

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO/RS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

DOUGLAS HENRIQUE FRACARI

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE AMBIENTAL:
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE
CERRO LARGO/RS**

CERRO LARGO

2021

DOUGLAS HENRIQUE FRACARI

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE AMBIENTAL:
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE
CERRO LARGO/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Mario Sergio Wolski

**CERRO LARGO
2021**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Fracari, Douglas Henrique
Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental:
Caracterização das Microbacias Hidrográficas do
Município de Cerro Largo/RS / Douglas Henrique Fracari.
-- 2021.
44 f.:il.

Orientador: Doutor Mario Sergio Wolski

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro
Largo, RS, 2021.

1. Geoprocessamento. 2. Análise Ambiental. 3.
Caracterização Ambiental. 4. Planejamento e Gestão
Ambiental. 5. Bacias Hidrográficas. I. Wolski, Mario
Sergio, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

DOUGLAS HENRIQUE FRACARI

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE AMBIENTAL:
CARACTERIZAÇÃO DAS MICROBACIAS HDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE
CERRO LARGO/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

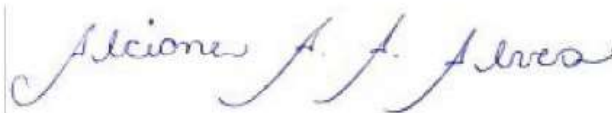
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

14/05/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Mario Sergio Wolski - UFFS
Orientador



Prof.ª. Dr.ª. Alcione Aparecida de Almeida Alves



Dr. Allan de Oliveira de Oliveira

À minha família, por todo apoio, empenho e suporte prestado para que esse sonho se tornasse real.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais Darci e Lúcia e meus irmãos Darlon e Luciana, que são minha base e meu maior motivo de orgulho e motivação para seguir em frente. Agradeço por entenderem as ausências em datas importantes e por todo o incentivo dado em meus estudos ao longo de toda minha vida. Eu amo demais vocês!

A minha namorada Jady de Oliveira Sausen, por estar presente em todos os momentos dessa jornada acadêmica, por ser meu porto seguro e por me fazer não desistir nos momentos de dificuldade. Te amo muito!

À toda família Sausen, que desde o meu primeiro dia na família, me acolheu sempre da melhor maneira possível, principalmente neste último semestre.

Aos meus amigos de quatro patas Nero e Costelinha, o primeiro por participar de grandes momentos da minha vida em 15 anos e o segundo por ter praticamente me escolhido como seu tutor e ser minha companhia diária nesse último ano de curso.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, por proporcionar um ensino de excelente qualidade e por todo o esforço que tem sido realizado em virtude da Pandemia COVID-19 para que o ensino, a pesquisa e a extensão se realizem.

Ao orientador, professor Dr. Mario Sergio Wolski, pela amizade construída, por todos ensinamentos, por ser uma inspiração e por compartilhar sua vasta experiência na área.

A todos professores que já fizeram parte da minha jornada durante toda minha vida e colaboraram para que hoje eu chegasse aqui.

Aos meus amigos, da universidade ou não, que muitas vezes serviram também como “psicólogos” para desabafos, viraram noites de estudos comigo, entenderam ausências em ocasiões especiais e sempre me incentivaram a seguir em frente.

Aos meus irmãos e colegas de apartamento, Eduardo Robe e Willian Pazdiora, pela grande amizade construída durante esses anos de convívio.

Ao grande amigo Bruno Villela, que essa incrível área do geoprocessamento proporcionou conhecer, por meio da internet. Obrigado pelas dicas e por toda ajuda prestada não somente nesse trabalho, mas também pessoalmente.

E a todos que de alguma forma contribuíram nessa caminhada até aqui.

Muito obrigado, de coração!

RESUMO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), ano a ano, vêm tornando-se uma ferramenta de uso indispensável em projetos ambientais que estão em desenvolvimento, pois facilitam a identificação e percepção visual das características da área de estudo. Apesar de sua crescente importância do uso em aplicações ambientais, ainda existe uma enorme carência na disponibilidade de dados em escalas detalhadas. Por meio de suas diversas ferramentas e amplo leque de aplicações, o geoprocessamento, mediante mapas temáticos e cruzamento de informações geradas, servirá de auxílio na tomada de decisão acerca desses problemas. Este estudo teve por finalidade realizar o levantamento de dados das microbacias hidrográficas que estão sob o limite do município, mapeamento da área a partir dos dados gerados utilizando técnicas de geoprocessamento e fornecimento dos resultados gerados à comunidade acadêmica e à sociedade civil em geral. Para construção dos mapas temáticos foi utilizado um SIG livre e aberto, além de arquivos em bancos de dados disponibilizados em plataformas digitais de iniciativa pública e privada. Pode-se concluir que o uso de recursos de geoprocessamento para a construção de dados geoespaciais do município tem grande potencial de aplicação/execução posterior em análises ambientais.

Palavras-chave: Planejamento Ambiental. Gestão Ambiental. Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS), year by year, have becoming an indispensable tool in environmental projects which are being developed, because they facilitate identification and visual perception of the characteristics in the field area. Despite its growing importance in use in environmental applications, there still is a huge lack of availability of data on detailed scales. Through its many tools and wide range of applications, geoprocessing, through thematic maps and crossing of information generated, it will help in decision making about these problems. The performance of this study aims to achieve watershed data survey which are under the borders of Cerro Largo/RS, perform area mapping from generated data using geoprocessing techniques and providing results to the academic community and to the civil society in general. To build thematic maps, it was used an open and free GIS, in addition to files in data bases available in digital platforms of public and private initiative. Among formulated conclusions at the end of this work, we can highlight the use of geoprocessing resources to build geospatial data in the city in question has great potential for further application/execution in environmental analyzes.

Keywords: Environmental planning, Environmental management, Watershed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas de Desenvolvimento do Trabalho.....	20
Figura 2 – Mapa de Situação e Localização do Município de Cerro Largo.....	21
Figura 3 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo nas Regiões Hidrográficas do Brasil, do RS e nas Bacias Hidrográficas.....	22
Figura 4 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo em Relação aos Biomas Brasileiros.....	23
Figura 5 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo nas Regiões Imediatas e Intermediárias do RS.....	24
Figura 6 – Exemplo de raster matricial.....	26
Figura 7 – Exemplo de Representação de Arquivos Vetoriais em Camadas.....	28
Figura 8 – Mapa Hipsométrico do Município de Cerro Largo.....	30
Figura 9 – Mapa de Declividade do Município de Cerro.....	31
Figura 10 – Mapa de Orientação de Vertentes do Município de Cerro Largo.....	32
Figura 11 – Mapa de Rede Hidrográfica do Município de Cerro Largo.....	34
Figura 12 – Mapa de Identificação das APPs do Município de Cerro Largo.....	34
Figura 13 – Mapa de Identificação das Microbacias Hidrográficas do Município de Cerro Largo.....	35
Figura 14 – Mapa de Identificação das Microbacias Hidrográficas de Cerro Largo e seu Respectivo Uso do Solo.....	36
Figura 15 – Mapa de Análise Temporal do Uso da Terra e Ocupação do Solo no Município de Cerro Largo.....	37
Figura 16 – Uso do Solo em Porcentagem de Hectares no Município de Cerro Largo em 2010.....	38
Figura 17 – Uso do Solo em Porcentagem de Hectares no Município de Cerro Largo em 2019.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fonte dos Dados e sua Respectiva Escala de Mapeamento/ Resolução Espacial da Imagem.....	25
Tabela 2 – Classes de Relevô do Município de Cerro Largo	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
BH	Bacias Hidrográficas
CAR	Cadastro Ambiental Rural
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INDE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LabGeo	Laboratório de Geoprocessamento
LTR	<i>Long Term Release</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
PA	Perícia Ambiental
PNMH	Política Nacional das Microbacias Hidrográficas
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RH	Regiões Hidrográficas
RS	Rio Grande do Sul
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRC	Sistemas de Referências de Coordenadas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UF	Unidades Federativas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UHE	Usina Hidrelétrica
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 GEOPROCESSAMENTO.....	15
2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS	16
2.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	17
2.4 GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS.....	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1. PLANEJAMENTO DO TRABALHO	20
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
3.3. REPRESENTAÇÃO DE ELEMENTOS/FEIÇÕES ESPACIAIS	25
3.3.1 Construção dos mapas utilizando modelos de dados matriciais (raster)	25
3.3.2 Construção dos mapas utilizando modelos de dados vetoriais	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	40
6. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o geoprocessamento, por meio de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e conhecimentos acumulados de Geodésia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, entre outros, vêm ganhando um importante destaque em diversas áreas dos estudos ambientais, tais como: Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), Cadastro Ambiental Rural (CAR), Perícia Ambiental (PA), entre outros.

O potencial de aplicação dos SIG na análise dos problemas ambientais decorrentes de alterações nas bacias hidrográficas bem como no ordenamento do território é bastante promissor (SANTOS, 2008), pois com o emprego do SIG é possível acompanhar as evoluções do processo de urbanização e da sustentabilidade agrícola de uma região.

Independentemente da perspectiva tratada, seja de monitoramento, preservação ou de recuperação de bacias hidrográficas, todas as ações de intervenção são dependentes de uma etapa de análise da qualidade ambiental da área (RAMOS, *et al*, 2018). Neste sentido, Marconi e Lakatos (2009, *apud* RAMOS, *et al*. 2018) definem “análise” como o estudo, a interpretação e a divisão do todo em partes, para se observar os componentes de um conjunto e identificar suas possíveis relações. Esta definição pode ser aplicada no estudo da qualidade ambiental de Bacias Hidrográficas (BHs).

Um dado geográfico ou geoespacial é um dado espacial em que a dimensão espacial está associada à sua localização na superfície terrestre, em determinado instante ou período de tempo (IBGE, 2018). Baseado nessas afirmações e evidenciando que a falta de informações geoespaciais sobre o município de Cerro Largo/RS é um fato veemente, apontam-se essas como alguns dos motivos que despertaram interesse no desenvolvimento deste trabalho, pois no mesmo não existem informações geográficas disponíveis no que diz respeito ao levantamento de, por exemplo, áreas verdes, Áreas de Preservação Permanentes (APPs), uso do solo, redes hidrográficas, entre outros. Esses dados serão gerados a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento em software SIG ao longo do presente trabalho.

Com base nessas afirmações, destaca-se que o geoprocessamento está deixando de ser uma mera opção e tornando-se uma ferramenta de uso imprescindível nos estudos ambientais, devido ao seu amplo leque de aplicações, geração de dados confiáveis no projeto e por ser um facilitador na tomada de decisões nos mesmos, permitindo uma análise crítica completa das bacias e microbacias hidrográficas como unidades naturais de planejamento, por meio da interpretação dos resultados gerados durante o geoprocessamento.

Diante disso, a realização deste estudo teve como finalidade realizar o levantamento de dados das microbacias hidrográficas do município de Cerro Largo – RS, bem como a realização do mapeamento da área a partir dos dados gerados por meio de técnicas de geoprocessamento e disponibilização do conteúdo gerado à comunidade acadêmica e à sociedade civil em geral.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo sistematizar dados geoespaciais para o município de Cerro Largo/RS.

1.1.2. Objetivos específicos

- I. Confeccionar e disponibilizar mapas do meio físico para o município de Cerro Largo/RS;
- II. Contribuir para o planejamento físico e gestão territorial do município de Cerro Largo/RS;
- III. Utilizar SIG livre e aberto;
- IV. Subsidiar estudos do meio físico para gestão de políticas públicas para o município de Cerro Largo/RS.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GEOPROCESSAMENTO

Em décadas passadas, dados referentes à recursos naturais eram coletados e armazenados em mapas analógicos, isso dificultava muito a combinação/cruzamento de diferentes temas para realização de análises. Contudo, atualmente, na esteira dos avanços tecnológicos na área da computação, as informações coletadas sobre uma determinada área podem ser armazenadas e representadas em meio digital.

O termo geoprocessamento surgiu com a introdução dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas computadorizados, por meio de ferramentas denominadas SIG's (CÂMARA, ORTIZ, 1993). Desse modo, o geoprocessamento pode ser utilizado como fornecedor de dados e informações geográficas, no que diz respeito a elaboração de estratégias de monitoramento de impactos ambientais na gestão pública, por meio de análises geoespaciais.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento (MEDEIROS, CÂMARA, 2001). Os autores ainda chamam a atenção para algumas áreas onde é grande o impacto da aplicação de tecnologias de SIGs, sendo elas: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e Prognósticos Ambientais.

Segundo Ibrahim (2014, p. 19)

O geoprocessamento é um importante instrumento no planejamento ambiental e representa uma ferramenta de grande utilidade para a conservação da biodiversidade, pois permite a coleta de dados espaciais relevantes para muitos estudos, como a distribuição de espécies, a identificação de áreas prioritárias para a conservação, a delimitação de corredores de biodiversidade etc.

