

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Centros de Ciências Humanas, Letras e Artes
Departamento de Geografia

Igor Soares Figueiredo

**MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PEDRO
LEOPOLDO – MG**

Viçosa
2019

Igor Soares Figueiredo

**MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PEDRO
LEOPOLDO – MG**

Monografia apresentada à disciplina Monografia (GEO 484) como exigência para a obtenção do grau de bacharel em Geografia, Universidade Federal de Viçosa.

Orientador: Prof. André Luiz Lopes de Faria

Viçosa
2019

Igor Soares Figueiredo

**MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PEDRO
LEOPOLDO – MG**

Monografia apresentada à disciplina Monografia (GEO 484) como exigência para a obtenção do grau de bacharel em Geografia, Universidade Federal de Viçosa.

Orientador: Prof. André Luiz Lopes de Faria

Prof. André Luiz Lopes de Faria (Orientador)

(Prof. José Marinaldo Gleriani)

(Prof. Mariane Paulina Batalha Roque)

Viçosa, 28 de junho de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Reginaldo e Ana Lúcia, e meu irmão, Matheus, pelo esforço, confiança e incentivo em oferecer a oportunidade de realizar minha graduação. Às pessoas que estão próximas e distantes, mas que são de grande importância nessa eterna caminhada: minha companheira de vida Rafaella Paieia; meus amigos de república Pepa, Vetão, Pedrão, Thuro e Manso; às boas amizades de vida: Serginho (pelos jams musicais), Leo (pelas filosofias), Michele (pelos papos, cervejas e Teddies), Marcela (pelos mullets e hypes), Joyce (pelas raízes) e Ju (pelos crazy diamonds); e a todos os demais amigos que me também me apoiaram. Agradeço também à natureza pela sua divindade e ser minha fonte de fé e ao sol pelos espetáculos diários da aurora e crepúsculo. Aos professores e funcionários do curso de Geografia e da UFV, em especial ao meu orientador Prof. André Luiz de Lopes Faria, agradeço pela oportunidade dessa realização. A tudo que me faz ser, obrigado!

RESUMO

Este estudo, cuja grande motivação é a contribuição na produção de conteúdo e informação relevante para as autoridades e para a população, tem como objetivo a identificação das áreas mais propícias à enchentes no município de Pedro Leopoldo-MG por meio da produção, a partir de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG, do mapa de risco de inundação. Utilizando-se quatro variáveis base, sendo elas: Uso e Ocupação, Tipos de Solos, Hipsometria e Declividade, compilou-se estas informações atribuindo notas e ponderando esses fatores dentro da hierarquia para a inundação, para, por fim, elaborar-se o mapa final através do *software* ArcGIS® 10.5. Desta forma, por meio da Análise Hierárquica e a Análise multicritério, alcançou-se os resultados obtidos, demonstrando que as áreas de maior risco de inundação do município coincidem com as áreas com menor potencial de drenagem e permeabilidade do solo, sendo estas, áreas de maior ocupação urbana. Sendo assim, tais áreas merecem uma maior atenção quando se pensar o planejamento urbano, de modo a orientar aos gestores, a melhor forma de ação em prol da mitigação dos impactos provenientes dos casos de inundação.

Palavras-Chave: Inundação, Mapa, Geoprocessamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização geográfica da área de estudo.....	12
Figura 2 - Crânio de Luzia	13
Figura 3 - Mapa das UC's no município de Pedro Leopoldo.....	16
Figura 4 - Gráfico de precipitação média anual do município de Pedro Leopoldo – MG	18
Figura 5 - Situação normal e de enchente na Lagoa de Santo Antônio, Pedro Leopoldo - MG	19
Figura 6 - Enchente no Bairro São José, Pedro Leopoldo - MG.....	19
Figura 7 - Enchente no Bairro São José, Pedro Leopoldo - MG.....	20
Figura 8 - Enchente no Bairro São José, Pedro Leopoldo - MG.....	20
Figura 9 – Divisão das Bacias Hidrográficas Brasileiras	32
Figura 10 - Esquema ilustrativo do leito de um curso hídrico	35
Figura 11 - Hidrogramas comparativos da vazão de água em diferentes ambientes.....	36
Figura 12 - Mapa de localização do Ribeirão da Mata e principais Afluentes.....	39
Figura 13 - Entrada da Gruta da Lapinha.....	41
Figura 14 - Mineração Lapa Vermelha	42
Figura 15 – Mapa de Declividade do Município de Pedro Leopoldo - MG.....	45
Figura 16 - Mapa Hipsométrico do Município de Pedro Leopoldo - MG.....	47
Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação da terra para o Município de Pedro Leopoldo - MG	50
Figura 18 - Mapa de Solos do Município de Pedro Leopoldo - MG.....	52
Figura 19 - Mapa de Risco de Inundação do Município de Pedro Leopoldo - MG	58
Figura 20 - Mapa de Risco de Inundação do Município de Pedro Leopoldo - MG	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de susceptibilidade à inundação	53
Tabela 2 - Notas das Classes de Declividade	53
Tabela 3 - Notas das cotas de Altitude	54
Tabela 4 - Notas dos Usos e Ocupação da terra	54
Tabela 5 - Notas dos Tipos de Solos	54
Tabela 6 - Escala de Comparadores	55
Tabela 7 - Matriz de Comparação Pareada	55
Tabela 8 - Matriz de Comparação Pareada com os valores de Peso	56
Tabela 9 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Declividade.....	59
Tabela 10 - Altitudes e percentual da área de cada altitude do mapa Hipsométrico.....	60
Tabela 11 - Usos e percentual da área de cada uso e ocupação do município	60
Tabela 12 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Risco de Inundação.....	62
Tabela 13 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Risco de Inundação.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APE	Área de Proteção Especial
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DSPDPL	Diagnóstico Situacional do Plano Diretor de Pedro Leopoldo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
REM	Radiação Eletromagnética
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Sobre o município de Pedro Leopoldo – MG	11
1.1.1 A questão hídrica no município	17
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Geral.....	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Paisagem	22
2.2 Geoprocessamento	25
2.3 Sensoriamento Remoto.....	27
2.4 Bacias Hidrográficas	29
2.5 Inundação	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 Caracterização da Área de Estudo	38
3.2 Materiais.....	43
3.3 Métodos.....	44
3.3.1 Elaboração do Mapa de Declividade	44
3.3.2 Elaboração do Mapa Hipsométrico.....	46
3.3.3 Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação	49
3.3.4 Elaboração do Mapa de Solos	51
3.3.5 Análise Hierárquica para a elaboração do Mapa de Risco de Inundação.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5 CONCLUSÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O ser humano tem sofrido cada vez mais com as dinâmicas naturais. Isto se deve à má gestão e organização do território, em que muitas vezes, acaba por ocupar regiões indevidas e suscetíveis a um maior risco a estes processos da natureza. Diante desse mundo completamente globalizado, em que a informação é acessível de forma prática e rápida, e as tecnologias avançam de forma extremamente acelerada, pode-se dizer ser controverso existir tantos “acidentes” ao ser humano envolvendo fatores naturais. Isso se justifica justamente devido ao imenso poderio tecnológico que detemos em comparação com a falta de aplicabilidade de todo esse saber e técnica diante de tais acontecimentos. Nesse contexto, se enquadram de forma exemplar as enchentes em centros urbanos.

Em casos de eventos naturais em que ainda não se consegue prever e cujos impactos são muito devastadores, como é o caso das movimentações de placas tectônicas e súbitas erupções vulcânicas, entende-se a dificuldade de possíveis formas imediatas de controle da situação. Porém, em casos de situações mais comuns, como as chuvas e as enchentes, espera-se um melhor conhecimento e ações em prol da redução e mesmo prevenção destes acontecimentos.

Sobretudo no Brasil, onde casos de enchentes não são novidades para a população, pode-se afirmar com certa precisão que tais fatos se tornam evidentemente consequências de uma má administração e mesmo descaso dos responsáveis (órgãos e pessoas atuantes no planejamento e gestão), pois tendo em vista todo o aparato tecnológico voltado para estudos de fenômenos naturais (os aparelhos meteorológicos, sismógrafos, satélites, drones e os Sistemas de Informação Geográfica) e pesquisas relacionadas à questão urbana (aqui dialoga-se desde arquitetos e engenheiros civis à geógrafos) era de se esperar uma melhor adequação a tais fenômenos nessa era de avanços tão propícios para se proporcionar uma melhor qualidade de vida.

Além disso, como outro questionamento, observa-se que mais uma vez, os mais impactados com essas situações são as camadas populares menos favorecidas, tendo em vista que, de forma geral, ocupam regiões de risco e mais suscetíveis a enchentes.

Com grandes avanços tecnológicos da computação e, portanto, dos *softwares* nos últimos anos, permitiu-se desenvolverem diversas metodologias voltadas para aplicações de estudos ambientais. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) vêm mostrando grande relevância nesses assuntos, conseguindo propor inúmeros recursos que nos facilitam o acesso e a compilação de diversas informações precisas para se estudar fenômenos naturais e, dessa

forma, ter uma melhor visão e poder de ação diante de situações extremas como é o caso das tragédias e/ou crimes ambientais.

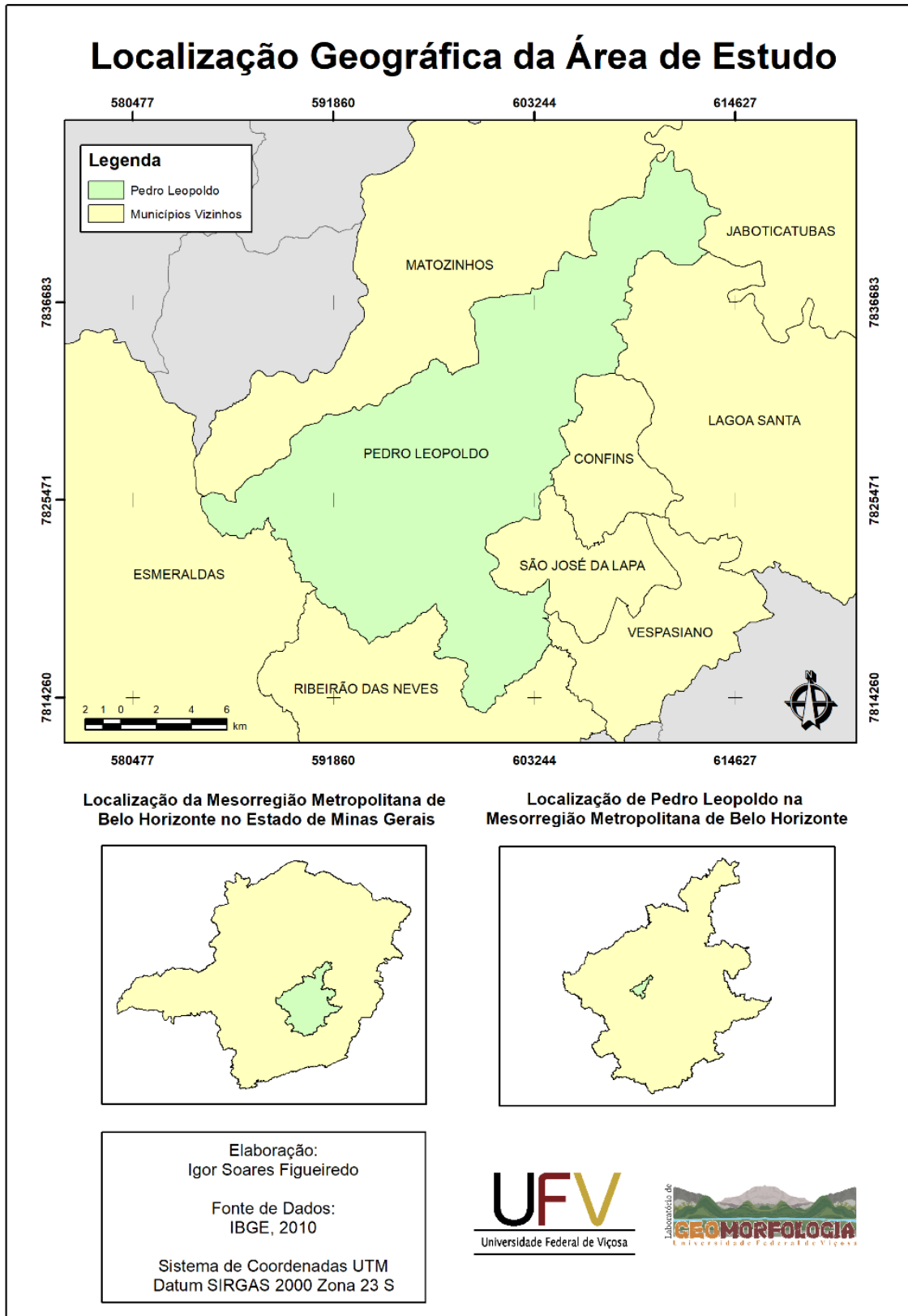
Sendo assim, se mostra imprescindível agregar todo esse aparato tecnológico com os conhecimentos até então praticados de modo a atualizar as ações tomadas perante casos ambientais extremos e, indo mais além, propor alterações afim de se prevenir que tais acontecimentos sejam tão impactantes, transformando uma situação de tragédia numa situação normal, com menos prejuízos à população.

Boa parte, senão a maioria, das cidades brasileiras tem enorme déficit de informações relacionadas à questão ambiental, sobretudo de drenagem pluvial. Por isso, tendo o SIG como ferramenta central, propõe-se neste trabalho aplicar a metodologia de Santos et. al. (2010) com a finalidade de se elaborar um mapa de risco de inundação do município de Pedro Leopoldo – MG, que ao longo das últimas décadas veio a sofrer de forma bastante cruel com casos de enchentes e inundações. Este material, por sua vez, serve como fonte de informação para se pensar ações afim de mitigar e mesmo eliminar tais tragédias por conta das chuvas, podendo então, buscar uma melhoria da situação e qualidade de vida das populações mais atingidas e reduzir os demais impactos que as enchentes provocam nos centros urbanos.

