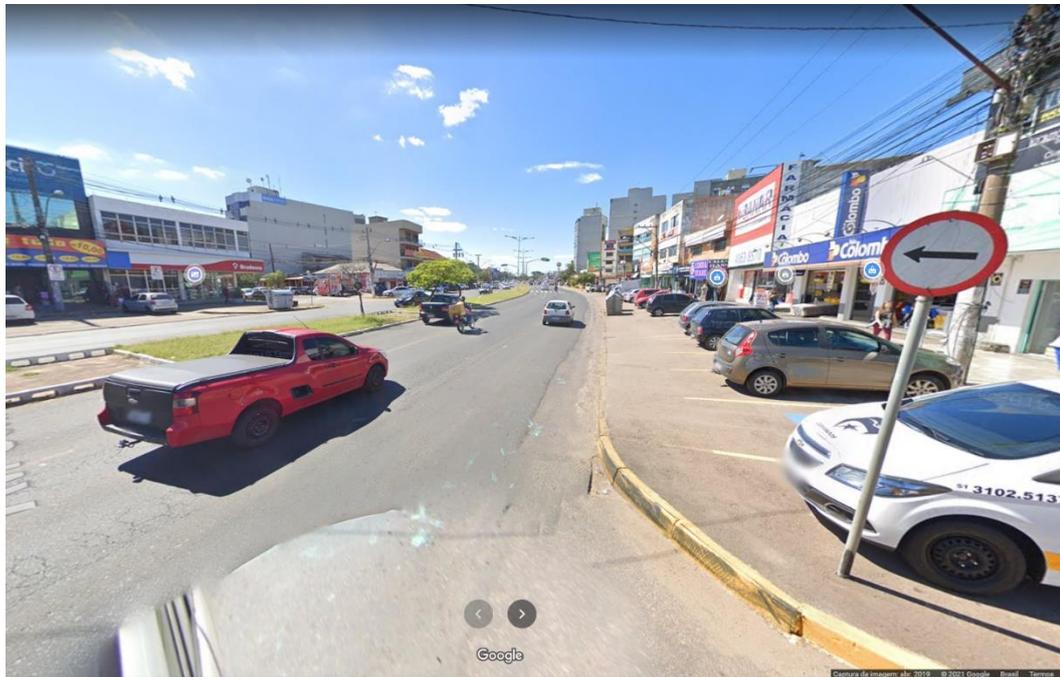


Figura 15 - Avenida Flores da Cunha. Fonte Google Street View (2021).

A região ao entorno desse ponto, é relativamente mais alta, fazendo com que a área receba um aporte maior da água proveniente da precipitação, e um conseqüente acúmulo. Essas características podem ser observadas no perfil topográfico da área. Os perfis foram traçados em dois sentidos, norte/sul (Figura 16) e leste/oeste (Figura 17), evidenciando a direção do escoamento da água devido à impermeabilização. Podemos observar que a área é mais baixa em relação ao seu entorno, ainda que com uma baixa variação da altitude. Em ambos os perfis os pontos mais baixos são de 12 metros, enquanto os pontos mais altos variam entre 18 e 20 metros.



Figura 16 - Perfil de Elevação da Área de Alagamento Norte/Sul. Fonte: Google Earth. Elaborado por: Autor (2021).