Desse modo, destaca-se que a utilização desses instrumentos geoespaciais como ferramentas de subsídio a gestão pública tendem a cooperar com o aumento da produtividade e a capacitação pública para atender às suas necessidades. Porém, sua implementação requer um banco de dados confiável, que deve ser constantemente atualizado. No Brasil, devido à atual crise financeira, os municípios vêm enfrentando cada vez mais restrições orçamentárias, das quais exigem estratégias inovadoras, que devem ter uma base de tomada de decisão confiável para as deliberações de utilização de recursos. Para a construção dessas estratégias, percebe-se

que a localização espacial é essencial, pois cerca de 85% de todas as informações estão de alguma forma relacionadas ao espaço geográfico (PEREIRA *et al.* 2019).

2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Historicamente, as civilizações buscam construir cidades próximas aos rios. O ser humano sempre procurou as margens de cursos d'água para morar e fazer plantios, devido à fertilidade das terras que são ricas em materiais orgânicos e, além disso, justifica-se também pela facilidade de acesso a esses recursos hídricos (RÊGO, 2014. p. 20)

Por conta da ocupação antrópica, muitas vezes ocorre a degradação e contaminação desses recursos hídricos pelas atividades antrópicas desenvolvidas de maneira desenfreada, como agricultura, urbanização e industrialização, por exemplo. Estas atividades resultam em lançamentos de altas cargas de matéria orgânica e poluentes químicos nas redes hidrográficas. Vale ainda ressaltar que o crescimento urbano de modo não planejado acarreta na remoção da vegetação ou da mata ciliar, o que pode implicar em grandes desequilíbrios ambientais na BH.

Diante desta perspectiva, criou-se a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), implementada por meio da Lei nº 9.433 de 1997, que estabelece as normas para a gestão dos recursos hídricos e determina a BH como uma unidade de planejamento e gestão. Posteriormente, o Novo Código Florestal, por meio da Lei nº 12.651 de 2012, define como APP, em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água, lagos ou lagoas naturais e as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais.

Portanto, melhorar a gestão dos recursos hídricos integrando e otimizando os usos múltiplos, alocando de forma flexível a água para os diferentes usuários e investindo em saneamento público (coleta de esgotos, tratamento de esgotos, resolvendo problemas sanitários de doenças de veiculação hídrica) é uma das formas mais relevantes de desenvolvimento econômico e social, pois melhora a qualidade de vida, promove a geração de empregos e renda e amplia a capacidade de abastecimento de água para usos múltiplos e estímulo à economia (BHATIA, BHATIA, 2006).

Desse modo, a caracterização de uma BH, “diz respeito à análise das características físicas presentes na área, elaborando uma interação entre esses elementos, levando ao conhecimento das possíveis evoluções desses ambientes, bem como, prevenir possíveis degradações” (MEDEIROS; SÃO MIGUEL; BRUGNOLLI, 2014). Com base nessas afirmações, Marconi e Lakatos (2009, *apud* RAMOS, *et al.* 2018) definem “análise” como o

estudo, a interpretação e a divisão do todo em partes, para se observar os componentes de um conjunto e identificar suas possíveis relações. Esta definição pode ser aplicada no estudo da qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica.

Com isso, por meio do mapeamento da rede hidrográfica e do cruzamento de dados de altimetria e uso do solo, por exemplo, é possível a identificação de impactos de diferentes naturezas nos recursos naturais, como desmatamento, degradação do solo, remoção/destruição de matas ciliares e outros diversos impactos que afetam o meio ambiente e podem causar não somente prejuízos financeiros, mas também danificar a saúde da população. Por fim, a análise de aspectos e impactos ambientais correlacionados das bacias pode levar à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental desses locais, destaca Christofolletti (1980 *apud* PEREIRA, SILVA; DUARTE, 2019).

2.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A falta - ou até mesmo inexistência - de um planejamento correto na utilização dos recursos naturais de uma BH resulta na degradação e até mesmo escassez dos mesmos, portanto, a caracterização do meio físico auxilia na identificação de problemas relacionados a referida bacia. Todas essas alterações produzem um ecossistema diferente daquele existente anteriormente, acarretando, muitas vezes, em problemas ambientais que afetam o bem-estar da população em geral (ANDRADE, FRAXE, 2013).

De acordo com Hidalgo, (1992 *apud* LIMA; DUARTE; SILVA, 2017), qualquer variação das propriedades físicas, químicas ou biológicas dos recursos naturais (solo, vegetação, ar, água, fauna), causada por alguma atividade antrópica afeta diretamente a bacia, causando condições nocivas à saúde da própria população que depende da sua drenagem. Quando tem-se conhecimento dessas áreas afetadas, melhora-se muito a capacidade de intervenção e de realização de medidas mitigadoras destes impactos gerados.

Em um estudo ambiental, é de suma importância que tenha-se conhecimento técnico da área que está sendo estudada, levando em conta todas suas características para que seja feita uma tomada de decisão adequada. Em vista disso, o desenvolvimento sustentável de uma região, bairro, cidade, estado ou país deve, por meio de uma visão moderna, agregar diferentes análises ambientais, incluindo o ambiente natural, as ocupações humanas e suas inter-relações, a fim de realizar um planejamento e monitoramento corretos (IBRAHIN, 2014).

O monitoramento quantitativo e qualitativo do uso e da disponibilidade dos recursos naturais é necessário para garantir o planejamento e manejo adequados desses recursos

(MOREIRA, *et al.* 2010). Neste sentido, a caracterização de microbacias hidrográficas torna-se uma ferramenta de auxílio na solução e mitigação de problemas ambientais existentes, bem como contribui na prevenção destes, considerando-se as áreas em que existe pouca ou nenhuma ação antrópica.

2.4 GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Devido à importância dos recursos hídricos para as atividades humanas, as BHs têm-se tornado uma unidade geográfica importante para o planejamento dos recursos naturais (VILAÇA, *et al.* 2009), pois nelas é possível avaliar o impacto das atividades antrópicas causadas pelo homem sob o meio ambiente, de forma mais clara, específica e evidente.

A microbacia hidrográfica é uma delimitação física utilizada por algumas políticas públicas para intervenção. Sabanés, (2002, p. 79) destaca que: “A microbacia hidrográfica é a área geográfica de captação de água, composta por pequenos canais de confluência e delimitada por divisores naturais considerando-se a menor unidade territorial capaz de focar as variáveis ambientais de forma sistêmica.”

A água é o recurso natural que forma uma BH e desempenha um papel vital no aspecto da determinação da produção agrícola (ROCHA, 2008). Rios, lagos, e barragens artificiais são os principais componentes das águas superficiais em unidades morfológicas de bacias hidrográficas e interagem diretamente com sua área abrangente. Portanto, seu regime e qualidade podem ser afetados diretamente pelas atividades antrópicas.

Neste contexto, o governo federal, por meio do Decreto Federal nº 94.076 de 1987, instituiu o Programa Nacional das Microbacias Hidrográficas (PNMH), que tem em seu artigo 2º, parágrafo I, o objetivo de “executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação dos recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e objetivando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias, bem como da renda dos produtores rurais”. É na bacia hidrográfica que aplicam-se os instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (MORAES, *et al.* 2018), tais como: enquadramento dos corpos d’água, outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O Estatuto da Cidade, instituído pela Lei Federal nº 10.257 de 2001, prevê em seu Capítulo III, Artigo 41, Parágrafo I que o plano diretor é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes. O município de Cerro Largo, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 01/07/2020, tem população estimada de 14.189 habitantes, o que não tornaria obrigatório a existência de um plano diretor no mesmo. Contudo, o município

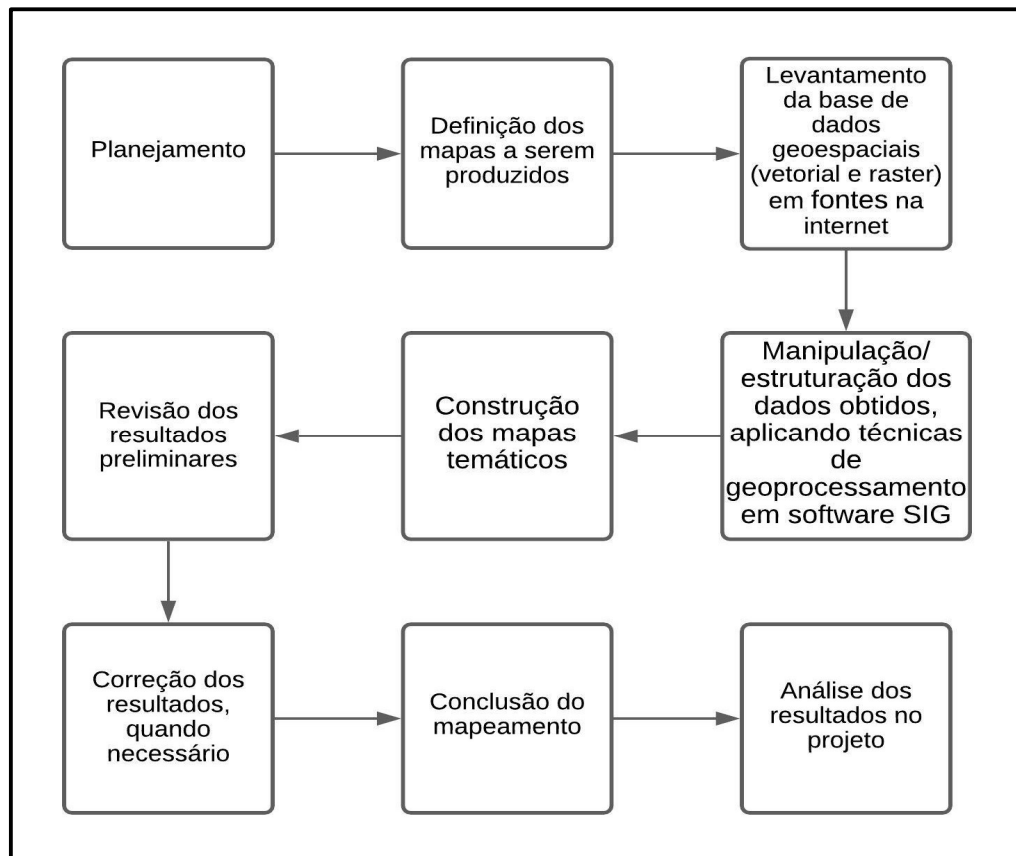
possui seu Plano Diretor, instituído por meio da Lei Municipal nº 2.276 de 2010 destacando, no Capítulo III da referida lei, toda a política ambiental municipal, o que se torna um grande ponto favorável, considerando-se a abordagem da temática ambiental.

Regiões de vegetação natural têm sido removidas e substituídas por numerosos sistemas humanos (MENEZES, *et al.* 2014). Com isso, vale ressaltar que o levantamento de informações da utilização de recursos naturais na BH é uma importante ferramenta de manutenção da mesma, permitindo que se avalie e identifique impactos causados pelas ações antrópicas e possibilitando intervenções para evitar a degradação ambiental na bacia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas para o desenvolvimento do presente trabalho seguiram as seguintes fases, apresentadas no fluxograma da Figura 1:

Figura 1 – Etapas de Desenvolvimento do Trabalho



Fonte: Autor, 2021.

3.1. PLANEJAMENTO DO TRABALHO

Todo o trabalho foi realizado por meio do uso de software livre e aberto de geoprocessamento livre denominado QGis, na sua versão *Long Term Release* (LTR), em tradução livre “longa duração” já estável **3.10.13 “A Coruña”**.

A construção dos mapas temáticos necessitou realizar a padronização do sistema de referência em todos os projetos, adotando o Sistema de Referências de Coordenadas (SRC) Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000 - GRS80), por se tratar do sistema de referência oficial utilizado no Brasil a partir de 25/02/2015. O sistema de projeção adotado foi o *Universal Transverse Mercator* (UTM) fuso 21 S, por se tratar do fuso em que está localizado o município de Cerro Largo.