1.1 Sobre o município de Pedro Leopoldo – MG

O município de Pedro Leopoldo – MG ocupa uma área de 292,947km² e localiza-se na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na Microrregião de Belo Horizonte integrando a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (IBGE, 2018). Possui uma divisão territorial em 5 distritos, sendo eles: Sede, Doutor Lund, Fidalgo, Lagoa de Santo Antônio e Vera Cruz de Minas. Na Figura 1 a seguir, observa-se a localização do município no Estado de Minas Gerais e na RMBH:

Figura 1 - Mapa da localização geográfica da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

Pedro Leopoldo localiza-se no vetor norte da RMBH, conforme observa-se no Figura 1, fazendo limite com outros 8 municípios também pertencentes à RMBH: Confins, São José da Lapa, Vespasiano, Ribeirão das Neves, Esmeraldas, Matozinhos, Jaboticatubas e Lagoa Santa. Está a 46km de distância da capital mineira e a 13km do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins – MG, município limítrofe.

A ocupação do território que hoje pertence a Pedro Leopoldo começou bem antes da história da cidade em si. Devido a formação geomorfológica cárstica das rochas, foram surgindo na região diversas grutas e cavernas que atraíam o ser humano primitivo em busca de abrigo e proteção. Prova disso são as diversas pinturas rupestres e resquícios arqueológicos encontrados no município onde hoje compõe a Unidade de Conservação Parque Estadual do Sumidouro, dentre eles, o crânio de Luzia, conforme mostra a Figura 2 a seguir, fóssil humano mais antigo da América do Sul, encontrado pelo pesquisador dinamarquês Peter Lund no ano de 1835 (NEVES; PILÓ, 2008). O município consta com mais de quinze sítios de valor arqueológico. (GRANBEL, 2011).

Figura 2 - Crânio de Luzia



Fonte: Site Renova Mídia, 2018

Muitos anos depois, já na Era do Ouro, a ocupação do município como se tem hoje deu-se início com os movimentos das Bandeiras, que adentravam o interior do estado e país em busca de fontes de metais preciosos. No ano de 1674, o Bandeirante Fernão Dias se estabelece no Sumidouro fundando o Arraial de São João do Sumidouro, sendo este o terceiro vilarejo de Minas Gerais (GRANBEL, 2011).

Com o declínio das extrações de metais preciosos, a cidade passa a investir no potencial agrícola que já vinha apresentando devido a produção de gêneros alimentícios voltados para o abastecimento das zonas de mineração. Em 1890 é fundada, então, a Fábrica de Tecidos Cachoeira Grande pelo comendador Antônio Alves Ferreira da Silva, o que serviu de impulso para o desenvolvimento e crescimento da cidade com a vinda de mão-de-obra para a instalação e manutenção da fábrica. Um dos principais motivos para a escolha do município para a inserção da fábrica foi o grande potencial hidráulico da Cachoeira Grande parte do Ribeirão da Mata que corta o município na sua região central (GRANBEL, 2011). Mais informações serão trazidas ao longo deste trabalho.

Cinco anos depois, em 1895, outro acontecimento vem a marcar a história da cidade: a inauguração da Estação Ferroviária Dr. Pedro Leopoldo, cujo nome homenageia o engenheiro responsável pela construção da mesma no perímetro do município e que futuramente daria nome ao município. Estes acontecimentos foram tão relevantes que em 1901 consta-se que a maior parte da população ou estava empregada na fábrica de tecidos ou na estrada de ferro (GRANBEL, 2011). Com duas estações construídas, a Estação Central e a Estação do distrito de Dr. Lund, muito se contribuiu para a inserção do município na rota dos viajantes, interligando a cidade à demais pontos do Estado e país, como parte do projeto da Estação Ferroviária Central do Brasil.

Em 1923, até então pertencente ao município de Santa Luzia, Pedro Leopoldo emancipa-se, pela Lei Estadual nº 843 tendo em 27 de janeiro de 1924 a sua instalação definitiva e no ano seguinte, pela Lei Estadual nº 893, eleva-se à categoria de cidade.

Ao longo do século XX, a cidade desenvolve-se e insere-se no contexto da industrialização brasileira, recebendo diversas indústrias, sobretudo as cimenteiras, em destaque a Camargo Corrêa (Cimentos Cauê) e Holcim (Cimentos Ciminias), que por muitos anos configuram como fonte de emprego e desenvolvimento do município. A mineração também tem grande relevância no cenário municipal, com diversas empresas de extração de cal virgem, calcário e brita, como a Mineração Lapa Vermelha.

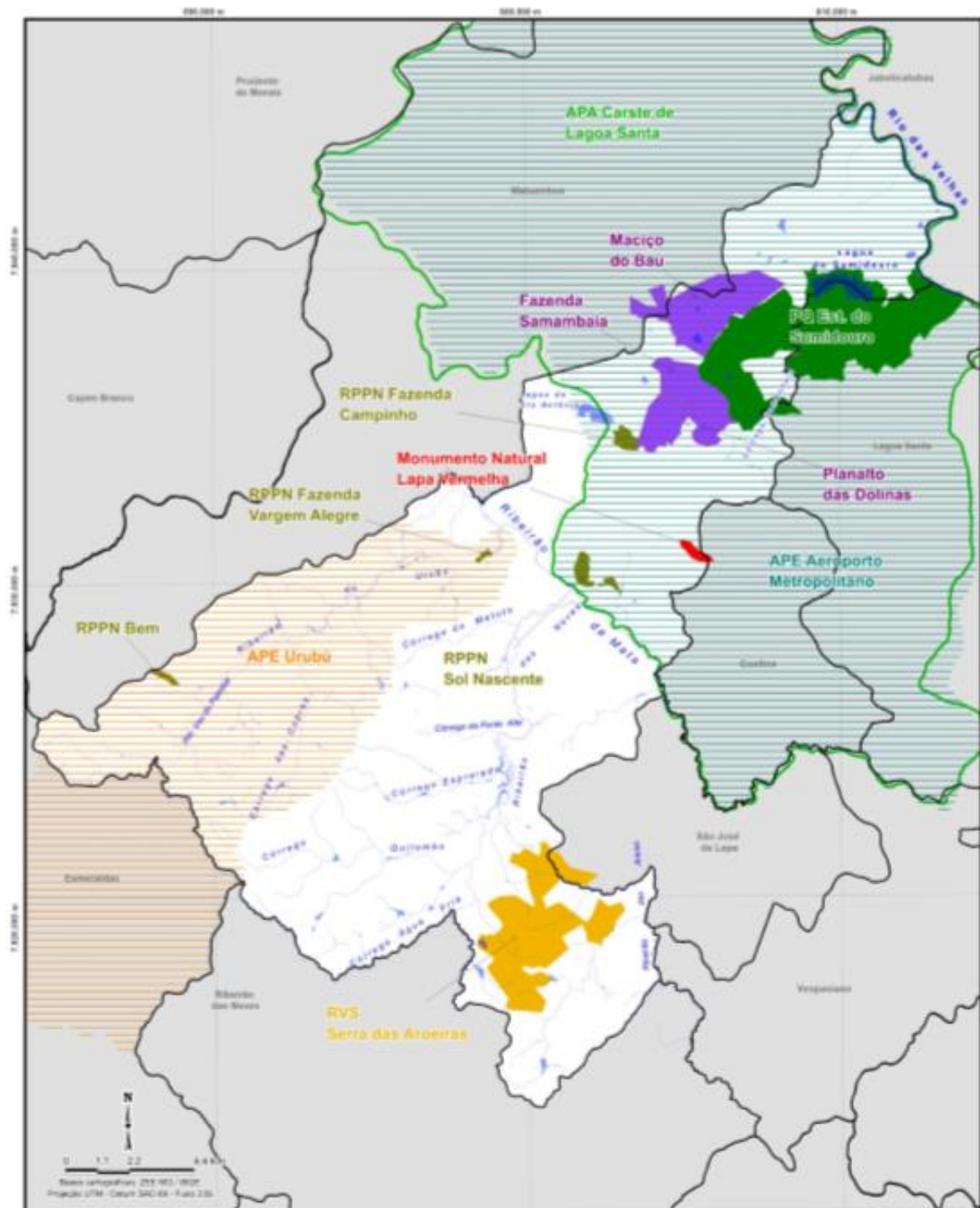
Culturalmente, destaca-se o turismo religioso com a importante figura do médium Francisco Cândido “Chico” Xavier, nascido em Pedro Leopoldo, onde residiu até 1959 quando mudou-se para Uberaba. Pontos turísticos como a Casa de Chico Xavier, o Centro Espírita Luiz Gonzaga (fundado por ele mesmo), o Espaço Cultural Chico Xavier na Fazenda Modelo (espaço cedido e estabelecido em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais).

Além disso, Pedro Leopoldo possui diversas áreas de Proteção e Conservação Ambiental, promovendo além de turismo ecológico, como passeios e visitas às grutas e

parques, a manutenção dos ecossistemas protegidos, como elementos importantes do Patrimônio Cultural e Natural da cidade. Dentre essas áreas de proteção, destacam-se as Unidades de Conservação (UC's): Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, Parque Estadual do Sumidouro, Área de Proteção Especial (APE) do Entorno do Aeroporto, Área de Proteção Especial do Ribeirão do Urubu, Refúgio da Vida Silvestre Serra das Aroeiras, Monumento Natural Lapa Vermelha, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sol Nascente, Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Campinho, dentre outras. Estas UC's são apresentadas na Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Mapa das UC's no município de Pedro Leopoldo

Unidades de Conservação no município de Pedro Leopoldo



Fonte: Diagnóstico Situacional do Plano Diretor de Pedro Leopoldo, 2014

No Quadro 1 abaixo, segue a relação de todas as UC's presentes no município explicitando mais algumas informações:

Quadro 1 – UC's do município de Pedro Leopoldo

Identificação	Decreto	Proteção	Administração
APA Carste Lagoa Santa	nº 98.881 de 25/01/90	Uso sustentável	Federal
PAR Sumidouro	nº 44.935 de 03/11/2008	Proteção integral	Estadual
APE Ribeirão do Urubu	nº 21.280 de 28/04/1981	Proteção Especial	Estadual
RVS Serra das Aroeiras	nº 46.317 de 23/09/13	Proteção integral	Estadual
MONA Lapa Vermelha	nº 45.400 de 14/06/10	Proteção integral	Estadual
Planalto das Dolinas	Não criado	-	-
Fazenda Samambaia	Não criado	-	-
Maciço do Baú	Não criado	-	-
RPPN Bem	nº 202 de 21/12/2012	Uso sustentável	Estadual
RPPN Fazenda Vargem Alegre	nº 104 IEF de 28/12/00	Uso sustentável	Estadual
RPPN Fazenda Campinho	nº 106 de 28/12/00	Uso sustentável	Estadual
RPPN Fazenda Sol Nascente	nº 06 IEF de 08/01/04	Uso sustentável	Estadual

Fonte: Diagnóstico Situacional do Plano Diretor de Pedro Leopoldo, 2014

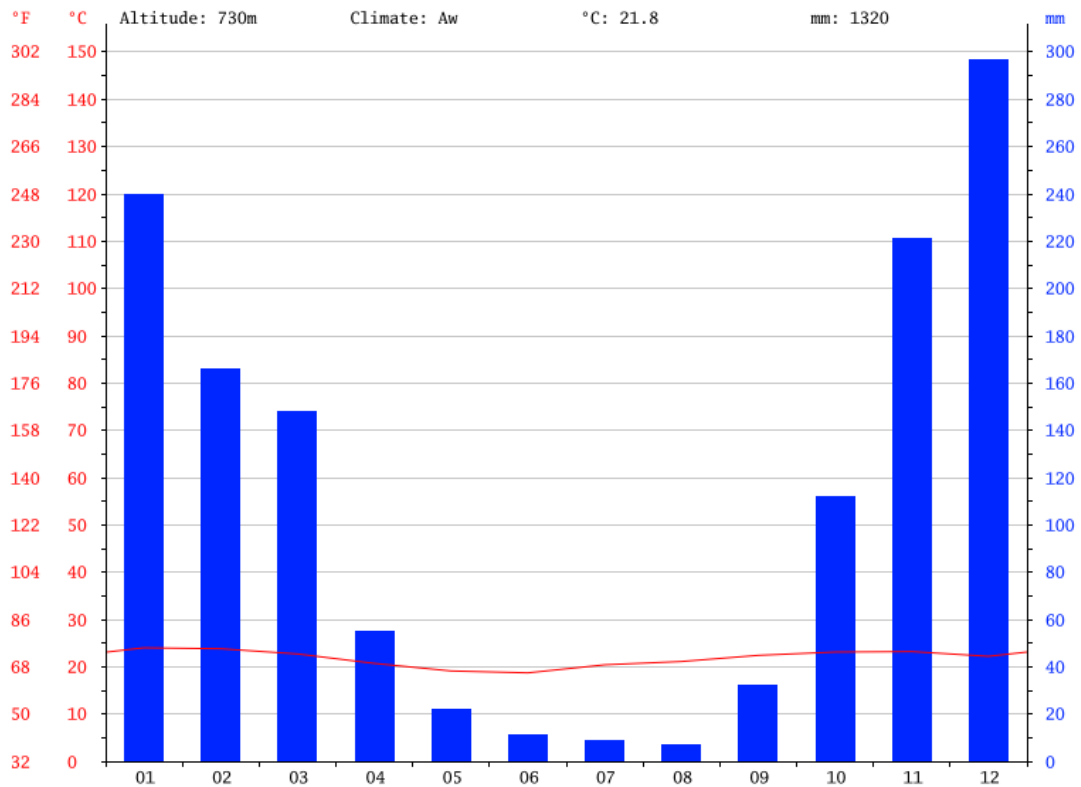
Economicamente, o município tem dependência principalmente com as indústrias, que geram muitos empregos desde meados do século passado, e o setor de serviços e comércio, possuindo uma economia diversificada e características de cidade de pequeno porte (MARTINS, 2006).