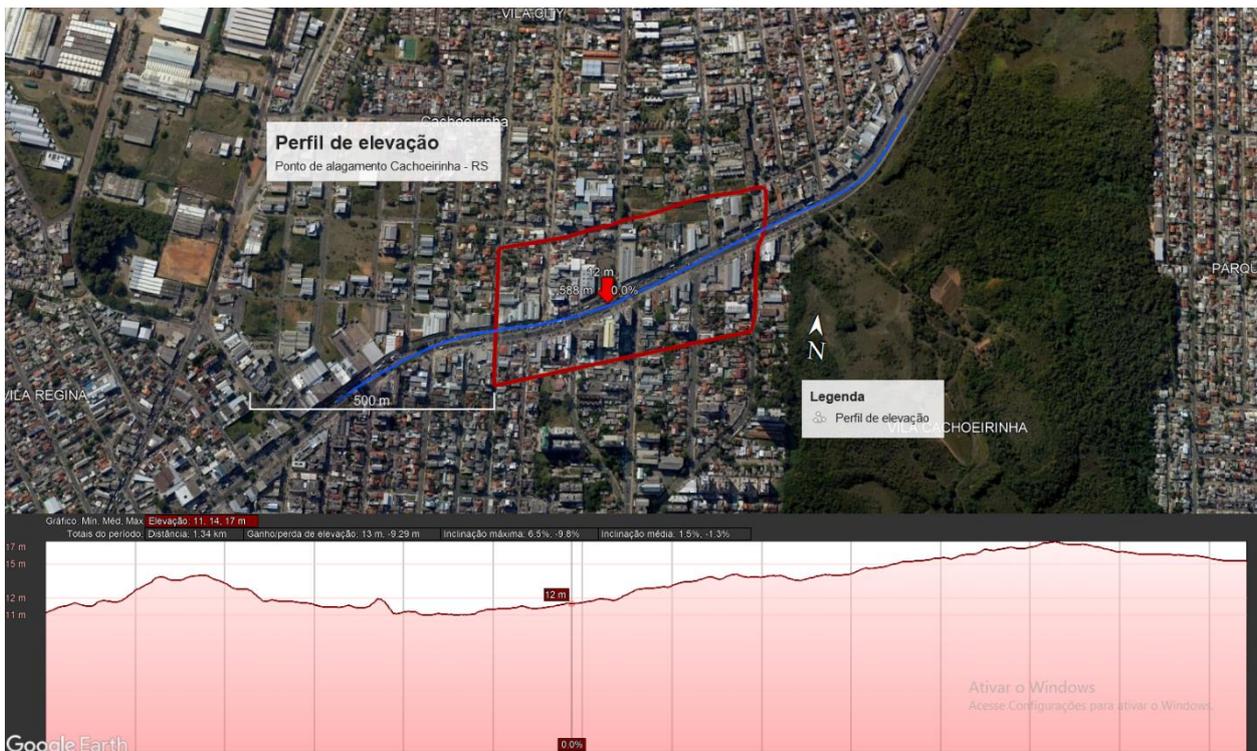


Figura 17 - Perfil de Elevação da Área de Alagamento Oeste/Leste. Fonte: Google Earth. Elaborado por: Autor (2021).

Ao comparar as Figuras 15 e 18, onde ambas estão basicamente na mesma localidade, uma em um dia de sol e outra durante um evento extremo de precipitação. Observa-se as consequências prejudiciais na mobilidade, além de expor os habitantes a condições de insalubridade.

Atrelado a essa concentração da água, temos também a impermeabilização do solo, responsável por aumentar de maneira abrupta o escoamento superficial da água, como mostra o CES anteriormente mencionado. Esse fato prejudica os sistemas de drenagem local. No município de Cachoeirinha o sistema de drenagem das águas das chuvas, de maneira geral, sempre foi ineficiente. Há diversos registros fotográficos e relatos de moradores locais acerca dessas situações. O sistema de drenagem da área é feito através das bocas de lobo, tanto do tipo A como do tipo B, conforme a Figura 19, esses sistemas geralmente são implementados perto das esquinas e faixas de pedestre. As águas captadas pelas bocas de lobos são conduzidas para um sistema de galerias, que as direcionam para cursos d'água. O sistema por meio de bocas de lobo é o de menor custo, mas exige cuidados, o descarte irregular de lixo, bastante comum em áreas urbanas, por vezes pode obstruir total ou parcialmente este sistema, o que requer fiscalização e manutenção por parte dos agentes públicos.



Figura 18 - Alagamento. Av. Flores da Cunha. Disponível em: Chico Pereira. (2014).