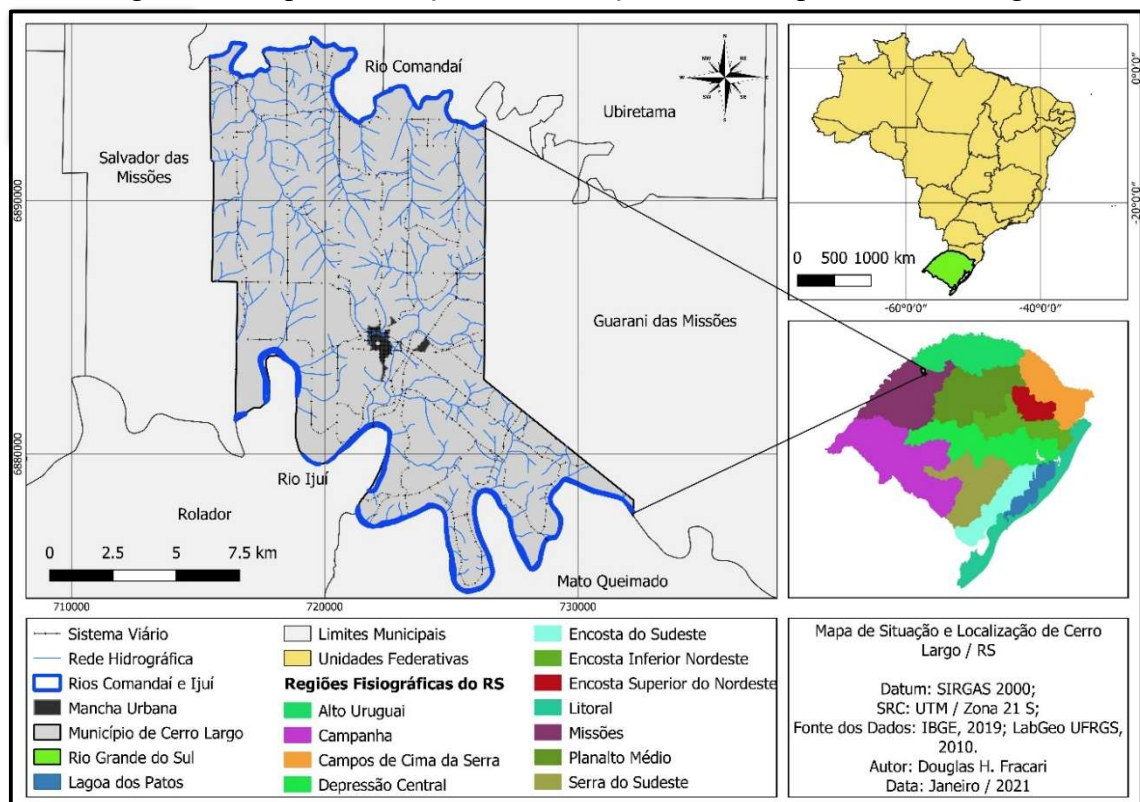
Com esta finalidade, ficou estabelecido como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) o SIRGAS, em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), conforme consta na Resolução do Presidente do IBGE nº1 de 2005, onde é alterada a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.

A adoção do SIRGAS, tem em vista as potencialidades do *Global Positioning System* (GPS) e as facilidades para os usuários, pois, com esse sistema geocêntrico, as coordenadas obtidas com GPS, relativamente a esta rede, podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos (DALAZOANA; FREITAS, 2000 *apud* DALAZOANA; FREITAS, 2002).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Cerro Largo foi fundado na data 04 de outubro de 1902 e, de acordo com dados do último censo do IBGE em 2010, possui uma área territorial de 176.64 km², sendo que a população do município é de 13.289 habitantes, com uma densidade demográfica de 74,79 hab/km², localizando-se no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (RS), na região fisiográfica das Missões, conforme indica a Figura 2.

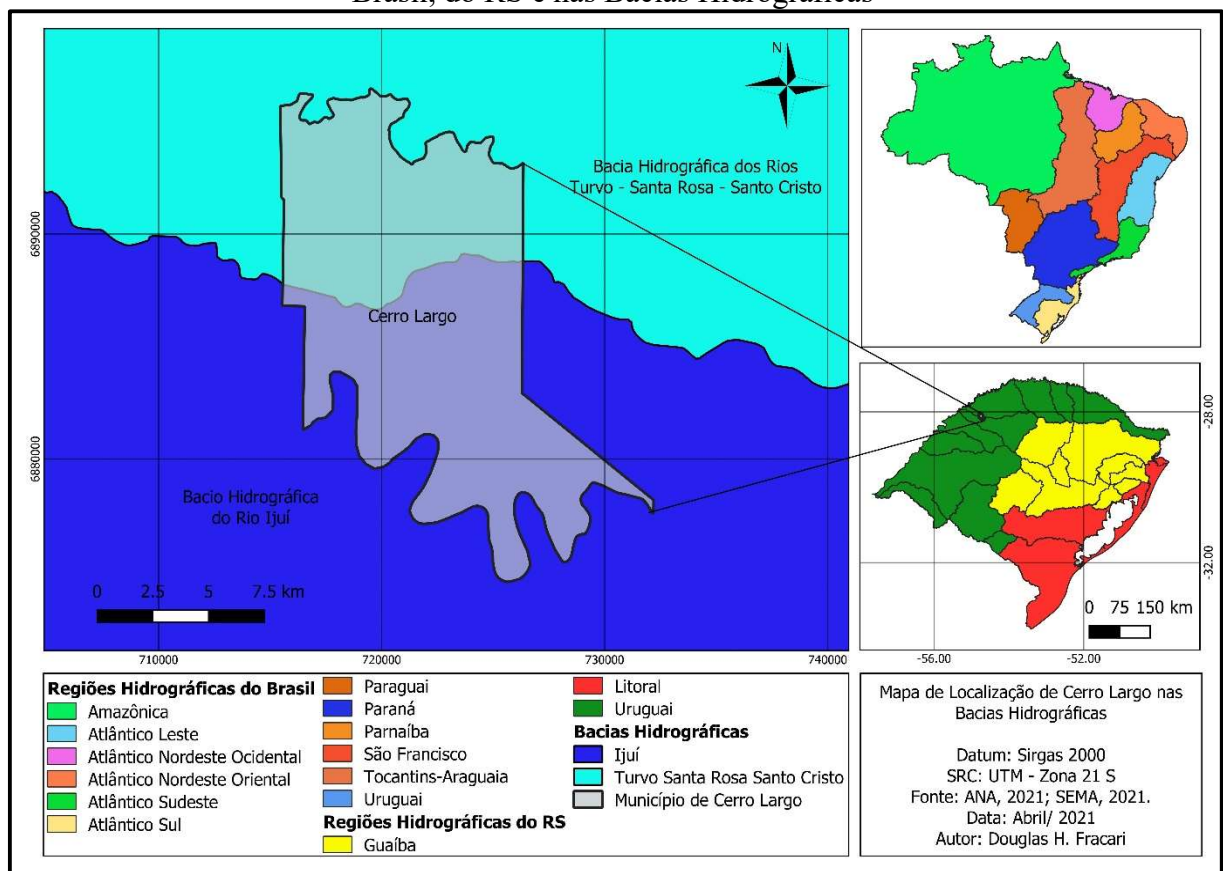
Figura 2 – Mapa de Situação e Localização do Município de Cerro Largo



Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito às Regiões Hidrográficas (RHs) do Brasil, o município está localizado na Região Hidrográfica do Uruguai, sendo que seu limite municipal abrange a Região Hidrográfica do Uruguai e duas BHs no Estado do RS – ao norte a BH dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo e ao sul a BH do Rio Ijuí, conforme ilustra a Figura 3. A Agência Nacional das Águas (ANA), 2021, define as Regiões Hidrográficas como “bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares”.

Figura 3 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo nas Regiões Hidrográficas do Brasil, do RS e nas Bacias Hidrográficas



Fonte: Autor, 2021.

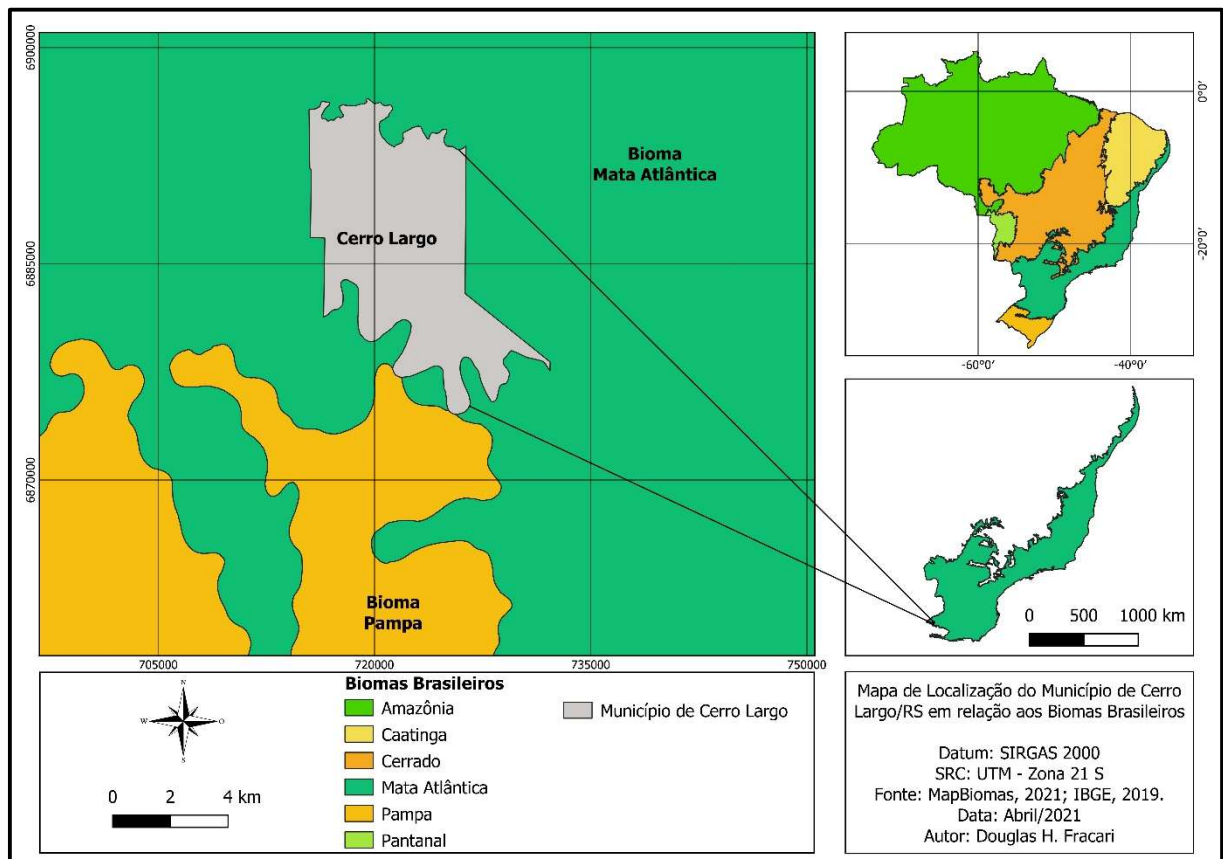
Referente ao bioma pertencente, o município localiza-se numa zona de transição, também conhecida como ecótono, entre o bioma Mata Atlântica e o bioma Pampa (SAUSEN, 2016). Vale ressaltar que o limite do bioma não é abrupto, como na representação do mapa discreto, ilustrado na Figura 4.

O bioma Mata Atlântica é um complexo conjunto de ecossistemas composto por inúmeras formações vegetais, abrigando uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil (SOS Mata Atlântica; INPE, 2011). É o terceiro maior bioma brasileiro, sendo superado

apenas pela Amazônia e Cerrado, entretanto, é o bioma que possui maior riqueza em relação à área que ocupa (COSTA *et al.* 2000). Contudo, a Mata Atlântica também é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo onde o desenvolvimento agrícola e urbano é uma das principais causas do desmatamento e fragmentação.

O clima no município é do tipo Cfa subtropical, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1800 mm e temperaturas médias superiores a 22°C nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) e oscilam entre 18°C e -3°C nos meses mais frios (junho, julho e agosto).

Figura 4 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo em Relação aos Biomas Brasileiros



Fonte: Autor, 2021.