1.1.1 A questão hídrica no município

O município de Pedro Leopoldo insere-se na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mata, estando, por sua vez, contida na Bacia do Rio das Velhas, conforme será detalhado ao longo desta pesquisa. Quanto ao uso e ocupação do solo, a bacia do Ribeirão da Mata, possui usos múltiplos, dentre eles: extração mineral, uso agrícola, ocupação urbana e uso industrial, enfrentando assim, problemas decorrentes desses usos como o assoreamento dos cursos de água, remoção da vegetação, erosão, parcelamento desordenado do solo urbano, impermeabilização do solo, contaminação do solo e das águas dos cursos de água pelo lançamento de esgoto industrial, doméstico e lixo (PEDRO LEOPOLDO, 2015).

Tais problemas acabam por impactar muito na drenagem pluvial sobretudo nos períodos de maior concentração de precipitação (dezembro a março) conforme nos aponta a Figura 4 abaixo, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), configurando a estação do verão, período em que se há maior concentração de chuvas em regiões de climas tropicais.

Figura 4 - Gráfico de precipitação média anual do município de Pedro Leopoldo – MG



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Pedro Leopoldo, 2015

Com o aumento da intensidade das precipitações nesses períodos, a cidade sofreu ao longo dos anos com diversos casos de enchentes, sobretudo em áreas urbanas de habitação e comércio. O último grande caso de enchente ocorreu por volta do dia 30 de novembro de 2017, período em que as chuvas já começam a se intensificar e causar grandes impactos devido à falta de condições infraestruturais, mas também configurada por descasos e falta de informação para a população, no que diz respeito principalmente ao descarte de material inerte e lixo, optando, em boa parte das vezes, por acúmulo irregular de lixo em locais impróprios e propícios à serem incorporados aos cursos hídricos por fim. Abaixo, nas Figuras 5, 6, 7 e 8 seguem algumas fotos de casos normais e de enchentes no município:

Figura 5 - Situação normal e de cheia na Lagoa de Santo Antônio, Pedro Leopoldo - MG



Fonte: retirado do site <https://docplayer.com.br/11628916-Meta-2014-e-a-lagoa-santo-antonio-em-pedro-leopoldo.html>

Figura 6 - Enchente no Bairro São José, 2011, Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Retirado do site do jornal www.hojeemdia.com.br

Figura 7 - Enchente no Bairro São José, 2011, Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Retirado do site do jornal www.hojeemdia.com.br

Figura 8 - Enchente no Bairro São José, 2011, Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Retirado do site do jornal www.hojeemdia.com.br

Com todos esses problemas ocorrendo, os cursos de água acabam tendo sua drenagem prejudicada, sobretudo pelo assoreamento do leito do rio. Por conta disso, a região central do município se configura como sendo sujeita a inundações do Ribeirão da Mata, sendo agravada essa situação justamente pelo desague dos Ribeirões afluentes do Urubu e das Neves que também ocorre na porção central do município.

Para tanto, este presente trabalho busca construir um melhor entendimento destes riscos, buscando compreender suas causas de modo a minimizar as consequências de tais acontecimentos extremos, visando uma melhor adequação social, seja de infraestrutura quanto de educação ambiental, de modo a melhorar as condições e qualidade de vida da população e da manutenção do equilíbrio da natureza como um todo.

Com o objetivo de se produzir um mapa de risco de inundação do município, por meio das geotecnologias em ambiente SIG, apresenta-se no final deste trabalho uma breve análise de tais informações obtidas de modo a se propor possíveis interpretações e mesmo soluções que visem oferecer maior poder de ação por conta dos responsáveis no que diz respeito à relação sociedade x natureza, relação esta, nesse caso tão bem exemplificada.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

- Identificar, analisar e mapear as áreas de risco de inundação do município de Pedro Leopoldo – MG.

1.2.2 Específicos

- Produzir um mapa na escala de 1:200.000 do risco de inundação do município de Pedro Leopoldo – MG.

- Observar e coletar informações dos casos de inundação que já ocorreram na área de estudo em questão.

- Apresentar um mapa de risco de inundação do município expondo três classes de risco: Baixo, Médio e Alto; de modo a se discutir e comparar com o mapa final produzido de acordo com a metodologia seguida.

- Produzir informações técnicas para as autoridades e população alertando-os das possíveis causas e consequências iminentes em casos de inundação.

- Gerar um mapa de Uso e Ocupação do município de modo a observar os impactos sociais frente à hidrografia da área que possam ter relevância na análise do risco de inundação.

- Analisar possíveis ações que visem minimizar os impactos à população em um possível caso de inundação da cidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Paisagem

A evolução da Geografia como ciência se deu ao longo dos anos pautada na ainda viva discussão sobre seu objeto de estudo que a configurasse como um saber institucionalizado. Nessa evolução em busca de sua objetificação, pode-se dizer que os pesquisadores se debruçavam sobre conceitos em prol de uma melhor sistematização desse conhecimento, de modo a oferecer um norte mais preciso que orientasse tal empreitada. Hoje, a Geografia ainda se sustenta sobre esses conceitos chave que são os pilares da análise geográfica e ainda rendem muitas discussões e diferentes correntes de pensamento e posicionamento, sendo eles: espaço, lugar, região, território e paisagem. Estudos pioneiros como os de Sauer, Humboldt, Ratzel, Dokoutchaev, e vários outros pesquisadores do século XX, são mais diretos no que tange a análise do meio sob uma ótica da observação, de uma forma de se representar o meio em que estamos inseridos e vivenciamos, dando aí uma ênfase no que configurar-se-ia como a paisagem. Conforme afirma CORREA (1998) “a paisagem tem-se constituído em um conceito-chave da geografia, tendo sido vista como o conceito capaz de fornecer unidade e identidade à geografia num contexto de afirmação da disciplina”. Sendo assim, os embates conceituais que desde a origem da Geografia ainda constituem o cerne do debate científico geográfico aqui se valem presentes, sobretudo abordando o conceito de paisagem, cuja relevância para a pesquisa será nosso foco de análise.

A dificuldade da conceituação da Paisagem recai no mesmo grande problema que os demais conceitos também apresenta: a dificuldade de se compreender o dinamismo dos processos do mundo. Isto é, como conceituar algo que está sempre em transformação? Como se definir um objeto que se molda conforme o passar dos anos, que abrange novos conceitos e novas ideias a cada minuto? A Geografia parece, então, ser feita sempre com base no passado, sobretudo na atualidade em que a velocidade dos meios de comunicação e da informação nos oferecem a cada segundo uma nova pesquisa, uma nova bibliografia, uma nova referência, enquanto que os teóricos que buscam uma conceituação perfeita se empenham ao longo de anos e mesmo de toda a vida em prol dessa árdua tarefa ainda irresoluta.

Diante de tamanha complexidade, busca-se aqui, não propor uma afirmação precisa do conceito de Paisagem. Longe disso, o intuito desta análise visa buscar uma melhor adequação das proposições apresentadas ao longo da história geográfica de modo a proporcionar um melhor entendimento do objeto de estudo em questão. O saber geográfico, assim como os demais ramos do conhecimento, “é caracterizado pela sua preocupação explícita com um certo

grupo de fenômenos que ele se dedica a identificar e ordenar de acordo com suas relações” (SAUER, 1925). Reside aí então, uma observação essencial: a ciência se constitui pelo estudo de um fenômeno e suas relações. Em outras palavras, podemos afirmar a partir da passagem proposta por Sauer, em 1925, que o conhecimento é fruto de um fato (fenômenos) e sua dinâmica, fluidez (relações).

Ora, o que talvez falta para uma melhor sistematização do conhecimento seja justamente sair da “prisão” do academicismo teórico e navegar pelos mares do conhecimento prático e aplicável, onde talvez, como nossos “pais”, os primeiros pesquisadores e geógrafos naturalistas muito propuseram, possamos construir a teoria de forma mais aliada à prática, ao invés de alimentarmos os embates dicotômicos entre teoria e prática.

Ao longo do século XX, diferentes correntes epistemológicas dentro do saber geográfico propuseram diferentes abordagens acerca do que seria a paisagem. Porém, há uma confluência dentre tantas abordagens, que apontam para uma ideia central: a da paisagem como sendo fruto de uma experiência de relação entre o ser humano e a natureza, ou, segundo Santos (1997):

Paisagem é o conjunto de formas que num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza. Ou ainda, a paisagem se dá como conjunto de objetos concretos (SANTOS, 1997, p. 48).

Pode-se perceber a partir dessa afirmação, como este conceito carrega consigo ao mesmo tempo uma esfera concreta, histórica, pois abarca toda uma conjuntura e um contexto impressos pelo “conjunto de formas” ali presentes, e uma esfera dinâmica, mutável, pois se a paisagem é representada por essas formas e elas estão em constante mudanças, por si só a paisagem já se configura como uma dimensão também mutável, em constante transformação. Trazendo à luz da discussão deste trabalho, um bom exemplo para ilustrar essa proposição é observar-se o antes e depois dos desastres com as barragens de rejeitos em Mariana e Brumadinho. Apesar de compor um mesmo espaço, as relações e o “conjunto de formas” ali presentes transformaram-se completamente em questão de minutos, alterando completamente a leitura daquela paisagem. Conforme Claval (1999) “uma paisagem é tanto modelada pelas forças da natureza e pela vida, quanto pela ação dos homens” (CLAVAL, 1999, p.55) e segundo Sauer (1925):

Uma área composta por associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, onde sua estrutura e função são determinadas por formas integrantes e dependentes, ou seja, a paisagem corresponde a um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendido pela análise morfológica, ressaltando que se trata de uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, e que se torna conveniente considerar o papel do tempo (SAUER, 1925 apud CORREA 1998, p. 13).

Portanto, observa-se aqui outra postura extremamente relevante nessa busca conceitual: o caráter cultural da paisagem, isto é, a paisagem como um conjunto de relações oriundas da relação entre sociedade x natureza. Indo mais além, Santos (2002) nos aponta que "a paisagem é história congelada, mas participa da história viva. São suas formas que realizam, no espaço, as funções sociais" (SANTOS, 2002, p.107). Essas funções sociais configuram-se justamente pelo caráter antrópico imbricada na paisagem, isto é, como sendo um resultado da ação social no meio natural e vice-versa, tendo em vista que o fator tempo é extremamente relevante e visível na paisagem. Nesse sentido, Bertrand nos aponta que:

Resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução, numa porção do espaço, tem-se que pensar em normas legais que contemplem tanto o complexo dos elementos naturais, quanto o de elementos construídos, ou ainda, de ambos, considerados na sua dinâmica e identificados, como patrimônio paisagístico da coletividade (BERTRAND, 1972 apud OLIVEIRA, 1998, p. 63).

Por fim, diante de tais proposições no que se abrange o conceito de Paisagem, temos que para a Geografia, sobretudo no que tange as pesquisas de caráter mais propriamente voltado para processos naturais e não meramente fenômenos sociais (não que exista uma possibilidade de tais processos serem indissociáveis, recaindo, como citado acima, na dialética sociedade x natureza), os estudos das relações que se estabelecem no meio são, portanto, estudos dessa amálgama de processos simultâneos que marcam e constroem essa dinâmica e mutável conformação espacial. Em outras palavras, não se estuda um fenômeno isolado, indissociado das demais conjunturas que ocorrem e influem diretamente no processo de construção, então, da paisagem.

Não obstante, são consideradas não apenas uma, mas diversas variáveis cujas nuances mostram-se interligadas na causalidade dos processos espaciais, e, portanto, sociais e naturais. Sendo assim, neste trabalho, busca-se respeitar o dinamismo e a complexidade das relações dos fenômenos e processos que vêm a moldar o nosso mundo, objetivando uma análise concreta e livre de suposições e/ou imposições epistemológicas que acabam por direcionar de forma tendenciosa esta abordagem. Assim como a Paisagem, o geógrafo deve ser mutável, dinâmico e multi-disciplinado, de modo a conseguir aproximar-se cada vez mais da construção de um conhecimento mais concreto e menos enviesado.

2.2 Geoprocessamento

O desenvolvimento das ciências, dos *softwares* e do universo “micro” (por exemplo, os microcomputadores e microprocessadores) trouxe para o ser humano uma nova percepção da realidade, e, portanto, uma nova forma de se construir o conhecimento. Nesse universo bem recente, a popularização de tais tecnologias, como o uso de computadores pessoais (os PC's, ou *personal computer*) induziu à uma maior difusão e, portanto, realização de pesquisas devido à facilidade de acesso à informação, por meio de meios de comunicação, como a internet, por exemplo.

Nesse contexto, as geotecnologias ganharam cada vez mais espaço e visibilidade, deixando de ser uma tecnologia exclusiva (sobretudo de governos e apropriações militares) para se tornarem parte, cada vez mais, essenciais de nosso cotidiano. Rosa (2013) define Geotecnologias como sendo:

Conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. São compostas por soluções de *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suporte a tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global, o sistema de informação geográfica. (ROSA, 2013, p. 6)

No século XX, com os grandes conflitos mundiais e a incessante iminência de guerras, levaram os países centrais a buscarem cada vez mais o conhecimento da superfície terrestre. A Corrida Espacial permitiu alcançar pontos extraterrestres e com isso, possibilitou o desbravamento da atmosfera e incitou ainda mais o uso de satélites para orbitar o globo captando e fornecendo dados sobre uma nova ótica. Como nos aponta Silva (2003) a partir da década de 50, pesquisadores do ramo, como meteorologistas, geofísicos e geólogos passaram a utilizar cada vez mais em seus trabalhos mapas gerados por computadores (SILVA, 2003).