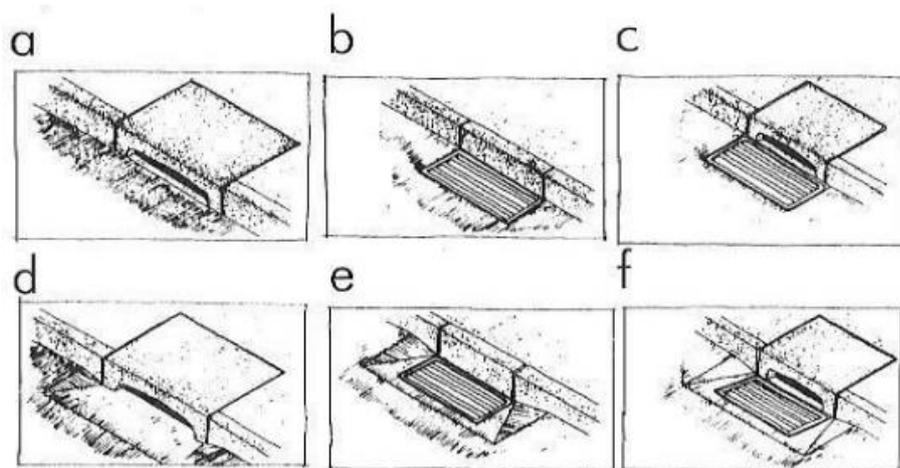


Figura 19 - Sistema de Drenagem Urbana, Tipos de Bocas de Lobo. Fonte: Cruz e Alberto, 2009.

As obras que visam uma diminuição dos alagamentos no município ocorrem há mais de dez anos, como mostra a Foto 5, nela pode ser visto a construção do conduto forçado, que teve início no ano de 2009. Essas obras envolvem uma melhoria das galerias que captam as águas do escoamento, essas águas são levadas por meio de um conduto forçado, até a casa de bombas, localizada na Av. João Pessoa, de lá têm como destino o Rio Gravataí. Como as obras foram finalizadas na área ainda esse ano, resta aguardar e observar se serão de fato efetivas para a contenção dos alagamentos na região.



Foto 5 - Construção do Conduto Forçado. Fonte: Prefeitura de Cachoeirinha – RS, 2009.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a ideia de contribuir para o planejamento urbano municipal, os principais resultados desse trabalho são o mapeamento geomorfológico, a identificação, caracterização e análise de pontos de inundações e alagamento, buscando um melhor entendimento quanto a inter-relação entre os aspectos físicos naturais do ambiente e a ação antrópica. Além disso, esse estudo visa apontar um sul para o planejamento urbano no município, esse que, ainda parece se dar de modo não bem planejado.

A elaboração dos mapas geomorfológico, hipsométrico e declividade, além dos demais aspectos físicos e urbanos que contemplam a morfodinâmica da paisagem, são conhecimentos importantes e que auxiliam na elaboração do planejamento urbano. Toda e qualquer alteração que venha a interferir no espaço, com as diferentes atividades humanas ou econômicas, deve ser baseada no conhecimento das diversas dinâmicas que ocorrem em determinado espaço.

Sabendo da existência de mapeamento geomorfológico em outros municípios da RMPA e que Cachoeirinha – RS não possuía este mapeamento, o trabalho vem a contribuir com a elaboração de um mapa com informações do relevo do município. Com as informações geomorfológicas e uma melhor noção das diversas dinâmicas entre o relevo, urbanização e a parte hídrica, no futuro o planejamento urbano municipal poderá obter uma análise integrada entre a população e o ambiente.

No município foi possível inferir que uma parcela significativa do desenvolvimento urbano se deu em áreas caracterizadas geomorfologicamente como Planícies Fluvio-Lagunares e Planícies Fluviais. Tais áreas são caracterizadas pela deposição de sedimentos; concentração hídrica, devido à baixa capacidade de drenagem e relevo plano; solos mal drenados e uma presença bastante significativa de cursos ou corpos d'água.