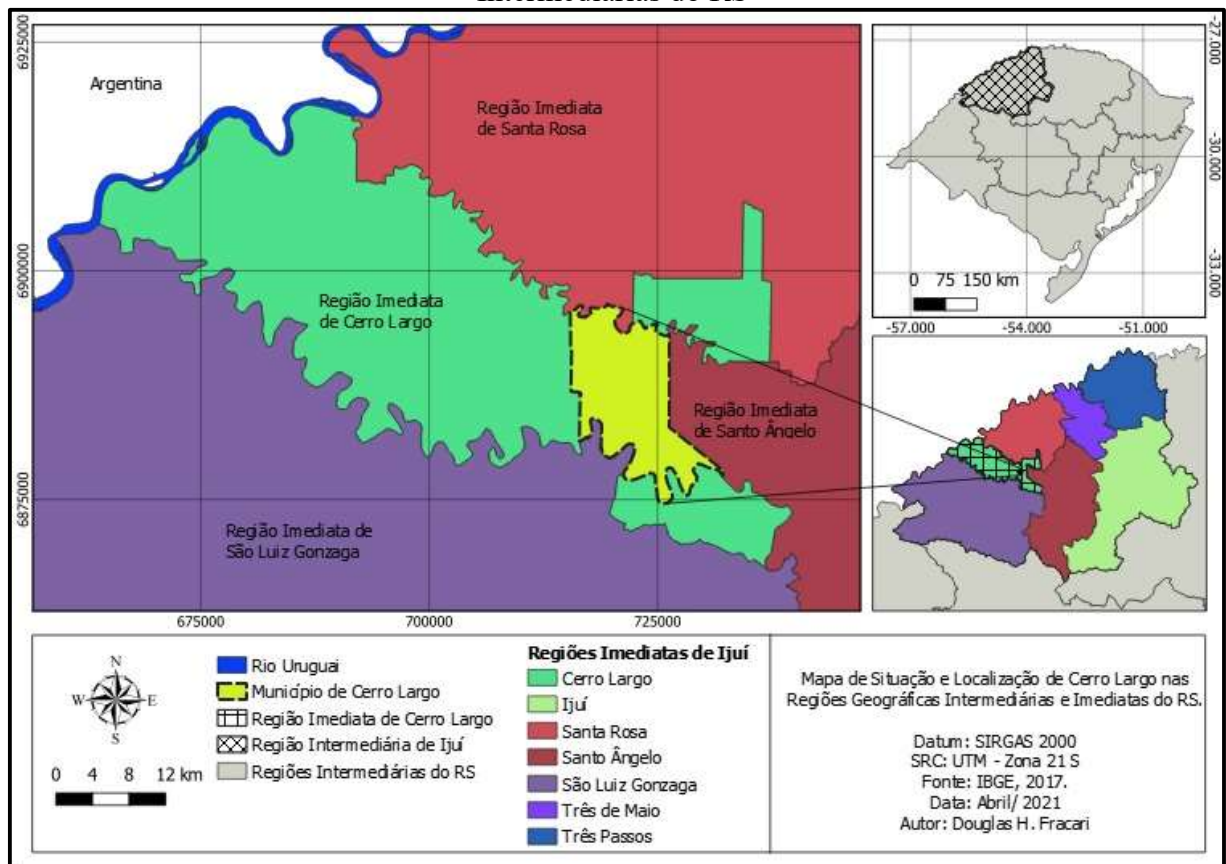
O IBGE lançou, em junho de 2017, a publicação intitulada “Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017”. Nesse trabalho, o órgão atualiza as articulações da rede urbana brasileira e tem como objetivo “subsidiar o planejamento e gestão de políticas públicas em níveis federal e estadual e disponibilizar recortes para divulgação dos dados estatísticos e geocientíficos do IBGE para os próximos dez anos”.

Ao longo do século passado, foram elaboradas 04 divisões regionais principais: Zonas Fisiográficas (1942), Microrregiões e Mesorregiões Homogêneas (1968 e 1976) e Mesorregiões e Microrregiões Geográficas (1989). Portanto, a divisão regional do Brasil não sofreu grandes mudanças nas últimas décadas, havendo a necessidade de revisar sua classificação para melhor compreender a dinâmica da rede de cidades brasileiras.

Até então, além das Regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), haviam as chamadas Microrregiões e Mesorregiões, sendo substituídas, respectivamente, por Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias, ilustradas na Figura 5, onde foram consideradas apenas as Regiões pertencentes ao Estado do RS.

Neste sentido, destaca-se que as Regiões Geográficas Imediatas, tem como referência a rede urbana e são estruturadas a partir de centros urbanos próximos para suprir necessidades imediatas das populações. Já as Regiões Geográficas Intermediárias articulam as Regiões Geográficas Imediatas através de um polo urbano de hierarquia superior, pode ser, preferencialmente uma metrópole ou uma capital regional, cujas funções urbanas são de maior complexidade.

Figura 5 – Mapa de Localização do Município de Cerro Largo nas Regiões Imediatas e Intermediárias do RS



Fonte: Autor, 2021.

3.3. REPRESENTAÇÃO DE ELEMENTOS/FEIÇÕES ESPACIAIS

As representações para caracterização do município de Cerro Largo foram realizadas utilizando diferentes modelos de dados. Sendo o espaço representado de modo discreto (vetorial), na forma de linhas e polígonos ou contínuo (matricial), na forma de raster. A Tabela 1 exibe a fonte de pesquisa dos dados e sua escala de mapeamento (vetores) e resolução espacial da imagem (rasters).

Tabela 1 – Fonte dos Dados e Sua Respectiva Escala de Mapeamento/ Resolução Espacial da Imagem

Fonte dos Dados	Escala do Mapeamento / Resolução Espacial da Imagem
LabGeo - UFRGS - Projeção UTM Fuso 21 S	1:50.000
SEMA - Regiões Hidrográficas do RS	1:50.000
IBGE - Malha Municipal	1:250.000
ANA - Regiões Hidrográficas do Brasil	1:1.000.000
MapBiomias - Biomias Brasileiros	1:1.000.000
Topodata	1:250.000 / 30 metros

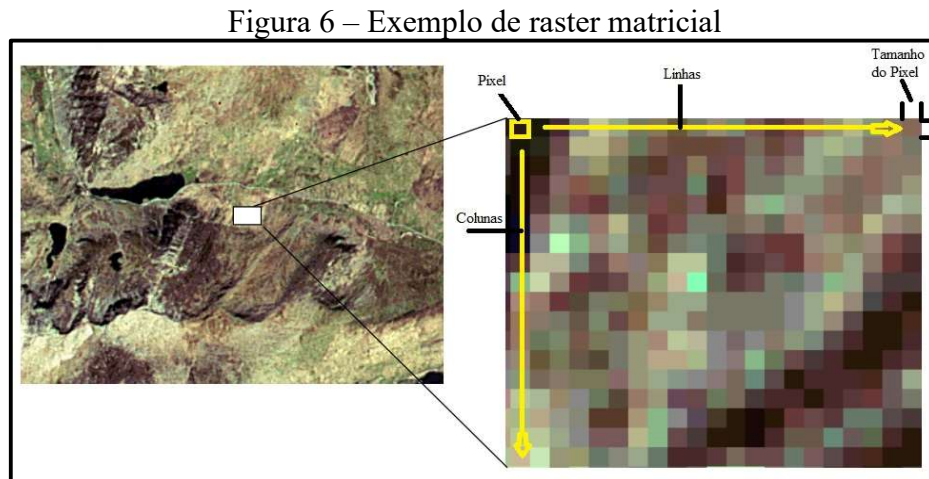
Fonte: Autor, 2021.

3.3.1 Construção dos mapas utilizando modelos de dados matriciais (raster)

Para geração dos mapas com imagens do tipo raster, neste estudo, foi utilizado o banco de dados do projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – folha 28S555 - que possui uma resolução espacial de 30 metros, com articulação 1:250.000. O projeto Topodata fornece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS) na rede mundial de computadores (INPE, 2008).

No modelo raster, também conhecido como matricial, a superfície do terreno é representada de forma contínua por uma matriz $M(i,j)$ composta por i linhas e j colunas, iniciando pelo canto superior esquerdo que definem as células – denominadas pixels. Cada pixel

representa um valor referente ao atributo que corresponde, quando o arquivo está georreferenciado, a um par de coordenadas x e y dentro da área abrangida pelo pixel. Este exemplo pode ser melhor compreendido na Figura 6 , abaixo:



Fonte: Adaptado do PDF Geotecnologias – Raster vs Dados Vetoriais¹

Para a **construção do Mapa Hipsométrico**, ilustrado na Figura 8, foram realizadas as seguintes etapas dentro do software SIG QGis 3.10.13:

Inserção do arquivo baixado do projeto Topodata > reprojeção do SRC do arquivo raster para SIRGAS2000 > reprojeção do SRC, novamente, para SIRGAS2000 – Fuso 21 S > preenchimento de falhas, afim de evitar pixels sem valores numéricos (por meio do caminho Processar > Caixa de Ferramentas > Fill Sinks (wang & liu)) > recorte do MDE para o município de Cerro Largo (Raster > Extrair > Recortar raster pela camada de máscara – inserir raster e arquivo shapefile recortado do município) > Reclassificação dos valores para amostragem no mapa final (criar Bloco de Notas - no Sistema Operacional Windows – com os valores definidos pelo usuário > No QGis, seguir o caminho Processar > Caixa de Ferramentas > r.recode > inserir o arquivo raster do MDE e o bloco de notas criado > No novo raster gerado, clicar com o botão direito do mouse em Propriedades > Simbologia > Tipo de Renderização > Banda Simples Falsa-Cor > Precisão Real (mais lenta) > Modo de Intervalo Igual > Definir o número de classes igual ao utilizado no bloco de notas e seus respectivos valores > Gradiente de cores “RdYlGn” > Inverter Cores > Composição do Layout Final.

¹ Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3252598/mod_resource/content/1/Vetor_vs_Raster.pdf> Acesso em 25 de abril de 2021

Partindo-se para a **construção do Mapa de Declividade**, ilustrado na Figura 9, resumidamente, foram feitos os seguintes passos:

Utilização do arquivo Raster do MDE já recortado do município, em projeção UTM > Ferramenta “Raster” > Análise > Declividade > Declividade Expressa em porcentagem > Botão direito do mouse na camada raster gerada > Simbologia > Banda Simples Falsa-Cor > Nos valores, a classificação das faixas declividade foi feita conforme sugerido pela EMPRAPA (1999, apud Sousa Junior, Dematte, 2008. p. 451) > Composição do Layout Final.

Na construção do mapa de **Orientação de Vertentes**, ilustrado na Figura 10, foram feitos os seguintes passos:

Utilização do arquivo Raster do MDE já recortado do município, em projeção UTM > Ferramenta “Raster” > Análise > Aspecto > Botão direito do mouse na camada raster gerada > Simbologia > Estilo > Carregar Estilo > Selecionar Estilo salvo no computador (nesse caso, foi utilizado um estilo pronto disponibilizado pela empresa VasGeo Soluções em Geotecnologias em seu curso de Geoprocessamento para Estudos Ambientais, cursado pelo autor deste projeto) > Composição do Layout Final.

Por fim, a construção dos mapas de **Uso do Solo nas Microbacias Hidrográficas de Cerro Largo e Análise Temporal de Uso do Solo (2010 e 2019)**, ilustrados nas Figuras 14 e 15, respectivamente, foram feitas da seguinte maneira:

Download² dos materiais na plataforma MapBiomias > Seleção de dados da Coleção 5 e Bioma Mata Atlântica dos anos de 2010 e 2019 > Reprojecção do SRC do arquivo raster para SIRGAS2000 > recorte do arquivo gerado para o município de Cerro Largo utilizando os mesmos passos citados anteriormente, no Mapa Hipsométrico > reprojecção do SRC do arquivo gerado no recorte do município, novamente, para SIRGAS2000 – Fuso 21 S > Classificação do Uso do Solo por meio de tutorial³ disponibilizado no canal oficial do projeto MapBiomias Brasil, na plataforma de streaming YouTube > Composição do Layout Final.

² Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR> Acesso em 10 de fevereiro de 2021

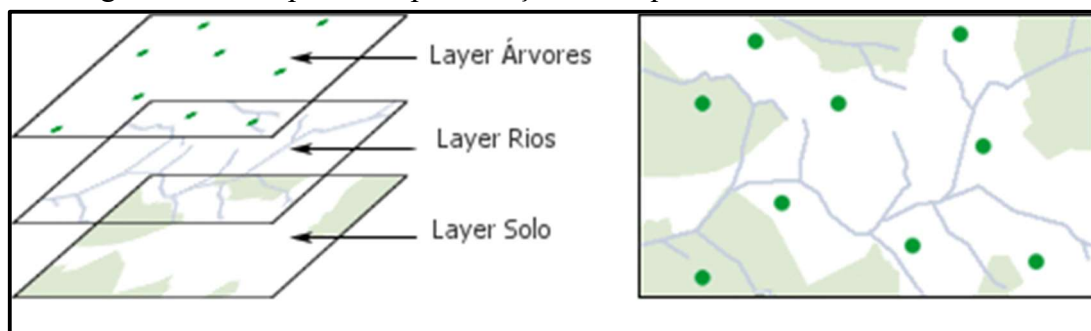
³ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WtyotodHK8E>> Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

3.3.2 Construção dos mapas utilizando modelos de dados vetoriais

Por definição, vetores são elementos de dados que permitem descrever posição e direção. Em SIG, um vetor é a representação gráfica de feições como mapa, sem o efeito de generalização de uma grade matricial (DAVIS, s/d. p.4) Os arquivos vetoriais em um SIG são representados por três tipos de formatos: ponto, linhas e polígonos.

Os pontos geralmente são utilizados com o intuito de representar objetos de pequenas dimensões espaciais e utilizam um par de coordenadas para identificar sua localização (por exemplo, identificação de unidades de árvores, nascentes, residências, locais de amostragem, entre outros). Já as linhas são um conjunto de pontos ordenados por um segmento de reta, onde os pontos inicial e final são denominados nós e os pontos intermediários são conhecidos por vértices, sua utilização serve para representar estradas, cursos d'água, redes de saneamento, entre outros. Por fim, os polígonos são definidos por um conjunto de pontos interligados, no qual o primeiro e o último ponto coincidem, sua utilização se dá por meio de representação de áreas, tais como unidades territoriais, identificação de áreas de estudo, entre outros. Estes exemplos podem ser melhor visualizados na Figura 7, abaixo:

Figura 7 – Exemplo de Representação de Arquivos Vetoriais em Camadas.