Foi somente com a virada da metade século XX que o termo Geoprocessamento passou a se tornar mais concreto e usual. Segundo Câmara et al. (2005), essa nova ciência recém descoberta teria como objetivo “o estudo e a implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico”, de modo a “utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados” (CAMARA, 2005).

Ainda para Rosa (2013) tal termo se assemelha, no Brasil à Geomática, sendo, portanto:

Ciência que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para a análise de informações geográficas, ou seja, informações temáticas “amarradas” à superfície terrestre, através de um sistema de coordenadas. No Brasil, o termo Geoprocessamento e Geomática se referem à mesma coisa, ou seja, Geoprocessamento é utilizado como sinônimo de Geomática. (ROSA, 2013, p.6)

E mais:

Em linhas gerais o termo geoprocessamento pode ser aplicado a profissionais que trabalham com cartografia digital, processamento digital de imagens e sistemas de informação geográfica. Embora estas atividades sejam diferentes elas estão intimamente inter-relacionadas, usando na maioria das vezes as mesmas características de hardware, porém software distinto (ROSA, 2013, p. 59)

Observa-se que, portanto, o Geoprocessamento veio a surgir como uma ferramenta de extrema aplicabilidade e interesse social, tendo em vista seu enorme potencial não só de obtenção de informações como de compilação, cruzamento, organização e tratamento dessas informações geográficas, permitindo assim, uma enorme abrangência no que diz respeito ao estudo da superfície terrestre.

Aliado, e ao mesmo tempo indissociável, ao Geoprocessamento, o GIS ou SIG (Geographic Information System ou Sistema de Informação Geográfica) surge como uma aplicação direta do geoprocessamento em si, sendo definidos por Rosa (2013) como:

Sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias. Portanto, o sistema de informação geográfica é uma particularidade do sistema de informação sentido amplo. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes. (ROSA, 2013, p. 60)

E, conforme nos aponta Camara (2005), permite “análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados” (Câmara et al., 2005). Dentre as capacidades de um SIG, tem-se, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2004) as principais classificações que as operações realizadas por um SIG apresentam:

- Gerenciamento de banco de dados geográficos – armazenamento, integração e recuperação de dados georreferenciados de diferentes fontes, formatos e temas dispostos em um único banco de dados.
- Análises espaciais – a partir de um banco de dados geográficos, são efetuados combinações e cruzamentos de dados por meio de operações geométricas e topológicas cujo resultado é a geração de novos dados.
- Produção cartográfica – entrada, conversão e edição de dados, bem como de acabamento visando à apresentação final por forma impressa ou meio digital.

Portanto, os SIG's e, pois, o Geoprocessamento, configuram-se como importantes ferramentas à disposição do pesquisador. Além disso, apresenta um caráter multidisciplinar devido ao seu potencial de conseguir obter e manipular diferentes informações, atendendo assim a uma gama ampla de pesquisas.

2.3 Sensoriamento Remoto

Juntamente com o Geoprocessamento, o Sensoriamento Remoto surge como uma tecnologia de enorme relevância no cenário mundial. Segundo Piroli (2010) o sensoriamento remoto “pode ser definido como a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo” (PIROLI, 2010, p.6), ou, “um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos” (MORAES, 2002, p. 1-7).

As informações obtidas por meio do sensoriamento remoto só se dão devido a radiação eletromagnética (REM), energia propagada pelo espaço sem a necessidade de um meio material emitida por fonte naturais, como o Sol, ou artificiais, como os radares. Essa energia, move-se à velocidade da luz, e tem um comportamento dual, propagando-se simultaneamente em forma de onda e em forma de energia. Essa radiação, interage, portanto, com todos os corpos físicos que a absorve, reflete e reemite (MENESES et al., 2012).

Além da REM, para que o processo de sensoriamento se dê por completo, Ribeiro (2008) divide o processo como um todo em duas fases: fase de aquisição de dados e fase de análise. Portanto, entende-se o sensoriamento remoto não apenas como um processo que envolva somente a aquisição remota da informação, mas também, a forma como essa informação é tratada e configurada como dado.

Como base da aquisição da informação, no Sensoriamento Remoto, faz-se uso dos sensores, que são os dispositivos que conseguem registrar a REM e gerar um dado que possa ser tratado futuramente. Quanto aos tipos, os sensores podem ser classificados quanto a resolução espacial, quanto a fonte de radiação e quanto o registro. No que diz respeito à resolução espacial, os sensores subdividem-se em imageadores (que produzem uma imagem como produto) e não-imageadores (produzindo dados sem produzir imagens, por exemplo, gráficos e tabelas). Sobre a fonte de radiação, temos os sensores ativos, que possuem fonte própria de REM (radares) e passivos, que não possuem fonte própria de REM (Radiômetros, espectroradiômetros, etc.). Por fim, quanto ao registro, subdividem-se em fotográficos (sensores que utilizam o filme fotográfico como forma de registro) e os não-fotográficos (que não utilizam o filme fotográfico) (RIBEIRO, 2008)

Após se obter a informação e transformá-la em dado tratável, pode-se agrupar, também, esses dados em quatro classes, ou resolução, conforme nos aponta Meneses et. al. (2012), em suma: resolução temporal (tempo de repetição de aquisição da informação de um ponto),

resolução radiométrica (maior ou menor capacidade de um sensor detectar a reflectância ou emitância dos objetos em questão), resolução espectral (abrangência de bandas espectrais captáveis por um sensor) e resolução espacial (menor distância capaz de ser definida, registrada e identificada por um sensor).

Além disso, podem ser divididos também, em duas subclasses de acordo com o nível de aquisição da informação, sendo elas: de nível Orbital (por meio de sensores em órbita ao redor do globo, melhor exemplificado pelos satélites que orbitam o planeta) e de nível Sub-orbital (por meio de equipamentos não localizados em órbitas, como por exemplo os sensores aerotransportados geradores de aerofotografias) (PIROLI, 2010).

Na trajetória de desenvolvimento das geotecnologias, como citado no tópico anterior, deu-se também ao longo do século XX o desenvolvimento do Sensoriamento Remoto. Isso só ocorreu, a partir da evolução da ciência de uma forma geral, sobretudo no que tange os estudos dos princípios físicos sobre comportamento de onda, luz e energia. A base do sensoriamento remoto é justamente a Energia Eletromagnética, cuja radiação emitida por basicamente todos os corpos e objetos é captada pelos sensores remotos em ação. Em outras palavras:

Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Logo os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais. (MORAES, 2002 p. 1-7)

No Brasil, o histórico evolutivo da tecnologia de Sensoriamento Remoto começou de forma tardia. Foi apenas a partir da década de 70 do século XX, com os governos militares e uma postura mais voltada para o conhecimento e proteção do território nacional, objetivando sua integração de forma mais concreta, que se direcionou de fato a atenção para as necessidades de investir-se na obtenção de informações geográficas precisas e modernas. Assim, o denominado Projeto RADAMBRASIL, foi responsável pelo mapeamento, por meio de sensores e radares em aviões, de boa parte do território brasileiro, sobretudo a Amazônia, obtendo assim diversas informações sobre aspectos naturais do meio.

Segundo Rosa (2013) o projeto foi de grande valia para o país, oferecendo não somente todas as informações captadas, mas também uma melhor capacitação e adequação dos sistemas de informação nacional para lidar com as novas geotecnologias que vinham crescendo e se desenvolvendo no mundo. Em outras palavras:

A extensão do território brasileiro e o pouco conhecimento dos recursos naturais, aliados ao custo de se obter informações por métodos convencionais, foram os fatores decisivos para o país entrar no programa de sensoriamento remoto por satélite. Hoje inúmeras instituições do país utilizam-se desta tecnologia para obter informações de

caráter geológico, geomorfológico, geográfico, pedológico, hidrológico, agrícola, de qualidade ambiental etc. (ROSA, 2013, p 108)

A nível orbital, os satélites são responsáveis por toda essa obtenção de dados que possuímos e podemos fazer uso hoje, seja ele aplicado em usos específicos, militares ou mesmo civil. Dentre os principais satélites podemos citar o Landsat, desenvolvido pela NASA e que já consta com 8 modelos, sendo o mais recente o Landsat 8 com 01 banda pancromática e 09 bandas multiespectrais e respectivas resoluções espaciais de 15 e 30 metros; o CBERS (Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres), fruto de um acordo entre o Brasil e a China feito em 1988 e que hoje consta com 3 modelos já lançados (CBERS 1, CBERS 2e CBERS 2B) com sensores de diferentes configurações; o Spot, de origem francesa em parceria com a Suécia e a Bélgica, iniciado na década de 70 tendo até hoje 5 lançados; o Ikonos, satélite financiado pela GeoEye, sendo o primeiro satélite a oferecer imagens para uso comercial; e o Quick Bird, satélite norte americano lançado em 2001.

Observa-se, portanto, como a tecnologia do sensoriamento remoto mostra-se recente, tendo um *boom* de desenvolvimento muito a partir dos anos 2000. Nesses poucos anos em que as geotecnologias passaram a fazer parte do nosso cotidiano, muito se ganha no quesito acadêmico e científico, tendo em vista a vasta aplicabilidade e acessibilidade que esta valiosa informação apresenta. Conhecer o nosso planeta, estudar os processos e fenômenos que ocorrem na superfície terrestre e aumentar cada vez mais o conhecimento do sistema mundo é de extrema relevância para o contexto atual, sobretudo na atual condição ambiental em que se enquadra o planeta. Trabalhos como o realizado nesta pesquisa não poderiam ser feitos sem tais avanços tecnológicos e recursos informáticos que as geotecnologias nos oferece. Com tanto potencial, é bastante necessário lançarmos mão de tal aparato em prol da melhoria da sociedade como um todo e da relação do ser humano com o meio ambiente, propondo assim um melhor equilíbrio na forma de se usufruir de todos os recursos que temos.

2.4 Bacias Hidrográficas

Muito tem se debatido hoje sobre a questão hídrica e os problemas advindo das recentes crises da água sofridas no país. Pensar na água é pensar em todo um equilíbrio natural de recursos que envolve não somente uma utilização racional do mesmo, mas também em práticas de recuperação e, principalmente, manutenção desse equilíbrio. Nisso se insere o Ciclo da Água.

Não é de hoje que se conhece como a água circula em nosso planeta e que uma ação que impacta em um momento deste ciclo pode vir a comprometer toda a cadeia de processos

posteriores resultando em grandes prejuízos para o equilíbrio natural e, principalmente, o homem. Como aponta Lorandi e Cançado (2002):

A água apresenta-se como um recurso essencial para a vida do planeta. Ela representa um componente obrigatório para a geração e a manutenção da vida e é fonte de hidrogênio. Dessa maneira, a existência dos seres vivos na Terra se deve graças à presença da água em seu estado líquido na biosfera. Devido à sua importância, o conhecimento da distribuição e circulação da água em torno do planeta é fundamental [...] (LORANDI e CANÇADO, 2002, p.56)

Diante dessa importância, a manutenção desse recurso essencial a vida envolve pensar-se em propostas metodológicas que abordem, pois, uma visão orgânica, sistemática desse ciclo, isto é, que entendam o ciclo da água em todo os seus processos e não somente no imediatismo de se ter água disponível para a população. E, portanto, Schiavetti e Camargo (2002), nos afirmam que:

Atualmente, há um consenso muito bem fundamentado no meio científico de que a bacia hidrográfica é a unidade ambiental mais adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica das interrelações concernentes ao planejamento e à gestão do desenvolvimento, especialmente no âmbito regional. (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002, p.11)

Como uma esfera de análise, as Bacias Hidrográficas configuram-se como uma opção metodológica para se compreender toda a dinâmica presente no seu espaço de ação, tendo em vista a interrelação dos processos que nela ocorrem, sejam eles de cunho natural e mesmo social, pois além de servir como uma ótica metodológica para questões ambientais, hoje muito se discute sobre as Bacias Hidrográficas como gestoras de recursos e formas de vida. Assim, Tucci (2006) nos aponta que:

A implementação de modelos de desenvolvimento sobre bases sustentáveis, no país, tem demandado abordagens integradoras para a gestão dos recursos ambientais que permitam avaliar os impactos cumulativos e sinérgicos das intervenções numa dada área, em detrimento de tratamentos tradicionais, individualizados, que impedem uma compreensão das interações e da dinâmica dos processos mais relevantes que definem ou constituem o meio ambiente. (TUCCI, 2006, p.7)

Na esfera governamental, a questão hídrica é gerida por diversos órgão e agências, que visam uma melhor utilização deste recurso essencial tanto quanto a sua forma de consumo quanto numa esfera legislativa em prol de uma regulamentação de sua distribuição e manutenção. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA):

Os estados brasileiros e o Distrito Federal possuem órgãos específicos para a gestão da água. O gerenciamento é realizado por meio da emissão da autorização de uso dos recursos hídricos de domínio dos Estados e através da fiscalização dos usos da água. Além disso, os órgãos gestores são responsáveis por planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas. Esses órgãos fazem parte da estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e atuam de forma integrada e articulada com os demais entes do Sistema. Eles podem ser estruturados de diversas maneiras, tais como entidades autônomas (ex.

agência ou autarquia) e, em sua maioria, como administrações diretas dos Estados (ex. secretarias específicas ou órgãos dessas secretarias). (ANA, Órgãos Gestores)

Também atua nesse debate, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), esfera federal de políticas voltadas para as questões ambientais no país. Com relação a questão hídrica o MMA pôs em vigor em 1997 a Lei nº 9.433/1997, ou “Lei das Águas”, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), definindo a água como bem de domínio público e recurso natural limitado e de valor econômico (MMA, Água). Estabelecendo de forma descentralizada e participativa a gestão dos recursos hídrico, a Lei também propõe usos múltiplos das águas e participação de Poder Público, dos usuários e das comunidades nessa gestão. Com relação às bacias, define-se as Bacias Hidrográficas como unidade de atuação do SINGREH e foco da Política Nacional de Recursos Hídricos, ratificando o proposto citado no início desta seção de se tomar as Bacias como metodologia de análise.