A área de maior fluxo de veículos no município, a avenida Flores da Cunha, considerada uma das avenidas com maior tráfego diário no Estado do Rio Grande do Sul, localiza-se em uma das áreas de menor altitude do município. A impermeabilização do solo aliada às questões físicas do local, como o relevo e o tipo de solo, facilita o acúmulo de água na área, gerando um sensível impacto devido à dinamicidade da mobilidade urbana do local. A falta de um planejamento urbano eficiente e uma ultrapassada cultura técnico-urbanística de supressão das dinâmicas

naturais, são fatores que intensificam a ocorrência de fenômenos ambientais no município.

A dissociação entre planejamento urbano e das dinâmicas naturais do meio ambiente, afeta toda a população local, sendo que, atinge de maneira mais acentuada as populações mais carentes, uma vez que ocupam áreas extremamente próximas do leito do Arroio Sapucaia. Essas pessoas anualmente sofrem com perdas materiais, além da exposição a condições de insalubridade. Acontecimentos semelhantes ocorrem em outros pontos do município, esses fenômenos são intensificados pela ação antrópica, tendo em vista que em Cachoeirinha, os problemas de inundações ocorrem por ocupação de áreas irregulares. Assim como os eventos de inundações, evidentemente, os alagamentos, ocorrem em diversos outros pontos no município, ocasionando também perdas materiais e expondo as populações a condições de insalubridade, além de afetar diretamente a mobilidade dos locais.

Por se tratar de um município sem uma grande extensão de área, Cachoeirinha tem grande parte de sua área urbana, já consolidada, sendo inviável falar sobre uma reordenação urbana, uma característica de vários municípios e regiões metropolitanas. A solução para os eventos de inundações não é a canalização do curso d'água ou obras nesse sentido, e sim a preservação dessas áreas e a alocação desses setores da comunidade em áreas habitáveis de baixo risco. De maneira mais específica, uma possível solução para os eventos de inundação no ponto 2, no Bairro Meu Rincão, é a realocação dos habitantes, para áreas menos suscetíveis a estes eventos de inundações, por meio de políticas municipais de regularização fundiária, viabilizando o reassentamento dessas populações em situação de vulnerabilidade social. No ponto 1, bairro Parque da Matriz, ainda que as habitações não sejam tão próximas do curso do arroio quanto no ponto 2, ainda são áreas suscetíveis aos eventos de inundação, uma melhoria no sistema de drenagem local, principalmente no ponto que atravessa a BR-290, possivelmente melhoraria a situação do local, mas de modo geral, não impede completamente que novos eventos ocorram.

A área de alagamento do estudo, como já dito, recentemente passou por obras de infraestrutura para tentar amenizar a situação local. Essa área deve ser acompanhada por órgãos competentes, afim de averiguar se as medidas que foram tomadas foram efetivas ou se serão necessárias outras intervenções para o controle do fenômeno. Aos demais pontos de alagamentos que ocorrem no município, cabe aos órgãos fiscalizadores e de planejamento da prefeitura, uma identificação e

mapeamento dos pontos em que ocorrem esses eventos, para que futuramente sejam possíveis novas análises, que permitirão a elaboração de um planejamento que vise amenizar os eventos nos pontos identificados.

8. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas no quaternário.** Revista do instituto de Geografia 4. São Paulo, 1969, 1-23p.

ALCANTARA, R. S.; SOUZA, S. S.; SANTOS FILHO, E. **Vulnerabilidade socioambiental do bairro do Paracuri, Icoaraci-Pará.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS. 2014. BRITO, Fausto; SOUZA, Joseane de.

ALLIARDI, Elen. **Mobilidade urbana de Cachoeirinha: impactos de uma faixa exclusiva para ônibus.** 2016.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura.** 1998.

BRITO, Fausto; SOUZA, Joseane de. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo Perspec.** São Paulo, v. 19, n. 4, p. 48-63, Dec. 2005.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** 2001.

CASSETI, Valter. **Cartografia geomorfológica.** CASSEITI, V. **Geomorfologia.** Disponível em www.funape.org.br/geomorfologia. Download em, v. 20, n. 08, 2006.

CASTRO, A. et al. **Manual de desastres-desastres naturais, vol I.** Ministério da Integração Nacional-Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília, DF, v. 174, 2003.