Fonte: SIG-CM: Conceitos de SIG - Layers⁴

Para a construção dos mapas com arquivos vetoriais nesse presente trabalho, foram utilizados diversos bancos de dados de instituições públicas.

Nos mapas de Situação e Localização (Figura 2), Rede Hidrográfica (Figura 11), Identificação de APPs (Figura 12), Identificação das Microbacias Hidrográficas (Figura 13), Identificação das Microbacias Hidrográficas e seu Respetivo Uso do Solo (Figura 14), foram utilizados os arquivos em formato shapefile da Base Cartográfica Vetorial Contínua do RS de

⁴ Disponível em: <https://sig.cm-olb.pt/munisig/galeriademapas/Galeria_HelpFileHTML5/Content/Client_APIs/SV_User/SVU_AboutLayers.htm> Acesso em 27 de abril de 2021.

2010, disponibilizados pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LabGeo/ UFRGS) – Projeção UTM Fuso 21 – escala 1:50.000, em conjunto com os dados dos limites das Unidades Federativas (UFs) e Municípios, disponibilizados pelo IBGE, datados do ano de 2019.

A construção dos mapas ocorreu, basicamente, selecionando as feições de interesse (UFs, Estado, Município) na construção em cada mapa e recortando-as (no software SIG QGIS, comando “Vetor” > Geoprocessamento > Recortar) conforme a informação que desejava-se fornecer (Rede Hidrográfica, Mancha Urbana, Rede Viária, entre outros).

Já no mapa de identificação das Regiões Hidrográficas (Figura 3) foram utilizados dados disponibilizados pela ANA (RHs do Brasil), pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) do RS (BHs do Estado), e pelo IBGE (Identificação do Município). Um detalhe interessante na construção deste mapa é que, em pesquisas de banco de dados, não existiam informações referentes as RHs do Estado do RS em formato shapefile. Essa informação foi produzida com a utilização dos dados da SEMA, onde foram selecionadas as feições das BHs do arquivo shapefile e, na tabela de atributos, foi gerada uma nova coluna onde houve identificação das BHs pertencentes a cada RH do Estado do RS.

Por fim, a construção do mapa de Biomas (Figura 4), houve aquisição de dados da coletânea⁵ do projeto MapBiomas, no arquivo “Mapa de Limites dos Biomas 1:1.000.000” onde, posteriormente, foi feita a inserção da camada do município de Cerro Largo para identificação.

⁵ Disponível em: <https://mapbiomas.org/pages/database/reference_maps> Acesso em 08 de abril de 2021.

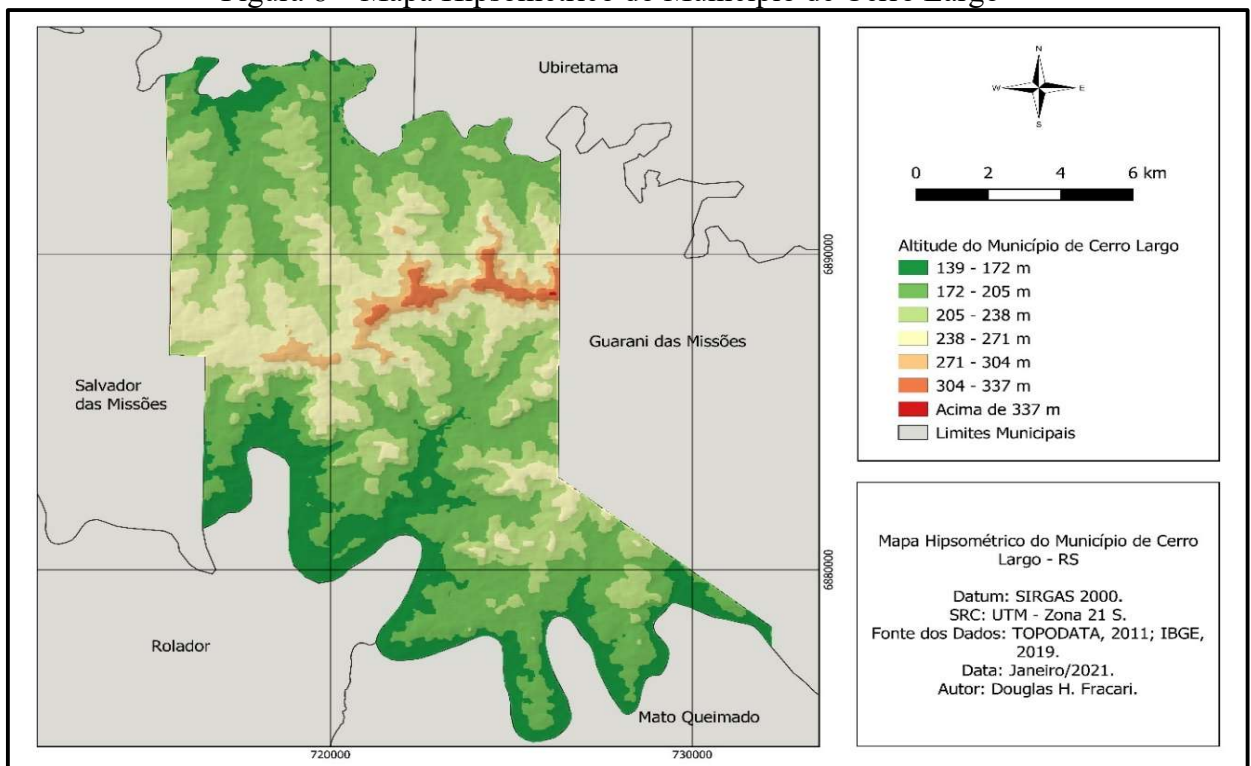
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Artigo 6º da Resolução CONAMA nº. 001/86 caracteriza o meio físico como sendo “o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d’água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas”. Desse modo, os resultados abaixo apresentam uma breve caracterização de alguns aspectos do meio físico do município de Cerro Largo.

Com base no mapa hipsométrico, ilustrado na Figura 8, observa-se que o município de Cerro Largo possui cota mínima de 139 metros (m) e cota máxima de 338 m, com cota média de 238,5m. Destaca-se, ainda, que as cotas menores localizadas ao norte e ao sul correspondem aos caminhos dos cursos d’água dos Rios Comandaí e Ijuí, respectivamente. Já as cotas maiores correspondem justamente ao divisor topográfico do município, que abrange duas bacias hidrográficas e as divide, como demonstrado anteriormente na Figura 2.

Salienta-se que esse tipo de mapa em estudos ambientais é importante para que se tenha conhecimento das características do relevo da área de estudo. Como exemplo de aplicações em estudos, trazendo para a realidade do município, pode-se citar a implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) por escoamento por gravidade, sabendo-se que o município não possui uma em sua área territorial.

Figura 8 – Mapa Hipsométrico do Município de Cerro Largo

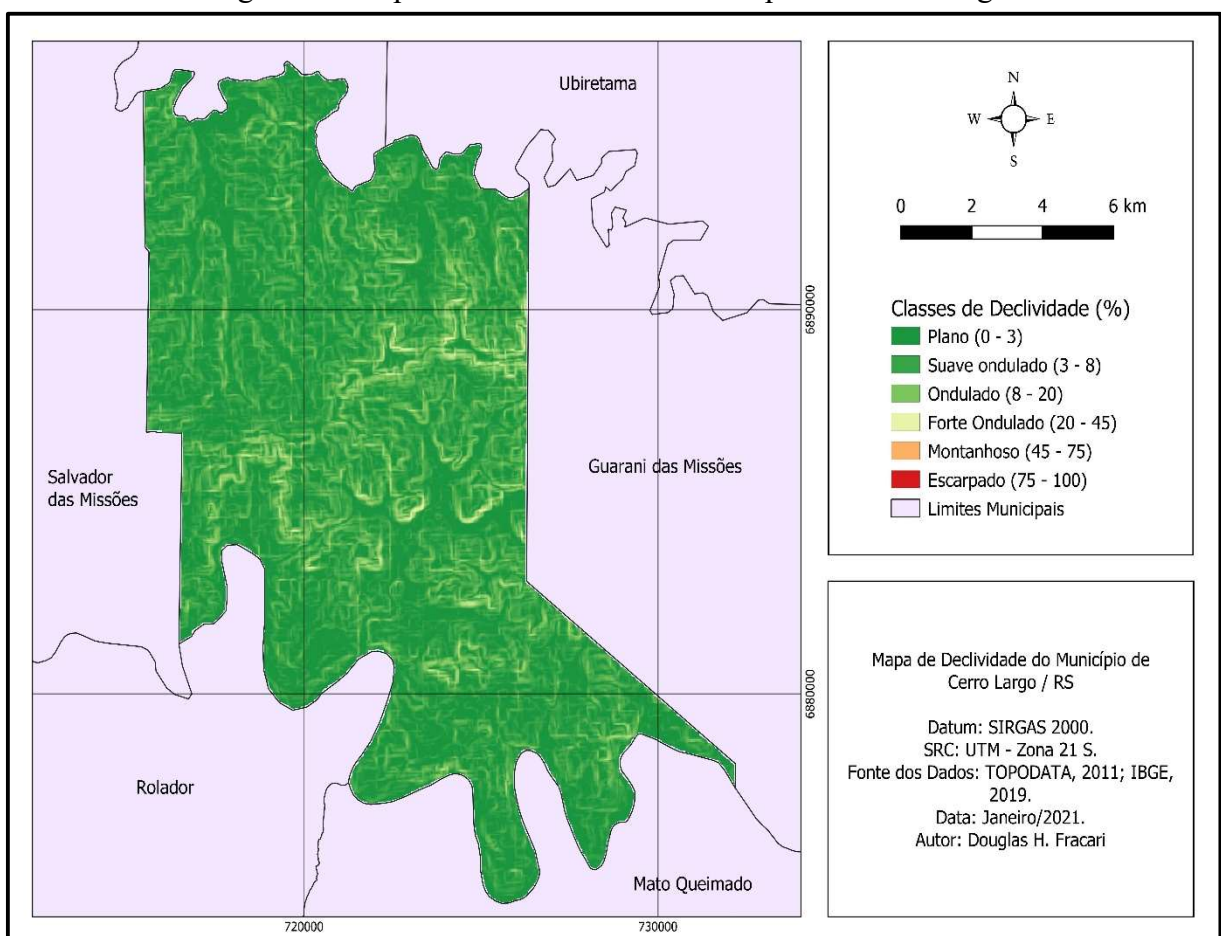


Fonte: Autor, 2021.

A declividade do município pode ser visualizada na Figura 9, já as respectivas porcentagens de relevo que cada classe representa na área do município são mostradas na Tabela 1, com valores aproximados. As classes de relevo plano, suave ondulado e ondulado, correspondem a mais de 95% da área territorial municipal, sendo que a classe predominante é de relevo ondulado, com valor acima de 36%.

O conhecimento da declividade do terreno é importante pois, em estudos hidrológicos, está associado diretamente ao tempo de duração do escoamento superficial e concentração da precipitação nas bacias e microbacias hidrográficas (LIMA, 2008. p. 54). Desse modo, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e menor será o tempo de concentração e maior será a probabilidade de ocorrência de enchentes. Além do mais, somados os fatos acima citados, poderão ocorrer também a perda de solo e consequente erosão nas bacias.

Figura 9 – Mapa de Declividade do Município de Cerro Largo



Fonte: Autor, 2021.