Dentro do SINGREH, o principal órgão de atuação é o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), instituído também pela Lei 9.433 de 1997, e exercendo atividades desde 1998. Este conselho subdivide o território brasileiro em 12 regiões hidrográficas maiores e cerca de 200mil microbacias inseridas nestas. A Figura 9 abaixo nos mostra a divisão das bacias hidrográficas brasileiras:

Figura 9 – Divisão das Bacias Hidrográficas Brasileiras



Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>

Dentre as principais, podemos destacar a Bacia do São Francisco, Bacia do Paraná e a Bacia Amazônica, mais extensa bacia do mundo tendo 60% dela localizada no Brasil. (MMA, Água). Diante de tamanho potencial hídrico, criou-se ao longo dos anos, os Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos gestores das bacias e sub-bacias. De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, Comitês de Bacias Hidrográficas), as principais funções dos comitês são:

- Aprovar e acompanhar a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, que reúne informações estratégicas para a gestão das águas em cada bacia;
- Arbitrar conflitos pelo uso da água (em primeira instância administrativa)
- Estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água.

Feita essa discussão acerca da burocracia estatal, e explicitando a operacionalidade e gestão do recurso hídrico no país, temos, por fim, a definição do conceito aqui tratado, que será

de extrema relevância para a metodologia aqui aplicada, conforme será apresentada a posteriori. Portanto, Pires, Santos e Del Prette (2002) nos apontam:

Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de Bacia Hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos. Do ponto de vista do planejador direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da Bacia Hidrográfica, bem como mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE, 2002, p.17)

Ainda, pode-se definir as bacias hidrográficas como “a área total de superfície de terreno de captação natural da água precipitada, na qual um aquífero ou um sistema fluvial recolhe sua água” (TUCCI, 2004). E mais, como o autor ainda nos aponta:

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. (TUCCI, 2004, p.115)

Apesar de possuir um extenso organograma governamental com função gestoras dos recursos hídricos do país, ainda vivemos uma situação precária de preservação e conservação deste bem no país. Mesmo com o Novo Código Florestal de 2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa – projeto de Lei nº 1.876/99), que visa uma maior proteção da vegetação nativa de margem de rios, lagos, nascentes, várzeas e mangues, ainda se vive uma situação crítica no país nas épocas de estiagens e secas, demonstrando um desequilíbrio no Ciclo da Água que acaba por impactar na gestão e utilização do recurso. Grandes centros urbanos sofrem de forma mais acintosa, devido à grande demanda de abastecimento que envolve não apenas a drenagem de uma só bacia, mas de um complexo sistema que vai desde sub-bacias afluentes distantes até mesmo a condições climáticas extremas que influem diretamente no ciclo da água de todo o território brasileiro, como é o caso da relação entre o desmatamento na região amazônica e o ciclo de chuvas nas demais regiões brasileiras, provando mais uma vez, a organicidade deste ciclo natural da água. Em contrapartida, em períodos chuvoso, sobretudo no verão de acordo com o clima majoritariamente tropical do país, vivenciamos casos extremos de enchente e inundações. Cidades são assoladas pelas grandes quantidades de água precipitada e escoada superficialmente, devida a impermeabilização do solo pela ocupação humana, asphaltamentos e canalização de córregos e rios, dentre outras causas e consequências. Configurando como casos extremos, as inundações e enchentes, como pode-se ver no tópico em sequência, possuem, pois,

relação direta com a gestão das bacias hidrográficas, sendo esta problemática motivadora desta pesquisa.

2.5 Inundação

São inúmeros os casos nos noticiários de eventos catastróficos que envolvem inundações. Basta fazer uma breve pesquisa e encontra-se uma infinidade de casos, situações, regiões, condições, causas e consequências advindas desse fenômeno natural e social. Ora, o que difere, portanto, uma situação normal de um caso extremo? O que configura uma inundação como uma tragédia?

Para responder tais questionamentos cabe aqui propor-se um esclarecimento terminológico do termo que envolve esta pesquisa. É comum substituir o termo inundação por enchentes, alagamentos, dentre muitos outros verbetes similares. Portanto, de modo a se evitar tal confusão, uma primeira discussão acerca dessa terminologia será feita, de modo a esclarecer e definir nosso objeto de análise aqui proposto. Em seguida, propõe-se qualificar o termo diante da realidade social, isto é, entender quando um evento natural se torna uma condição de tragédia, impondo impactos na esfera da sociedade, no nosso cotidiano e, portanto, ao ser humano.

Uma inundação, como afirma Tucci (2003) ocorre quando:

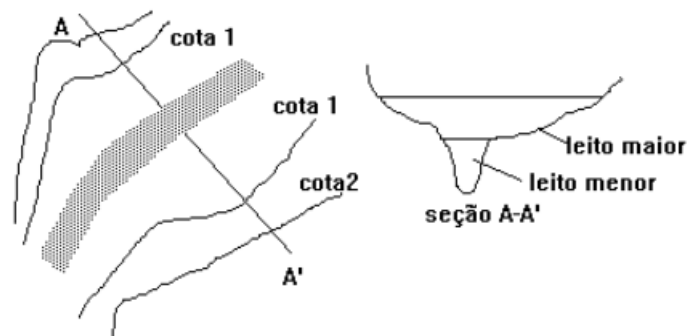
As águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros. (TUCCI, 2003, p.45)

Assim, subentende-se que tais eventos tem uma dimensão social, isto é, abarcam a realidade social para que seja considerado uma inundação, apontando aí uma diferenciação para com uma situação de normalidade, como a cheia de um rio por exemplo. Segundo o Instituto Geológico de São Paulo (2009), inundação é entendida como “um processo periódico de extravasamento de um curso de água cujo transbordamento atinge a planície de inundação ou a área de várzea”. Essas situações, podem ocorrer de acordo com o comportamento natural dos cursos hídrico, porém, são amplificados pela ação antrópica, sobretudo devido à urbanização, impermeabilização das superfícies, canalização dos rios e má gestão da vegetação em suas diversas áreas (nascentes, mananciais, encostas, etc), fatores estes que interferem na drenagem da água (TUCCI, 2004). Quanto aos impactos provenientes das inundações, e aqui trata-se dos impactos sociais, dependem basicamente da forma como se dá a o uso e ocupação das regiões próximas ao leito dos rios, várzeas e regiões impermeabilizadas. Assim, nos afirma Hora e Gomes (2009):

“As inundações têm causado também grandes desastres à população brasileira principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios e impermeabilização do solo das bacias urbanas. Dessa forma, é possível afirmar que a falta de uma política de monitoramento e controle das inundações tem aumentado os prejuízos e perdas nas cidades, ocasionados pela falta de planejamento do espaço ocupado, conhecimento do risco das áreas passíveis a inundação e interesse na solução desse problema. (HORA e GOMES, 2009, p. 59)

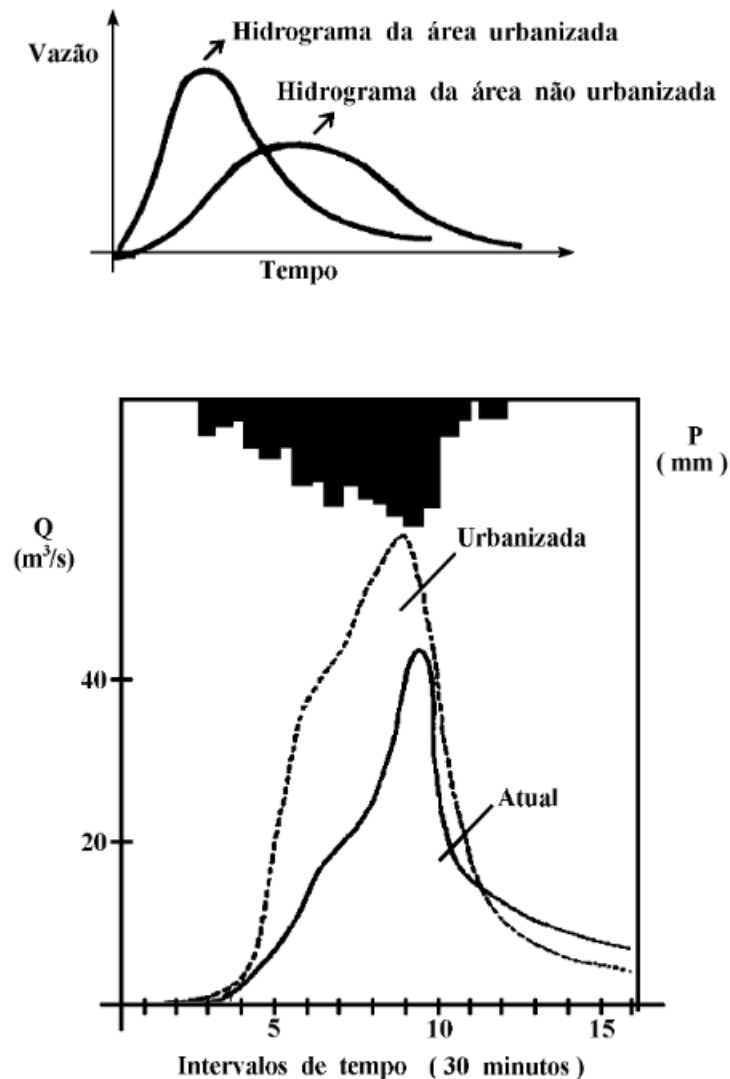
Em sua proposta metodológica, Tucci (2007) classifica os eventos de inundações em duas vertentes: inundações ribeirinhas e inundações urbanas, sendo a primeira, eventos que atingem populações que ocupam os leitos dos rios devido à falta de planejamento do uso do solo, e a segunda, eventos fruto da intensa urbanização. As Figuras 10 e 11 abaixo ilustram os dois casos acima propostos:

Figura 10 - Esquema ilustrativo do leito de um curso hídrico



Fonte: Tucci, 2007

Figura 11 - Hidrogramas comparativos da vazão de água em diferentes ambientes



Fonte: Tucci, 2007

Diante dessas figuras, observa-se como a ação antrópica interfere na situação de inundação. Sobretudo na Figura 11, com o gráfico comparativo dos hidrogramas, nota-se como a urbanização impacta de forma vertiginosa na aceleração na velocidade da vazão e no encurtamento do tempo deste processo, o que cria um pico que é justamente a causa crítica das situações de inundações.

Feitas as observações iniciais abrangendo a conceituação de inundação, trata-se agora, portanto, das considerações sobre a qualificação de uma situação de risco. Entende-se por risco, uma situação adversa de proximidade à alguma forma de dano ou impacto que afete a vida do ser humano (HORA e GOMES, 2009). Em outras palavras:

O risco pode ser definido como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção

de atividade econômica ou destruição ambiental) resultando das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

[...]

As avaliações do risco incluem a compreensão quantitativa e qualitativa detalhada do risco, seus fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais como também as suas consequências. A avaliação abrange o uso sistemático da informação disponível para determinar a probabilidade de determinada ocorrência dos eventos e o valor de suas consequências possíveis. (HORA E GOMES, 2009, p. 59)

Portanto, ressalta-se aqui, que a condição de risco envolve o conhecimento de uma provável consequência para o ser humano, isto é, se se é sabido existir uma situação de perigo iminente, admite-se, de forma óbvia, que existe então o conhecimento dessa situação. Isso comprova que os impactos oriundos de casos de inundação não só poderiam, como deveriam ser mitigados se não, anulados, principalmente em casos extremos de uso e ocupação do solo, como na maioria das vezes ocorre em regiões de maior descaso por parte das figuras políticas envolvidas no planejamento urbano.