DA SILVA PEREIRA, Sandra Maria; DA FROTA FILHO, Armando Brito; DA SILVA PAES, Klévia. **IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS DECORRENTES DA OCUPAÇÃO DAS ZONAS RIPÁRIAS EM MANAUS.** REVISTA GEONORTE, v. 3, n. 4, p. 699-706, 2012.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo – Rio de Janeiro, RJ. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 5º ed**, Rio de Janeiro, 2018.

FUJIMOTO, NSVM; DIAS, Tielle Soares. **Estudo sobre a suscetibilidade à inundação do Setor Sul do Município de Porto Alegre-RS: Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso**. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010.

GOUDIE, Andrew S. **Human impact on the natural environment**. John Wiley & Sons, 2018.

GREGORY, K. J. (1992). **A natureza da geografia física**: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

GUERRA, Antônio José Teixeira.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 2ª edição. **Rio de Janeiro: Bertrand Brasil**, 2001.

GUERRA, Antônio José Teixeira; DOS SANTOS MARÇAL, Mônica. **Geomorfologia ambiental**. Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e teorias**. In: GUERRA, A. J. T. (elaboração). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

LUERCE, T. D. et al. **Mapeamento geomorfológico a partir de dados SRTM: bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, RS**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2013. p. 5210-5217.

LIMA, Luís Marcelo Martins de. **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso**, Porto Alegre-RS. 2010.

MARTINS, Eduardo Marques; BASSO, Luis Alberto. **PROJETO “A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO PASSINHOS”:** A RETRIBUIÇÃO À COMUNIDADE, Porto Alegre-RS, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/Instituto de Pesquisa Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** CARVALHO, Celso Santos; MACEDO Eduardo Soares de; OGURA Agostinho Tadashi, (orgs). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisa Tecnológicas – IPT, 2007.

MORENO, José Alberto. **Clima do Rio grande do Sul.** Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 11, p. 49-83, 1961.

MOURA, Nina Simone Vilaverde. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 76-80, 2005.

NASCIMENTO, M. D. **Impactos Socioambientais e Percepção da Paisagem em Locais de Forte Fragilidade Ambiental na Cidade de Santa Maria/RS.** Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Instituto de Geociências, Porto Alegre, 2015.

PROTEGER. Programa Técnico Para o gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre. **Geomorfologia da Bacia do rio Gravataí.** Série Cartas Temáticas. Porto Alegre. Vol.1. 1994.

_____. **Plano de recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.** Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Porto Alegre, 2012.

RABUS, Bernhard et al. **The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar.** ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, v. 57, n. 4, p. 241-262, 2003.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do departamento de Geografia, v. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista do departamento de geografia, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; CASSOL, Roberto. **Cartografia temática: uma contribuição na análise geográfica do município de Barão de Cotegipe/RS**. Ateliê Geográfico, v. 6, n. 2, p. 33-54, 2012.

SANTOS, AR dos. Enchentes e deslizamentos: causas e soluções. **Áreas de risco no Brasil**. São Paulo: Pini, 2012.

SANTOS, Rosely Ferreira dos. **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** 196 f. 2007. Disponível em: https://fld.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf. Acessado em: 20/08/2021.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geomorfologia: novos conceitos e abordagens**. In VII simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Curitiba, 1997, p. 24-30

TEIXEIRA, M. B. **Plano Ambiental**. [Online] Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12832327/volume-2pdf-prefeitura-municipal-de-cachoeirinha-governo-do->. Acessado em: 10 de Março de 2021.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela. **Desastres naturais**. São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, Carlos EM; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

Tucci, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48).**

VIEL, Jorge Antônio; ROSA, Kátia Kellem da; MENDES JUNIOR, Claudio Wilson. **Avaliação da Acurácia Vertical dos Modelos Digitais de Elevação SRTM, ALOS World 3D e ASTER GDEM um estudo de caso no Vale dos Vinhedos, RS, Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física. Recife. Vol. 13, n. 5 (2020), p. 2255-2268, 2020.

ZIMBACK, C. R. L. **Formação dos Solos.** GEPAG, FCA, UNESP. 2003. Botucatu.