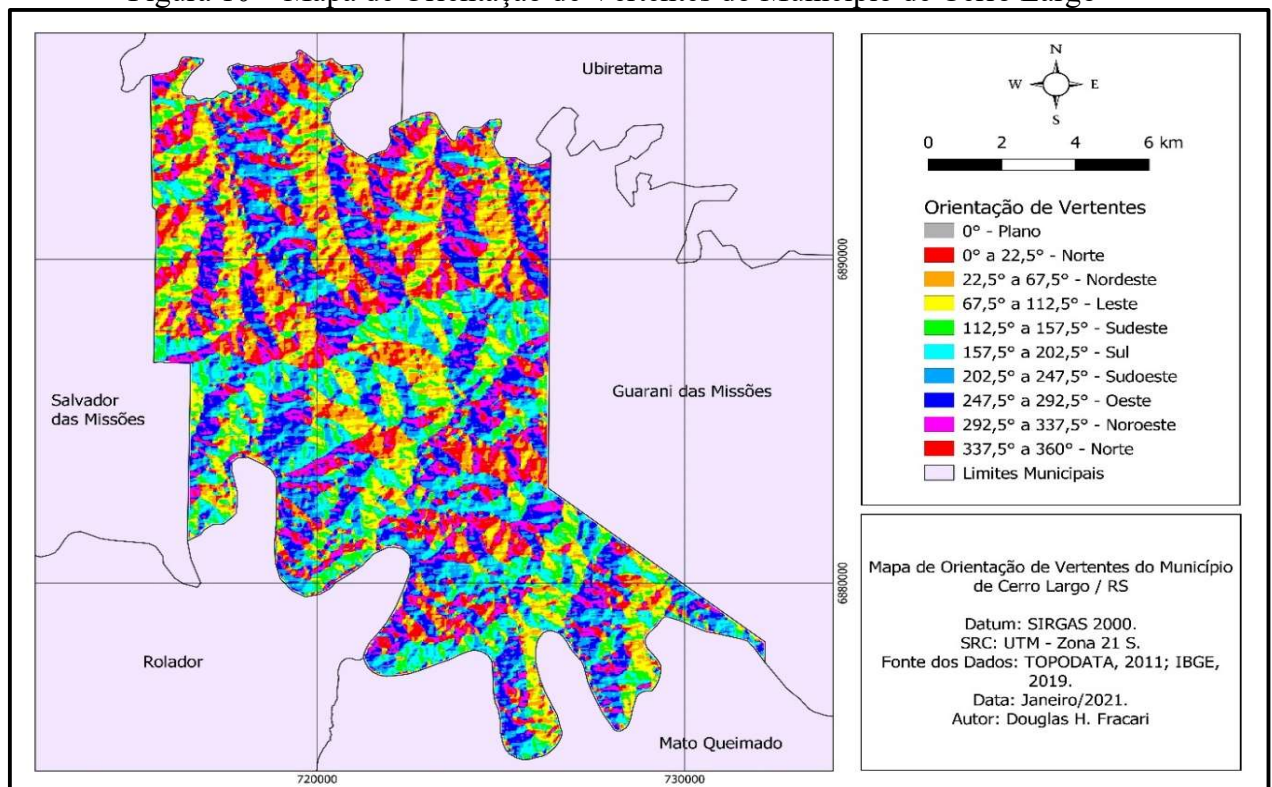
Tabela 2 – Classes de Relevo do Município de Cerro Largo

Fases do Relevo (%)	Classe	Área (ha)	% de área
0 a 3	Plano	4.336.490	25,01881103
3 a 8	Suave Ondulado	6.015.224	34,70404695
8 a 20	Ondulado	6.267.055	36,15695291
20 a 45	Forte Ondulado	706.028	4,073336065
45 a 75	Montanhoso	8.121	0,046853046
75 a 100	Escarpado	-	-

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 1999.

A orientação de vertentes (também chamada exposição ou direção) é definida como o ângulo azimutal correspondente à maior inclinação do terreno, no sentido descendente e é expressa em graus, de 0° a 360° (AMBDATA, INPE; 2021)⁶. Desse modo, o conhecimento da orientação de vertentes no município (Figura 10) poderá servir de apoio a tomada de decisões, por exemplo, na produção agrícola – observando-se a irradiação solar que as culturas recebem durante o ano – e também poderá embasar a decisão técnica na implantação de energia solar nas residências domésticas e comércio local, que está bastante em alta no momento.

Figura 10 – Mapa de Orientação de Vertentes do Município de Cerro Largo



Fonte: Autor, 2021.

⁶ Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/exposicao_orientacao.php> Acesso em 01/05/2021.

As APP em torno de cursos d'água e nascentes funcionam como barreiras físicas quando trata-se de transporte de sedimentos, acarretando na diminuição direta da quantidade de sólidos ao longo do curso d'água (SOUZA, 2012). Essas áreas funcionam também como um filtro químico, pois a mata nativa contribui na redução da concentração de fertilizantes e agrotóxicos trazidos pelas enxurradas para cursos d'água próximos, absorvendo-os.

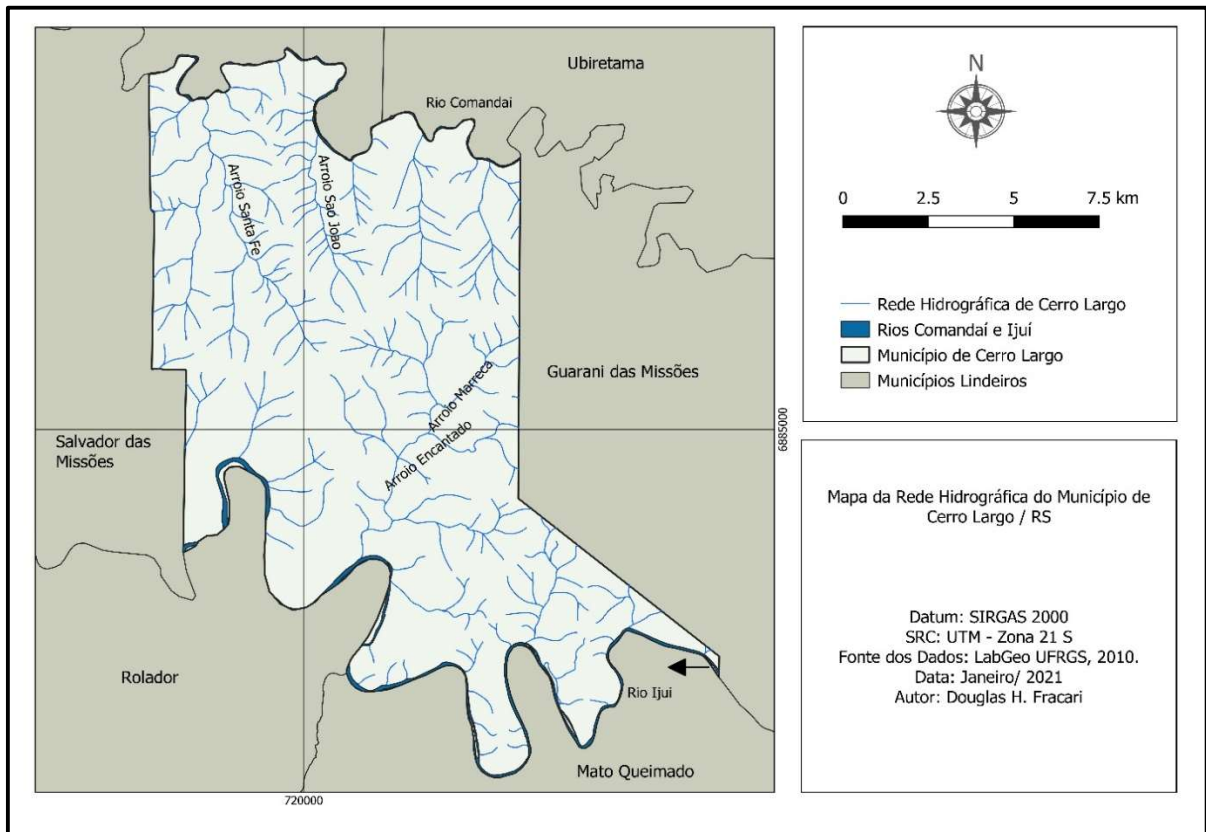
A barreira natural que é criada pela vegetação nas margens dos rios reduz a vazão e aumenta a capacidade de infiltração de água no solo (RODRIGUES; PRUSKI, 2019). A vegetação da APP desempenha um importante papel ecológico na proteção e manutenção dos recursos hídricos, protegendo a diversidade de espécies animais e vegetais e controlando a erosão do solo e o consequente assoreamento e poluição dos cursos d'água e assim conservando a biodiversidade do ecossistema.

A proteção das APPs é fundamental na gestão das bacias hidrográficas, pois contribui para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, visando proporcionar condições de desenvolvimento sustentável à agricultura (VILLELA, 2020) e garantir a boa qualidade da água aos moradores que habitam no entorno da área desses cursos d'água.

A rede hidrográfica do município de Cerro Largo é ilustrada na Figura 11. Já na Figura 12, mostram-se as APPs da rede hidrográfica, as quais foram enquadradas conforme o Capítulo II do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012): 30 metros para cursos d'água de menos de 10 metros de largura (Arroios Santa Fé, São João e Encantado, por exemplo) e 100 metros para cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura (rios Comandaí e Ijuí).

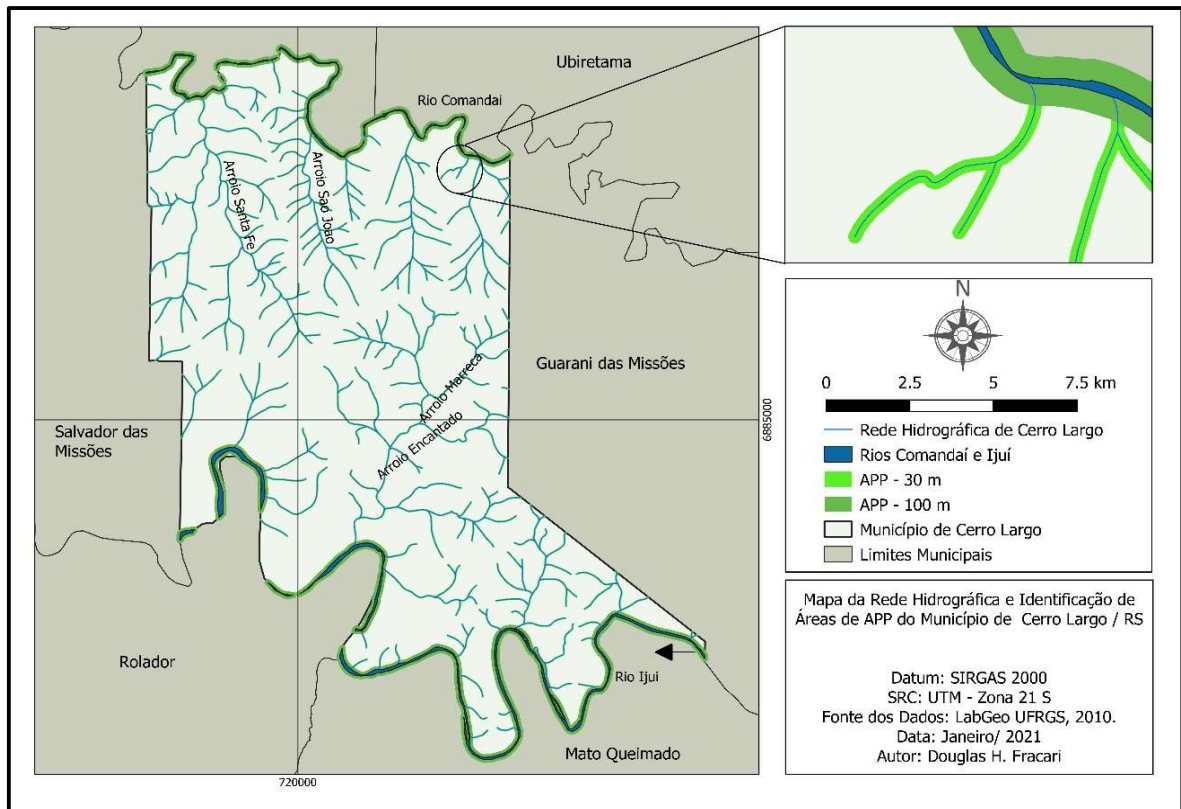
Em comparação com a Figura 14, que ilustra o uso do solo nas microbacias hidrográficas do município, pode-se notar que existem muito poucas áreas do município que respeitam a metragem de APP recomendada na lei. Esse fato pode acarretar em diversos impactos ambientais negativos, como alguns citados acima.

Figura 11 – Mapa de Rede Hidrográfica do Município de Cerro Largo



Fonte: Autor, 2021.

Figura 12 – Mapa de Identificação das APPs do Município de Cerro Largo



Fonte: Autor, 2021.