Por fim, mais uma vez chama-se a atenção aqui para a relevância desta pesquisa no âmbito social. Conhecer-se o problema e estudar suas condicionantes e características é a chave para conseguir se pensar em formas e ações em prol da sua prevenção. A elaboração de um mapa de risco de inundação, considerando suas variáveis, tendo conhecimento sobre o local e compilando tudo isso de forma prática e inteligível, é uma informação de extremo valor e poder de decisão no que diz respeito ao planejamento de uma cidade, principalmente em locais com histórico de casos extremos advindo de situações de inundações, como é o caso do município de Pedro Leopoldo – MG.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

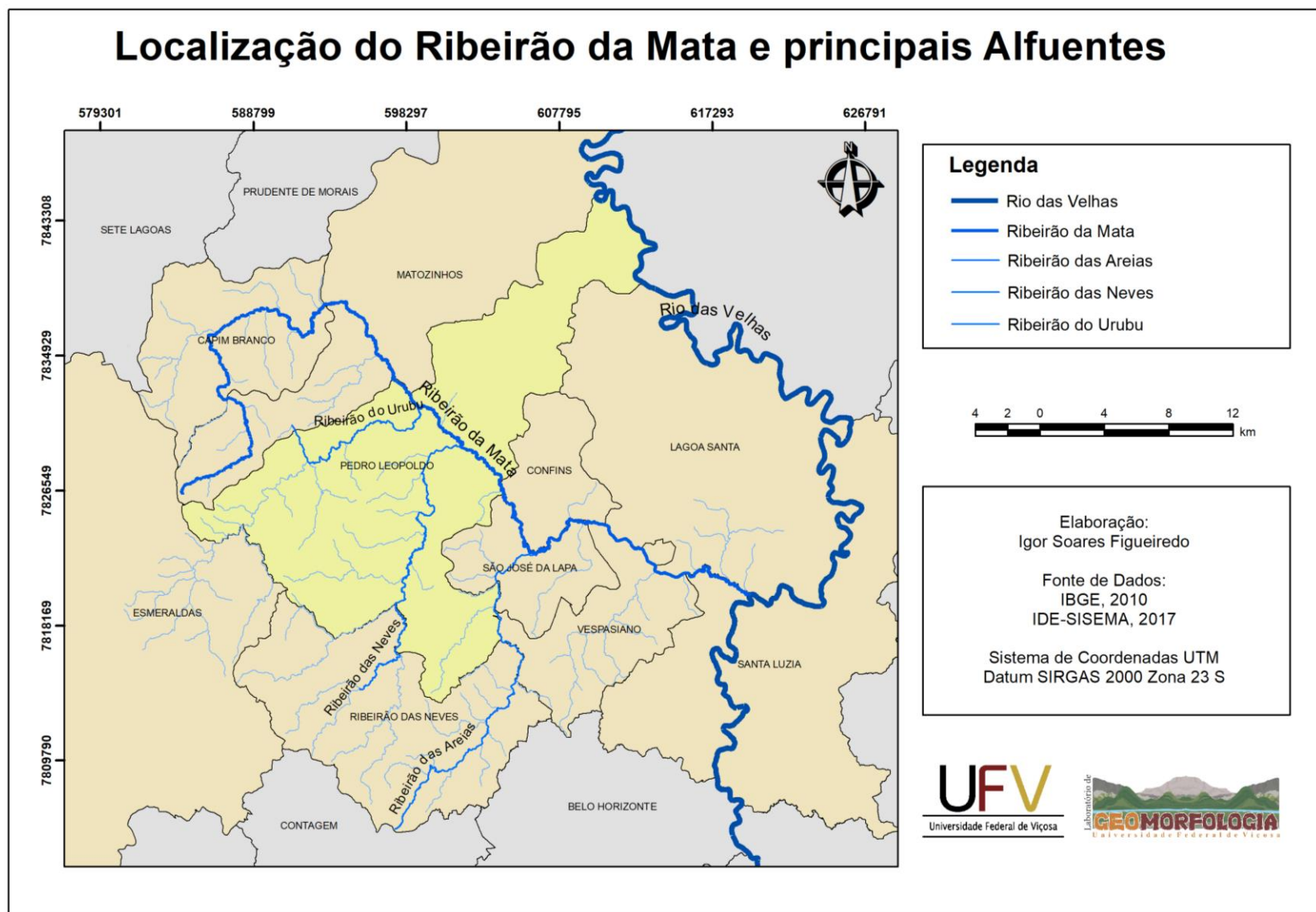
3.1 Caracterização da Área de Estudo

Para o presente trabalho, mostra-se relevante apresentar as características hidrológicas do município de forma detalhada, visando oferecer uma melhor visão da estrutura hídrica da cidade para que se possa compreender os apontamentos propostos na análise deste documento. Para tanto, consultou-se o Diagnóstico Situacional do Plano Diretor de Pedro Leopoldo de 2014 (DSPDPL, 2014) e o Plano Municipal de Saneamento Básico de Pedro Leopoldo de 2015, proposto pelo Comitê de Bacias Hidrográficas Rio das Velhas, como principais fontes das informações aqui tratadas.

O estudo das condições ambientais, sobretudo das bacias hidrográficas, muito contribui para se pensar a organização do município como um todo, isto é, “o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas consistem em instrumentos que, a médio e longo prazo, orientam o poder público e a sociedade na utilização e monitoramento dos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais da área de abrangência da bacia” (DSPDPL, 2014, p18). Portanto, este trabalho possui um caráter de extrema aplicabilidade e retorno prático para a sociedade, tendo em vista sua relevância quanto a produzir e oferecer informações mais detalhadas no que diz respeito a questões ambientais do município.

Pedro Leopoldo tem como principal curso hídrico o Ribeirão da Mata, que corta a região central no sentido NW-SE (Noroeste-Sudeste) passando pelo município de Lagoa Santa onde deságua no Rio das Velhas, sendo, portanto, afluente direto deste. Segundo dados do Plano Diretor, 28% da área do município está inserida na Bacia do Ribeirão da Mata, cujos principais afluentes inseridos também no território pedroleopoldense são: o Ribeirão das Neves, o Ribeirão do Urubu e o Ribeirão das Areias, estando todos estes, na margem oeste do leito do ribeirão, como nos ilustra o mapa apresentado na Figura 12 abaixo:

Figura 12 - Mapa de localização do Ribeirão da Mata e principais Afluentes



Fonte: Elaborado pelo autor

A bacia em questão insere-se numa área de contato do Bioma do Cerrado e o Bioma da Mata Atlântica, compreendendo todos os tipos de Savana, Mata Seca (Cerrado) e a Floresta Ombrófila Densa Semidecidual e Decidual (Mata Atlântica) (DSPDPL, 2014). Predomina, segundo o índice Köppen, o clima Cwb tropical de altitude (DSPDPL, 2014), com índice pluviométrico de 1.328mm de chuva/ano e temperatura média de 22°. O relevo configura-se como semi-montanhoso, com áreas planas nas proximidades dos leitos dos rios (Mata, Urubu e Neves) (DSPDPL,2014). A altitude média está em torno dos 698m, tendo 25% de conformação topográfica plana, 40% ondulada e 35% montanhosa.

Geologicamente, o município pertence a dois domínios principais: Complexo Gnáissico do Embasamento Cristalino e a Área Cárstica de Lagoa Santa, com rochas calcárias do grupo Bambuí da Formação Sete Lagoas (DSPDPL,2014). Esta formação cárstica, localizada nas porções leste e nordeste do município apresenta formações típicas do endocarste e exocarste. É possível observar formações de dolinas e uvalas, lapiás, poliés, vales cegos e maciços (Exocarste), assim como cavernas, grutas, estalactites, estalagmites e colunas (Endocarste). Na região encontram-se grutas onde ocorrem turismo ecológico como a Gruta da Lapinha localizada no Parque Estadual do Sumidouro, como mostra a Figura 13 abaixo:

Figura 13 - Entrada da Gruta da Lapinha



Fonte: arquivo pessoal

Devido às formações cársticas, no município estabeleceram-se diversas formas de exploração dos calcários oriundos dessa formação. Dentre os recursos aproveitados, estão: cimento, cal virgem e rochas para construção civil (brita, pedriscos, pedra de mão, pó e agregados para asfalto) (DSPDPL, 2014). A Mineração Lapa Vermelha é um dos principais grupos em atuação na região, como mostrado na Figura 14 a seguir:

Figura 14 - Mineração Lapa Vermelha



Fonte: arquivo pessoal

Nessas regiões predominam os solos do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (com alto teor de Ferro), Cambissolo Áplico, Nitossolo Vermelho Distrófico e Nitossolo Áplico Eutrófico (DSPDPL, 2014). Na região do compartimento de rochas cristalinas, predominam o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho Distrófico (DSPDPL, 2014).

Quanto ao Uso e Ocupação do município, predominam o padrão residencial domiciliar com baixo, porém crescente, índice de verticalização. Na região central concentram-se os comércios e lotes domiciliares de renda mais elevada, apontando para um caráter de centro-periferia na estruturação da cidade que mantém o perfil observado em demais cidade do Brasil que se desenvolveram no contexto da industrialização nacional e carecem de um melhor zoneamento e planejamento urbano (DSPDPL, 2014).

Porém, tal padrão de ocupação, sobretudo às margens dos leitos dos ribeirões que cortam o território da cidade acabam por promover a impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água, fundamental para a manutenção do ciclo hídrico de forma não prejudicial à natureza e mesmo ao próprio ser humano como nos casos das enchentes, que estão diretamente relacionadas com essa característica de uso e ocupação. Excetuando os distritos e bairros mais afastados da região central e de caráter mais rural e as UC's, boa parte do município apresenta essa característica de impermeabilização do solo pela ocupação.

Quanto às indústrias, situam-se sobretudo nas regiões centrais ou próximas, dentre elas a Holcim e a Intercement (Camargo Correia). Esse perfil cimenteiro da economia do município caracterizou, assim como a indústria têxtil e a ferrovia, importante papel econômico no desenvolvimento da cidade, sendo fonte de empregos e atração de mão-de-obra e moradores. (PEDRO LEOPOLDO, 2015). Também constam reservas de extração de calcário, argila e caulim, além a extração de areia, sendo estas atividades extrativistas importantes condicionantes ao assoreamento dos cursos d'água, em especial os Ribeirões do Urubu e Neves, e erosão do solo (Sobretudo os Argissolos do compartimento cristalino).

Devido às atividades extrativistas, do desrespeito às leis de preservação dos cursos hídricos e da má gestão da ocupação urbana, com diversos assentamentos em zonas de risco, o assoreamento e processos de erosão são de fato presentes no município, o que acaba por promover alto índice de risco de alagamentos ao longo do Ribeirão do Urubu, até o Ribeirão da Mata, ameaçando então, a região central de Pedro Leopoldo. O Ribeirão das Neves também apresenta tais riscos, devido às mesmas causas (PEDRO LEOPOLDO, 2015).

Com a última grande cheia que ocorreu no município no ano de 1995, diversas foram as tentativas de se solucionar o problema das enchentes, como a abertura do leito dos ribeirões, tendo um impacto positivo, porém meramente temporário, visto que casos de enchentes continuaram a acontecer, como ocorreu no ano de 2011 e 2017, mais recentemente.

3.2 Materiais

Segue descrito abaixo os materiais, arquivos e softwares utilizados ao longo da construção desta pesquisa:

- *Software* ArcGIS 10.1®, utilizado na elaboração dos mapas e processamento das informações e dados obtidos;
- Arquivos vetoriais *Shapefile* referente às subdivisões territoriais estaduais, municipais e mesorregiões, disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Arquivo vetorial *Shapefile* referente à hidrografia da bacia do Rio São Francisco, disponibilizado pelo site da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA);
- Arquivo vetorial *Shapefile* referente aos dados pedológicos do estado de Minas Gerais, disponibilizado pelo site da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).
- Modelo Digital de Elevação – MDE Alos Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros, obtido no *site* da *Alaska Satellite Facility*, no formato GEOTIFF de 32-bits;

- Duas imagens de satélite multiespectral do sensor MSI/Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, fusionadas (Banda do Vermelho (B04), Banda do Verde (B03) e Banda do Azul (B02)). As imagens referem-se ao dia 04 de outubro de 2018 e foram obtidas gratuitamente no *site* do Copernicus (*European Union's Earth Observation Programme*);

3.3 Métodos

Para a realização do mapeamento do risco de inundação do município de Pedro Leopoldo – MG, utilizou-se a metodologia proposta por Saaty (1977) de Análise Hierárquica (AHP) a partir dos fatores diretamente relevantes para os casos de enchentes segundo método desenvolvido por Santos et. al. (2010), sendo eles: declividade, hipsometria, uso e ocupação da terra e tipo de solo.

Para tanto, elaborou-se um mapa de cada fator condicionante para o município. Em seguida, aplicou-se a Análise Hierárquica (AHP) (Saaty, 1977) para dar pesos e reclassificar os resultados obtidos em cada mapa. Por fim, compilou-se os dados reclassificados numa Matriz de Comparação para comparar os pesos de cada fator condicionante com os demais, construindo assim uma hierarquia da importância de cada fator para o produto final: o mapa de risco de inundação. Tais etapas serão detalhadas a seguir.

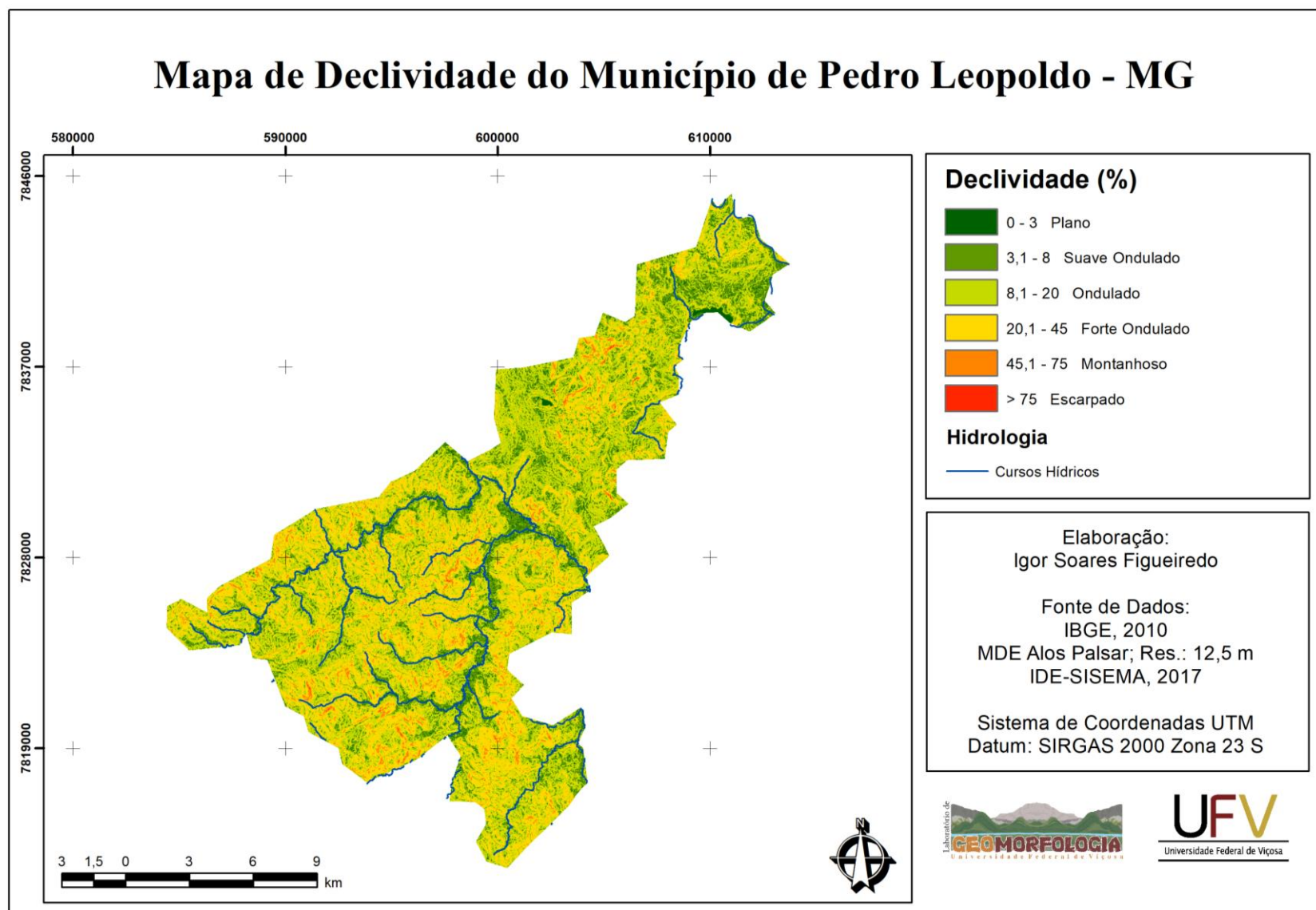
3.3.1 Elaboração do Mapa de Declividade

O mapa de declividade de Pedro Leopoldo foi gerado por meio do Modelo Digital de Elevação – MDE Alos Palsar através da ferramenta *Slope*, disponível em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Surface*, optando-se pela apresentação da mesma em porcentagem de declividade da área analisada, conforme a metodologia apresentada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Para o município em questão, classificou-se também segundo a Embrapa, subdividindo o território então, em 6 classes de declividade, em *Layer Properties > Symbology*. Incluiu-se também, os cursos hídricos no mapa, de modo a permitir uma melhor visualização da relação da declividade com a hidrografia da área em estudo. Para tanto, foi-se utilizado o *shapefile* da hidrografia da bacia do Rio São Francisco, sendo posteriormente selecionado apenas os cursos hídricos dentro do município em questão por meio da ferramenta *Extract By Mask*, disponível em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction*.

A seguir, na Figura 15, observa-se o mapa elaborado:

Figura 15 – Mapa de Declividade do Município de Pedro Leopoldo - MG



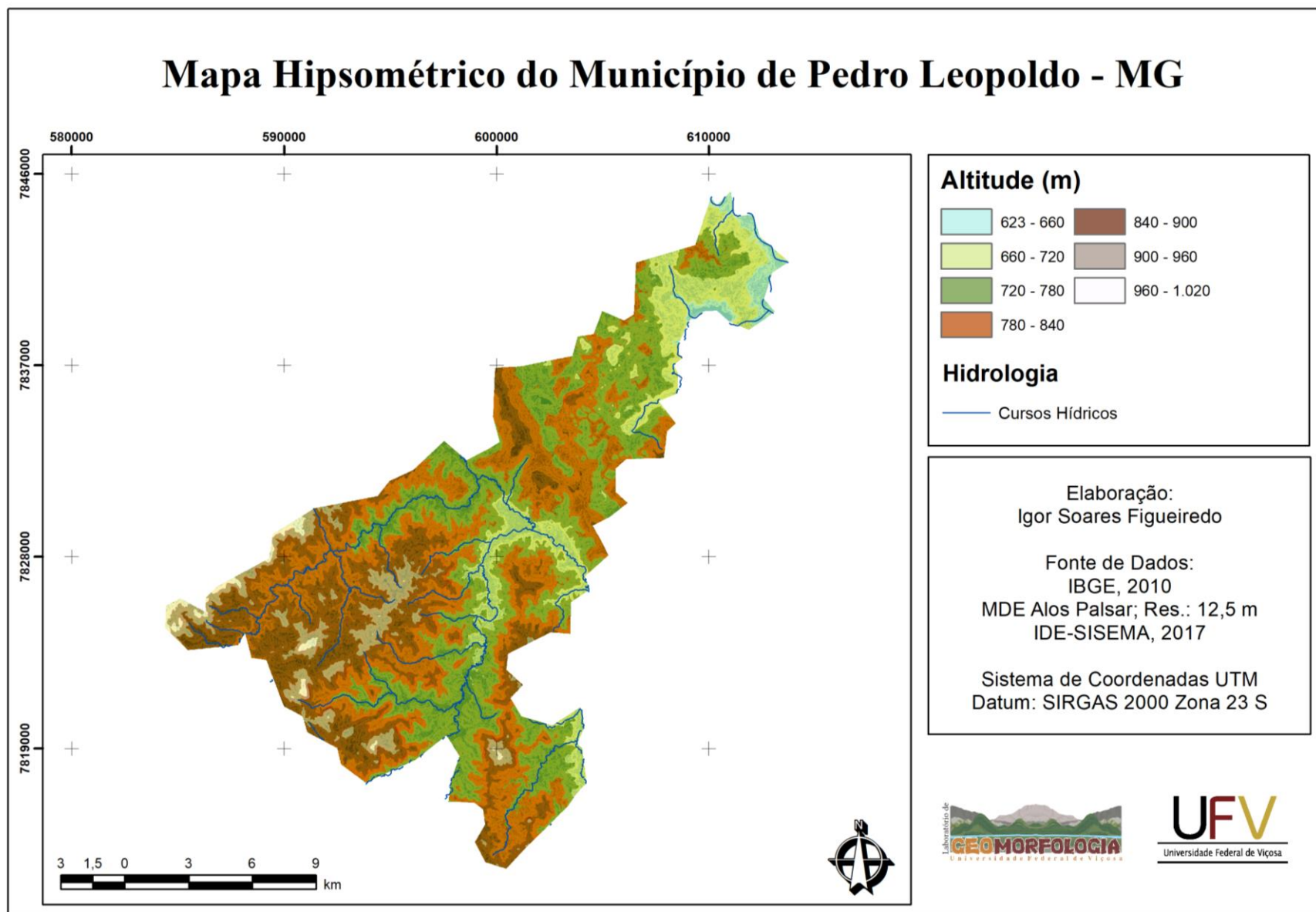
Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2 Elaboração do Mapa Hipsométrico

O Modelo Digital de Elevação – MDE Alos Palsar também foi utilizado para gerar o mapa Hipsométrico do município. Neste caso, adicionou-se o MDE e alterou-se as classes em *Layer Properties > Symbology > Classified > Classify*, para o intervalo de 60 metros entre as cotas altimétricas, para melhor adequar às feições do município em estudo.

Acrescentou-se, por fim, a hidrografia da região por meio do mesmo método empregado na construção do mapa de declividade conforme citado no tópico anterior. Desse modo, observa-se como a hidrografia comporta-se de acordo com a altimetria, seguindo as variações de altitude do município, que variam de 623 a 1020 metros. Abaixo, observa-se na Figura 16 o mapa elaborado:

Figura 16 - Mapa Hipsométrico do Município de Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.3 Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação da terra, utilizou-se a imagem *Sentinel-2* de resolução espacial 12,5m, como base, a partir de onde, por meio da classificação supervisionada utilizando o algoritmo *Maximum Likelihood Classification – MAXVER*, foram coletados pixels de referência para treinar o algoritmo do classificador. Desse modo, criou-se uma assinatura espectral por meio da ferramenta *Create Signatures* (disponível em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tools*). Durante o processo de coleta de pixels e treinamento do classificador, dividiu-se os pontos em 4 classes: mata, pastagem, solo exposto / uso agrícola e área construída / explorada. Também se optou por incluir a hidrografia do município, correlacionando-a então, com o uso e ocupação da terra, por meio do mesmo processo no item 3.3.1.

Em seguida, para avaliar a acurácia do resultado obtido na classificação, calculou-se o índice Kappa, que representa o índice de concordância, variando de 0 a 1, em que 0 indica concordância nula e 1 concordância perfeita, conforme aponta Landis e Koch (1977) na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Índice de Concordância Kappa

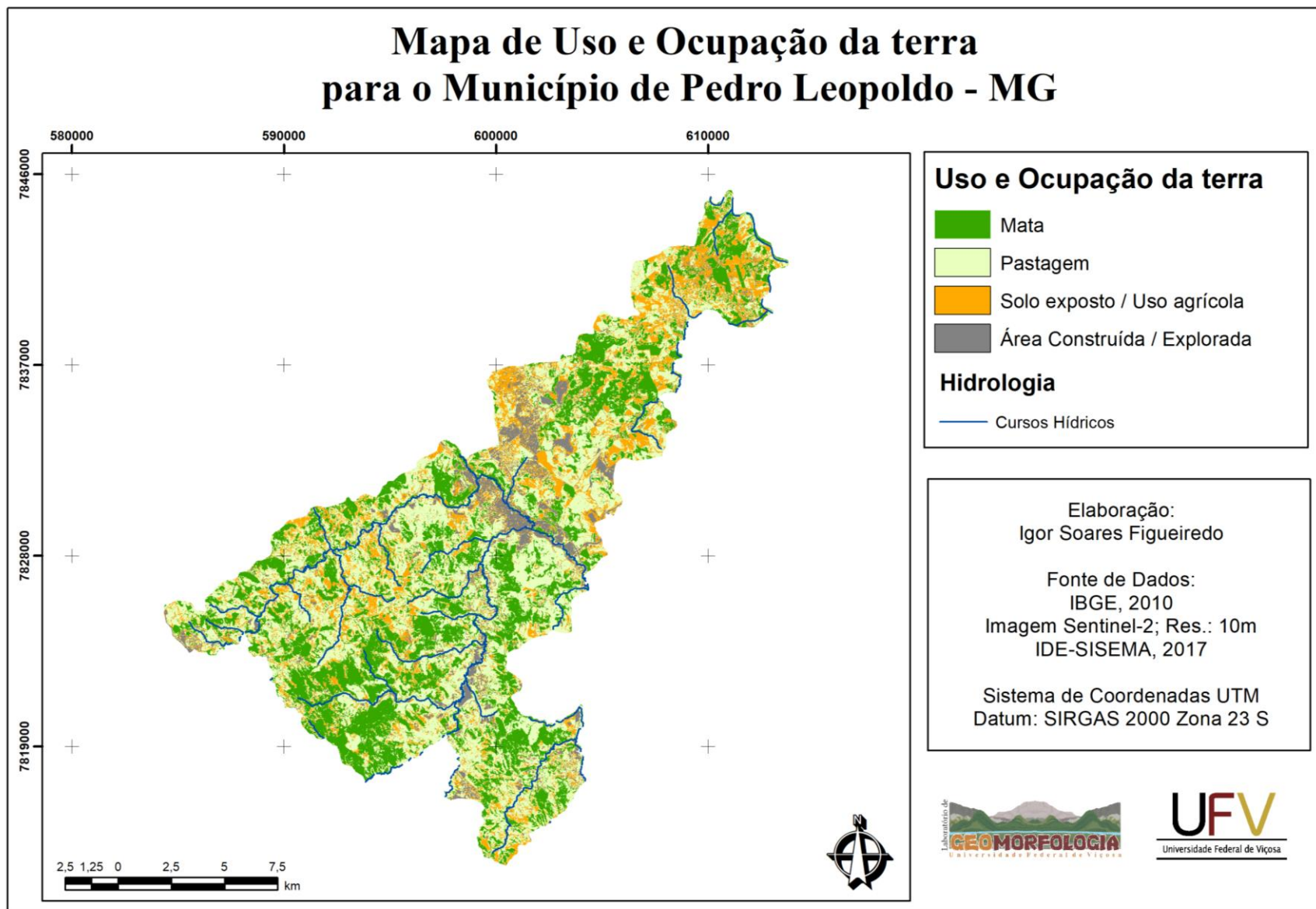
Índice Kappa (k)	
Coeficiente Kappa (k)	Concordância
0 - 0,20	Ruim
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Bom
0,61 - 0,80	Muito Bom
0,81 - 1	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Kock (1977).

O índice Kappa obtido foi de 73,27, o que representa um nível muito bom de concordância, indicando uma legitimidade das informações interpretadas.