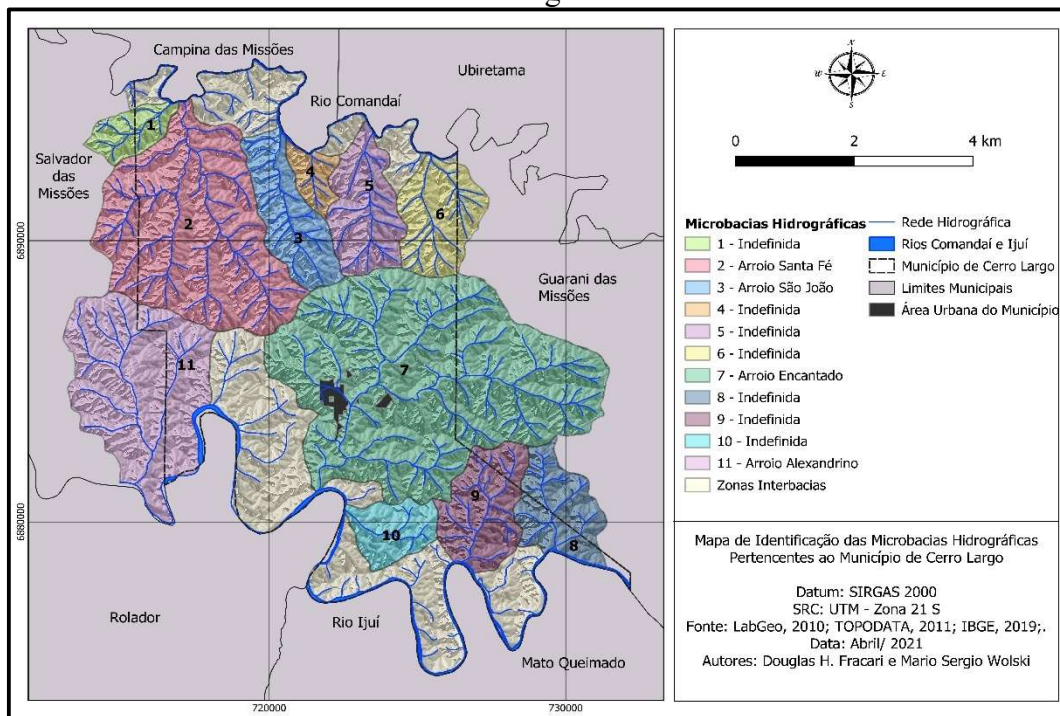
A identificação das microbacias hidrográficas que estão inseridas no município (Figura 13) tem o intuito de subsidiar políticas públicas de planejamento e gestão ambiental nas mesmas, pelo fato delas serem consideradas as unidades naturais de planejamento.

Nota-se que área urbana municipal está inserida na maior microbacia hidrográfica do município de Cerro Largo (número 7 – Arroio Encantado), sendo o Arroio Clarimundo, conhecido por toda população, o curso d’água que abrange a sua zona urbana.

As microbacias hidrográficas identificadas com numeração de 1 a 6, situadas no setor norte do município e na margem esquerda do curso médio do rio Comandá, pertencem a BH dos rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo (U30⁷). Do mesmo modo, as microbacias hidrográficas numeradas de 7 a 11, situadas no setor sul do município e na margem direita do rio Ijuí, são pertencentes a BH do rio Ijuí (U90).

Nota-se, na Figura 14, que a microbacia hidrográfica do Arroio Santa Fé é a que mais desenvolve atividades agropecuárias, em contrapartida, é umas das que menos possuem florestas na área da microbacia. Este fato pode acarretar em diversos impactos ambientais, como degradação da qualidade da água, perda de fertilidade do solo, erosão, entre outros. Por outro lado, a microbacia do Arroio Encantado é que tem maior área de vegetação em sua área.

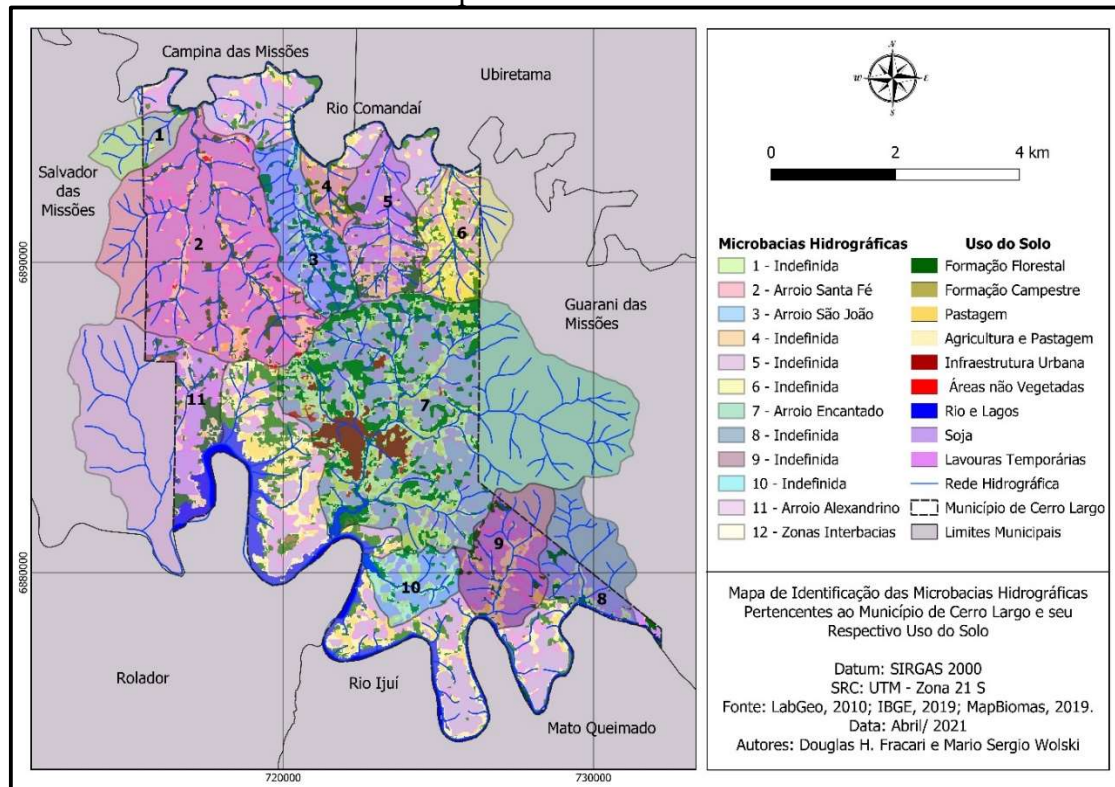
Figura 13 – Mapa de Identificação das Microbacias Hidrográficas do Município de Cerro Largo



Fonte: Fracari e Wolski, 2021.

⁷ Código referente a Região Hidrográfica do Uruguai, referente a letra U. Informações mais detalhadas em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes_hidro.asp> Acesso em 06/05/2021.

Figura 14 – Mapa de Identificação das Microbacias Hidrográficas de Cerro Largo e seu Respeetivo Uso do Solo



Fonte: Fracari e Wolski, 2021.

O Brasil apresenta uma ampla vastidão territorial e conseqüentemente, a ocupação do solo abrange diversas atividades, podendo ser destacadas as seguintes: agricultura, áreas urbanas, vegetação natural, florestas, pastagens, etc.; cada uma apresentando características distintas, porém específicas.

Este levantamento é muito importante, uma vez que o mau uso deste solo pode causar a deterioração da área e, por conseqüência, acarretar impactos negativos ao meio ambiente - recursos naturais como solo e água - e meio antrópico. Devido às atividades antrópicas, a superfície do solo está sendo alterada de forma expressiva, resultando em uma alteração do uso do solo ao longo do tempo.

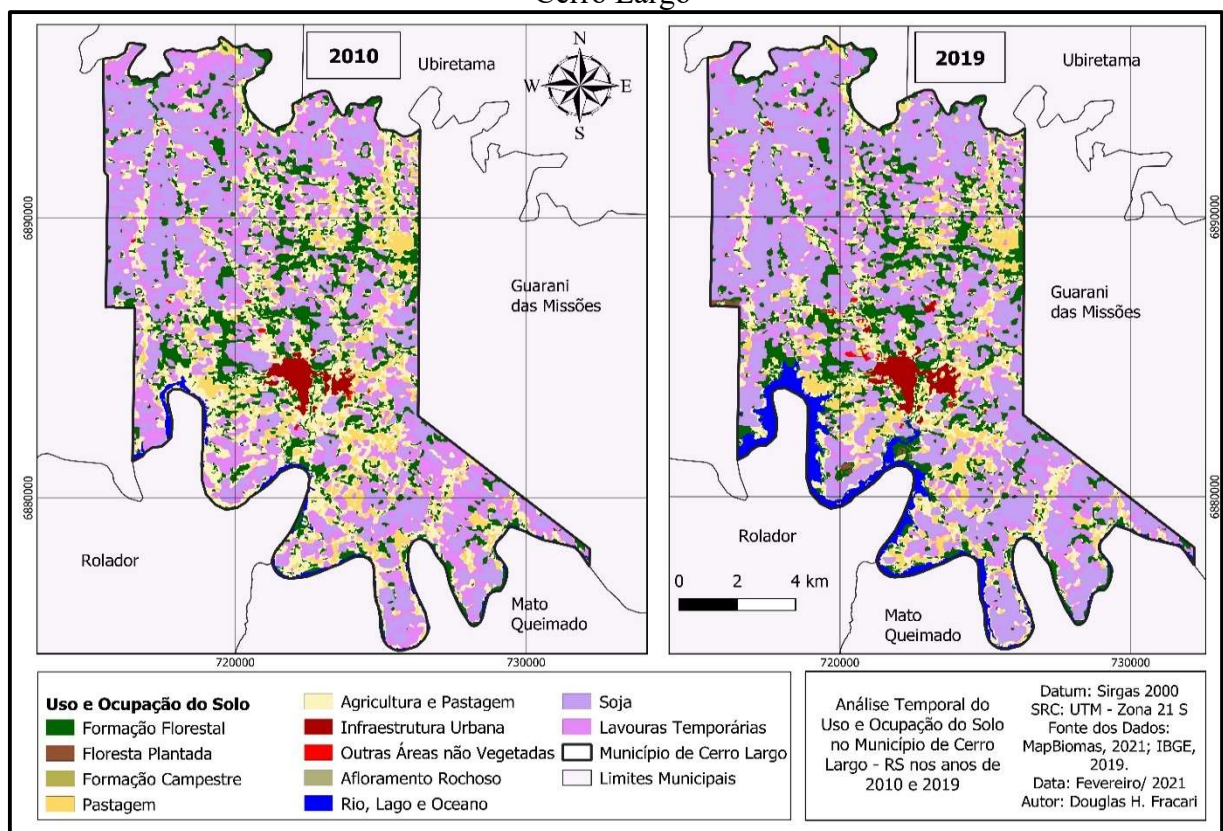
Com o levantamento sobre os usos do solo, é possível que o desenvolvimento de ações para que sejam solucionados ou mitigados os impactos ambientais, como por exemplo, processos de erosões e assoreamentos de cursos d'água causados pelo mau uso do solo.

Regiões de vegetação natural têm sido removidas e substituídas por numerosos sistemas humanos, deste modo, vale ressaltar que o levantamento de informações acerca do uso e ocupação do solo nas bacias e microbacias hidrográficas, é uma importante ferramenta de manutenção da mesma, permitindo que se avaliem e identifiquem impactos causados pelas

ações antrópicas, possibilitando intervenções para evitar a degradação ambiental na bacia hidrográfica.

Na Figura 15, pode-se observar na aplicação de análise temporal de uso da terra e ocupação do solo, a construção da Usina Hidrelétrica (UHE) São José, que está inserida no rio Ijuí e sob domínio dos municípios de Cerro Largo, Salvador das Missões, Mato Queimado e Rolador. Nela, de modo visual, percebe-se nitidamente a área de inundação causada pelo barramento do rio, do mesmo modo que se notam algumas áreas, mesmo que poucas se comparadas com o que o Novo Código Florestal exige, de APP consolidadas no seu entorno. Chama-se atenção que, ainda de forma visual, é possível notar também um pequeno crescimento da infraestrutura urbana do município.

Figura 15 – Mapa de Análise Temporal do Uso da Terra e Ocupação do Solo no Município de Cerro Largo



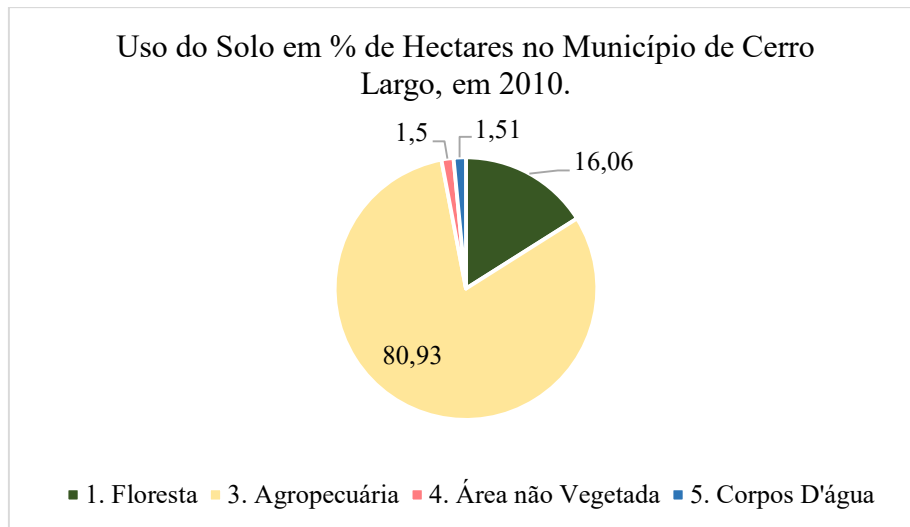
Fonte: Autor, 2021.

Nas Figuras 16 e 17, percebe-se que a atividade com maior influência no município é a agropecuária, correspondendo a 80,93% e 77,5%, para os anos de 2010 e 2019, respectivamente. Paralelo a isso, chama-se para o aumento da porcentagem dos corpos d'água, que foram de 1,51% para 4,53%, respectivamente. Houve uma pequena alteração na

porcentagem de floresta, de 16,06% para 16%, já as áreas não vegetadas passaram de 1,5% para 1,97%, em 2010 e 2019, respectivamente.

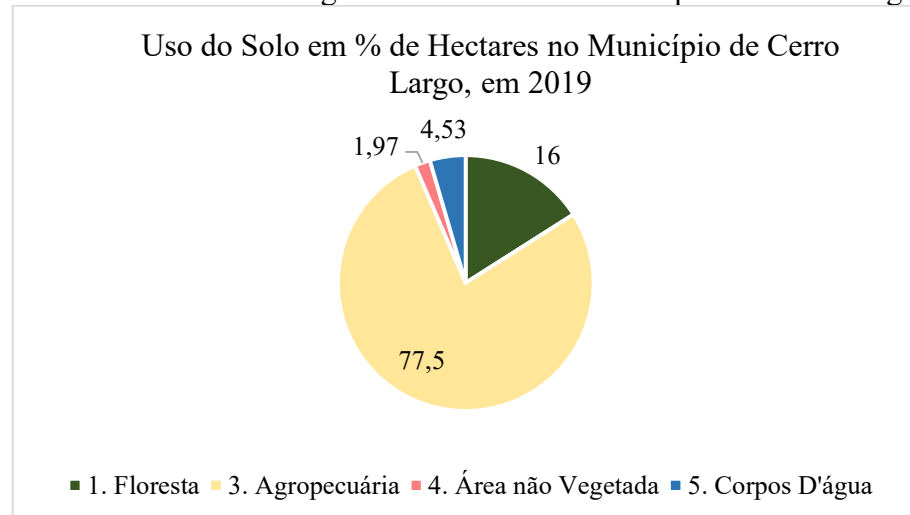
O aumento da porcentagem de corpos d'água deve-se, principalmente, a implantação da UHE São José. Já a perda de vegetação pode corresponder a área de inundação da usina, como também a possíveis desmatamentos causados por ações antrópicas.

Figura 16 – Uso do Solo em Porcentagem de Hectares no Município de Cerro Largo em 2010.



Fonte: Adaptado de MapBiomias, 2021.

Figura 17 – Uso do Solo em Porcentagem de Hectares no Município de Cerro Largo em 2019.



Fonte: Adaptado de MapBiomias, 2021.

Por fim, é de suma importância ressaltar que os dados do MapBiomias utilizados neste trabalho tem como objetivo o mapeamento dos biomas brasileiros. Utilizar estes dados para o recorte municipal, a fim de gerar análises de variação temporal (avaliação quantitativa) não é aconselhado pelo corpo técnico do MapBiomias. De acordo com as notas técnicas para o

mapeamento do Bioma Mata Atlântica⁸, não é possível utilizar esses dados sem que ocorram adequações.

Dentre as adequações necessárias está à necessidade de gerar uma matriz de erros com pontos aleatórios apenas para o limite municipal de Cerro Largo e identificar a acurácia para este recorte espacial. Sem esta informação a quantificação de perda/ganho de cobertura fica sem validade. Qualquer publicação que tenha como objetivo o mapeamento de cobertura e uso das terras através de Sensoriamento Remoto irá pedir a acurácia. A geração dessa matriz de erros no presente trabalho não foi possível devido ao pouco tempo hábil disponível para sua realização.

⁸ Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MataAtlantica_Appendix_-_ATBD_Col5_v1b__1_.pdf> Acesso em 27 maio 2021.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso de recursos de geoprocessamento para a construção de dados geoespaciais do município de Cerro Largo tem grande potencial de aplicação/execução posterior em análises ambientais.

As técnicas de geoprocessamento em SIG possuem um amplo leque de aplicações ambientais e permitem uma visão holística das bacias e microbacias hidrográficas, por meio dos diversos mapas temáticos que foram gerados e por permitir o cruzamento de dados entre as informações extraídas.

O estudo e o monitoramento ambiental, por meio das aplicações de técnicas de geoprocessamento em SIG permite ações de intervenção, mitigação e recuperação em áreas em que houve degradação ambiental por atividades antrópicas. Essas áreas afetadas podem ser facilmente identificadas.

Recomenda-se a elaboração de um diagnóstico ambiental e caracterização fisiográfica da(s) microbacia(s) hidrográfica(s) para identificação da real situação que se encontram. Sugere-se como estudo a microbacia hidrográfica do Arroio Clarimundo, por esse percorrer por toda a área urbana do município.

Sugere-se, ainda, a pesquisa e certificação dos nomes geográficos referentes as microbacias hidrográficas não identificadas no presente trabalho, do mesmo modo que também é interessante a elaboração de um mapa de solos para o município em escala compatível.

Por fim, destaca-se que o presente trabalho poderá servir como base para a elaboração dos projetos sugeridos acima, na gestão de políticas públicas ambientais do município de Cerro Largo, bem como poderá ser útil em diversos outros estudos que sua aplicação convém.

6. REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional das Águas. **Divisões Hidrográficas do Brasil**. Disponível em <<
https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas>> Acesso: em 03 abril 2021.
- ANDRADE, F.A.V; FRAXE, T. J. P. **(In)Sustentabilidade Urbana e Impactos Socioambientais: Um Ensaio Teórico Sobre a Ocupação Urbana Desordenada**. Revista Somanlu, v. 13, n. 2, jul./dez. 2013. Disponível em <
<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/somanlu/article/view/4020/3421>> Acesso em 24 maio de 2021.
- BHATIA, R.; BATHIA, M. Water and poverty alleviation: the role of investments and policy interventions. In: **ROGERS, P. P. et al. (Ed.) Water crisis: myth or reality?** London: Fundación Marcelino Botín, Taylor & Francis, p.197-220, 2006.
- BRASIL, **Decreto Federal nº 94.076**, de 5 de março de 1987. Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 06/03/1987.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. São José dos Campos, 2008. Disponível em <
<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>> Acesso em 14 mar 2021.
- BRASIL, **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Publicado no D.O.U de 09/01/1997.
- BRASIL. **Lei Federal nº 10.275**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 11.7.2001.
- BRASIL, **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal e dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Publicado no D.O.U de 28/05/2012.
- BRASIL, **Resolução CONAMA nº 01**, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Publicado no D.O.U de 17/02/86
- CÂMARA, G; MEDEIROS, J.S.; **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**; 2ª edição; INPE, São José dos Campos, 2001.
- CÂMARA, G; ORTIZ, M. J. **Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. DPI – Divisão de Processamento de Imagens. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em <
<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>> Acesso em 17 abr 2021.
- CERRO LARGO, **Lei nº 2.276**, de 15 de dezembro de 2010. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado Municipal, Estabelece Diretrizes de Desenvolvimento do Município de Cerro Largo e dá Outras Providências.

COSTA, L.P.; LEITE, Y.L.R.; FONSECA, G.A.B.; FOSECA, M.T. **Biogeography of South American Forest Mammals: Endemism and Diversity in the Atlantic Forest**. *Biotropica* 32 (4b): 872-881. 2000.

DALAZOANA, R.; DE FREITAS, S. R. C. **Efeitos Na Cartografia Devido A Evolução Do Sistema Geodésico Brasileiro E Adoção De Um Referencial Geocêntrico**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 54, n. 1, 11. 2002.

DAVIS, B.E. **Visão de Davis, B. E. em GIS: A Visual Approach**. Dados Matriciais (Raster) e Dados Vetoriais (Vector). Disponível em <https://docs.ufpr.br/~firk/pessoal/Carro_Digital/BED3.pdf> Acesso em 27 de abr de 2021.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. Disponível em <<<https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/50-dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>>> Acesso em 5 jan 2021.

IBRAHIN, F. I. D. **Introdução ao Geoprocessamento Ambiental**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2014. 233p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Resolução do Presidente do IBGE nº 1 de 2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em <https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf> Acesso em 24 abr de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas de População Residente no Brasil e Unidades da Federação com Data de Referência em 1º de Julho de 2020**. Disponível em <https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativa_dou_2020.pdf> Acesso em 11 abr de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>> Acesso em 21 abr de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Introdução ao Ambiente SIG QGIS**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/introducao_sig_qgis/Introducao_ao_ambiente_SIG_QGIS_2edicao.pdf> Acesso em 25 abr de 2021.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Universidade de São Paulo (USP), 2ª edição, p 253 – 2008. Disponível em <<http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/hidrologia1.pdf>> Acesso em 24 maio 2021.

LIMA, F. N.; SILVA, J. B.; DUARTE, S. M. A. **Caracterização Ambiental da Sub-Bacia do Rio Taperoá – Paraíba**. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.13 n.2 p. 284 - 300 Maio/Ago. 2017

MEDEIROS, R. B.; SÃO MIGUEL, A. E.; BRUGNOLLI, C. A. C. **Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego das Marrecas, Dracena/SP**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, [S.l.], v. 10, n. 2, nov. 2014.

MENEZES, J. P. C. *et al.* **Morfometria e Evolução do Uso do Solo e da Vazão de Máxima em Uma Micro Bacia Urbana**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v.15, n.4, (Out-Dez) p.659-672, 2014.

MORAES, GABRIEL; *et al.*; **Caracterização Fisiográfica e do uso e Ocupação do Solo das Microbacias Urbanas da Cidade de Cuiabá-MT**. *E&S – Engineering and Science*, 2018, 7:2.

MOREIRA, M. P. *et al.* **Moradores Monitorando o Uso de Recursos Naturais em Unidades de Conservação no Rio Unini: ferramenta para a conservação**. Amazonas: Fundação Vitória Amazônica, 2010.

PEREIRA, J. A. V., SILVA, J. B. da., DUARTE, S. M. A. **Análise Ambiental da Bacia de Drenagem do Açude Mucutú/PB Utilizando Sensoriamento Remoto**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.12, n.03 (2019).

PEREIRA, M. M., MACIEL, A. L. S., MELO, P. R., FONTENELE, S. de B. **Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta de Subsídio a Gestão Pública no Brasil**. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE – Santos-SP, Brasil. p. 2235 - 2239, Abril/2019.

RAMOS, A. P. M., *et al.* **Abordagem Sistemática de Projeto Cartográfico Para a Análise da Qualidade Ambiental de Bacia Hidrográfica**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.11 n. 3(2018).

RÊGO, V. A. M., 2014. **Análise da Degradação no Açude Engenho Velho em São Gonçalo do Piauí**. *Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica*. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v. 2, n. 2, p. 19-34, jul. / dez. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul**. Disponível em << <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>>> Acesso em 11 abr 2021.

ROCHA, A.A. **A Bacia Hidrográfica Como Unidade De Gestão Da Água**. In; *Anais do II Seminário Luso - Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação*. 2008. Disponível em: <<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf>> Acesso em 24 maio 2021.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F. **Fundamentos e Benefícios do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta Para os Recursos Hídricos** In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Cap. 13. p. 181 – 194. 2019.

SABANÉS, Leandro. **Manejo Sócio-Ambiental de Recursos Naturais e Políticas Públicas: Um estudo comparativo dos projetos “Paraná Rural e Microbacias”**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Faculdade de Ciências Econômicas- Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Rural. Série PGDR, Dissertação nº 016, Porto Alegre, 2002.

SANTOS, M. A. Técnicas para Diagnóstico Ambiental: Sistemas de Informação Geográfica. In: MAGRINI, A; SANTOS, M. A. **Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas**. COPPE/UFRJ, 2008. p. 225-235.

SAUSEN, Jady de Oliveira. **Comunidades de Pequenos Mamíferos em Fragmentos Florestais na Cidade de Cerro Largo – RS**. Universidade Federal da Fronteira Sul. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação. Cerro Largo, 2016. 35 p.

SOS Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**, período de 2008-2010 (p. 122). Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo e INPE, São Jose dos Campos. 2011.

SOUSA JUNIOR, José Geraldo de Abreu., DEMATTE, José Alexandre M.. **Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2008, vol.32, n.1, pp.449-456. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100043>.

SOUZA, Milena Caramori Borges de. **Influência da Mata Ciliar na Qualidade da Água de Trecho do Rio Jacarecica – Maceió/AL**. Universidade Federal de Lagoas. Centro de Tecnologia. Dissertação de Mestrado. Maceió – AL. p. 195, 2012.

VILAÇA, M. F. *et al.* **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão Conquista no município de Itaguara – MG**. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Viçosa, MG, 2009. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/070.pdf>. Acesso em: 25 maio 2021.

VILLELA, Bruno Silva. **Proposta de Conservação e Recuperação da Microbacia do Córrego Sapé, Nepomuceno – MG**. Universidade Federal de Lavras. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação. Lavras -MG, p. 43, 2020.