O mapa obtido então, está apresentado abaixo na Figura 17:

Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação da terra para o Município de Pedro Leopoldo - MG



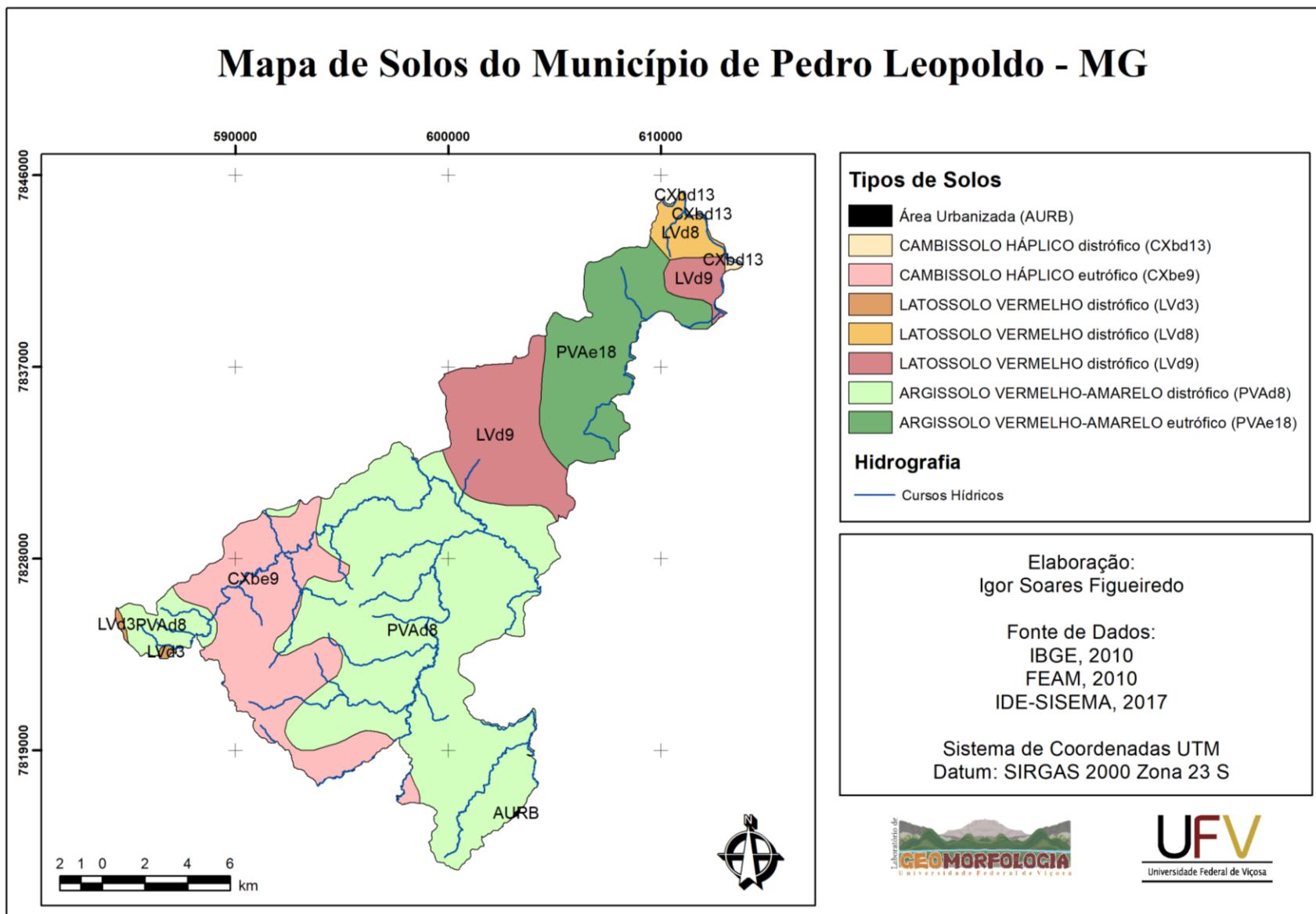
Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.4 Elaboração do Mapa de Solos

Como último fator a se considerar dentre os critérios para o mapa de risco de inundação, segundo a metodologia proposta por Santos et. al. (2010), elaborou-se o mapa de solos de Pedro Leopoldo. Para tanto, utilizou-se a base de dados pedológicos do Estado de Minas Gerais disponibilizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) em forma de *shapefile* na escala 1:650.000. Em seguida utilizou-se a ferramenta *Clip* no menu *Geoprocessing*, utilizando como limite o *shapefile* de municípios da cidade em estudo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por fim, classificou-se os solos de acordo com as informações presentes na Tabela de Atributos do *shapefile* de solos do estado utilizado e acrescentou-se a hidrografia da mesma forma como nos demais mapas aqui apresentados.

Abaixo, na Figura 18, pode-se observar o mapa de solos gerado:

Figura 18 - Mapa de Solos do Município de Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.5 Análise Hierárquica para a elaboração do Mapa de Risco de Inundação

Para poder-se aplicar a Análise Hierárquica (AHP) proposta por Saaty (1977), é preciso uma reclassificação dos mapas produzidos, isto é, das classificações de cada mapa dentro de uma ponderação da relevância de cada característica desses mapas para o caso de inundações, seguindo a seguinte ordem de susceptibilidade conforme aponta Santos et. al. (2010) na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Índice de susceptibilidade à inundação

Susceptibilidade à inundação	Notas
Menos susceptível	0
Mais susceptível	10

Fonte: adaptado de Santos et al. (2010)

Observa-se, pois, uma escala crescente (de 0 à 10) à susceptibilidade à inundação, em que 0 apresenta pouca susceptibilidade e 10 apresenta muita susceptibilidade. Para cada variável ambiental mapeada, será feita então, a ponderação de acordo com as características de cada classe apresentada em cada mapa.

Para o mapa de Declividade, seguiu-se as notas apresentadas na própria metodologia apresentada por Santos et al. (2010), conforme observa-se na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Notas das Classes de Declividade

Classes de Declividade (%)	Nota
0 - 3% (plano)	10
3 - 8% (suavemente ondulado)	9
8 - 20% (ondulado)	5
20 - 45% (fortemente ondulado)	3
45 - 75% (montanhoso)	1
> 75% (escarpado)	1

Fonte: adaptado de Santos et al (2010)

Feito isso, gerou-se um novo mapa com as devidas notas classificando as classes de declividade. Nota-se que certas classes, antes separadas no mapa original de declividade, apresentarão, após a reclassificação, notas iguais, tendo, portanto, a mesma susceptibilidade, como é o caso dos relevos montanhosos e escarpado. A reclassificação foi feita por meio da ferramenta *Reclassify* disponível em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tool > Reclass*. Foram estabelecidas 6 classes, conforme a classificação de relevo pela Embrapa.

O mesmo procedimento foi feito para a reclassificação do mapa de Hipsométrico, tendo, porém, adotado as seguintes notas para as cotas altimétricas, conforme a Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Notas das cotas de Altitude

Altitude (m)	Nota
623 - 660	10
660 - 720	9
720 - 780	8
780 - 840	6
840 - 900	5
900 - 960	4
960 - 1020	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os mapas de uso e ocupação da terra e solos, o mesmo processo foi adotado, chegando aos seguintes resultados, apresentados nas Tabelas 5 e 6:

Tabela 5 - Notas dos Usos e Ocupação da terra

Uso e Ocupação da Terra	Notas
Área Construída / Explorada	9
Pastagem	8
Solo exposto / Uso Agrícola	7
Mata	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Notas dos Tipos de Solos

Tipo de Solo	Nota
Cambissolos	3
Argissolos	4
Latosolos	6

Fonte: Elaborado pelo autor

Classificou-se ambos os mapas, também segundo a metodologia proposta por Santos et. at. (2010).

Com os mapas temáticos ponderados, aplica-se então, o método de Análise Hierárquica (AHP) apresentado por Saaty (1977). Tal método visa uma melhor representação do problema através de níveis hierárquicos, por meio da ponderação de cada variável ambiental, seguindo uma escala de relevância dentro do problema. Em outras palavras, a cada mapa serão atribuídos valores comparativos entre eles dentre um grau de relevância para a ocorrência do problema. Tal hierarquia é apresentada por Saaty (1977) na Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Escala de Comparadores

Valores	Importância
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Santos et. al. (2010)

Conforme aponta Santos et. al. (2010) essa fase de escolha dos valores, é um dos momentos de maior importância para se conseguir alcançar um resultado concreto na elaboração do mapa de risco de inundação.

Assim, tem-se que as quatro variáveis mapeadas serão comparadas entre si de modo a se hierarquizar cada variável no problema da inundação, por meio da Matriz de Comparação Pareada proposta por Santos et. al. (2010) e apresentada na Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 - Matriz de Comparação Pareada

Fatores	Tipo de Solo	Uso do Solo	Altitude	Declividade
Tipo de Solo	1	1/3	1/5	1/7
Uso do Solo	3	1	1/3	1/5
Altitude	5	3	1	1/3
Declividade	7	5	3	1

Fonte: Santos et. al (2010)

Pela tabela, observa-se, portanto, que a variável declividade se configura como a de maior importância perante as demais, tendo o tipo de solo como fator menos importante. É válido pontuar também que cada categoria quando comparada com si mesma, apresenta valor 1, isto é, de acordo com a Escala de Comparadores (Tabela 7), quando um fator é comparado consigo mesmo, só poderia apresentar resultado 1 (igualmente importante a).

Tendo em mãos a Matriz de Comparação Pareada, calculou-se então, os pesos estatísticos para cada variável. Este processo é realizado por meio de duas etapas: 1) se calcula

o quociente entre cada valor da matriz pela soma da coluna a que ele pertence; 2) obtém-se a média aritmética de cada linha da tabela. Tais valores são apresentados na Tabela 9 abaixo:

Tabela 9 - Matriz de Comparação Pareada com os valores de Peso

Fatores	Solo	Uso	Altitude	Declividade	Peso
Solo	$1/16 = 0,0625$	$0,33/9,33 = 0,0357$	$0,20/4,53 = 0,0441$	$0,14/1,68 = 0,0852$	0,0568
Uso	$3/16 = 0,1875$	$1/9,33 = 0,1071$	$0,33/4,53 = 0,0735$	$0,20/1,68 = 0,1193$	0,1218
Altitude	$5/16 = 0,3125$	$3/9,33 = 0,3214$	$1/4,53 = 0,2206$	$0,33/1,68 = 0,1988$	0,2633
Declividade	$7/16 = 0,4375$	$5/9,33 = 0,5357$	$3/4,53 = 0,6618$	$1/1,68 = 0,5966$	0,5578

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, pode-se então gerar o mapa de susceptibilidade ao risco de inundação do município, por meio da ferramenta *Raster Calculator* disponível em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra*. Nessa função, exige-se uma fórmula para o cálculo necessário para se gerar o mapa, conforme Santos et. al (2010) nos apresenta:

$$> \text{Risco de Inundação} = 0,5578 * \text{declividade} + 0,2633 * \text{Altitude} + 0,1218 * \text{Uso} + 0,0568 * \text{Solo}$$

Após gerar o mapa, alterou-se em *Layer Properties > Symbology* os intervalos das classes de modo a se obter no final as 5 classificações de susceptibilidade ao risco de inundação conforme aponta-se Santos et. al. (2010), sendo elas: Baixo-Baixíssimo Risco, Médio-Baixo Risco, Médio Risco, Alto-Médio Risco, Altíssimo-Alto Risco.

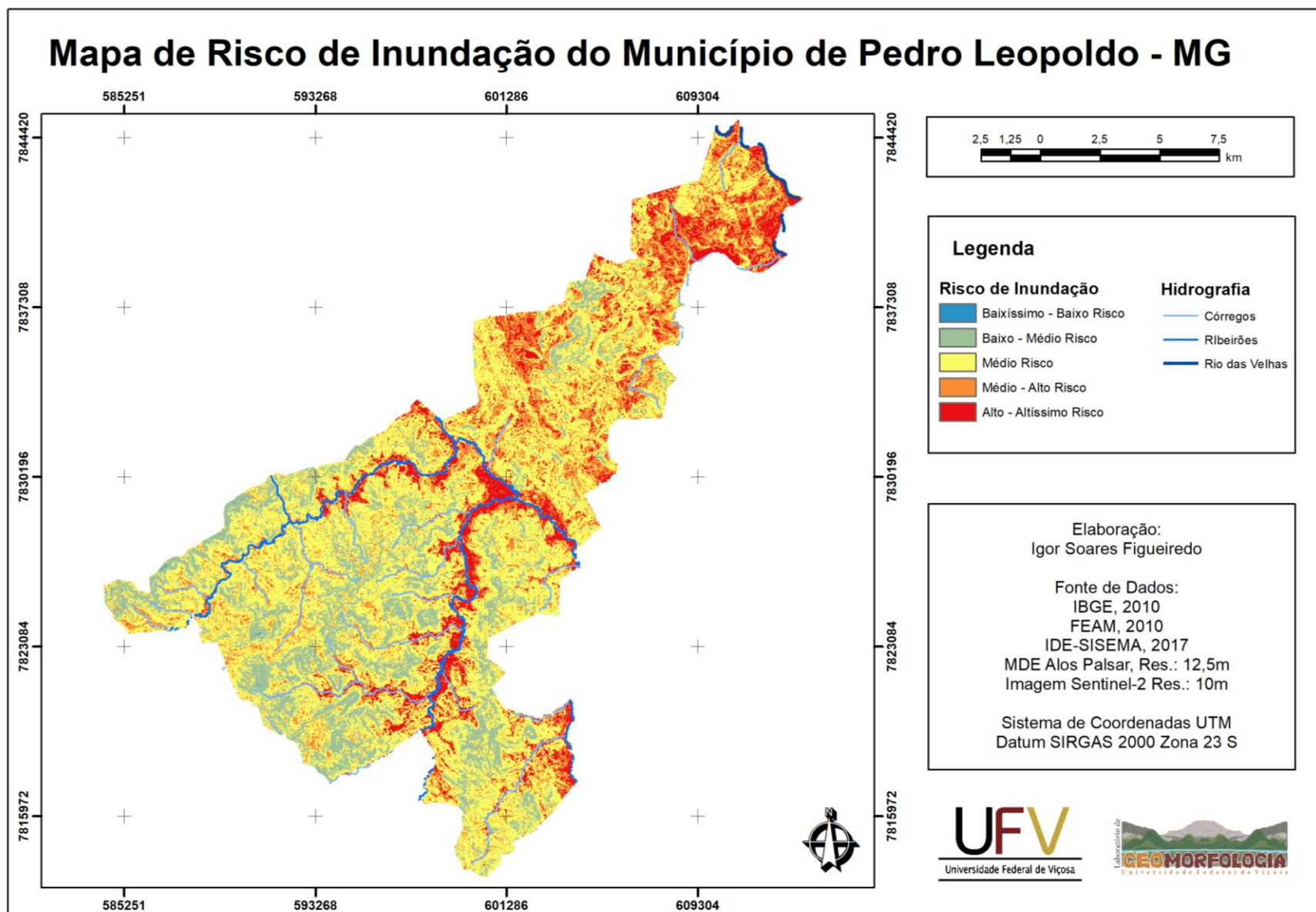
Para o *Layout* final do mapa optou-se pelo esquema de cores *Prediction* disponível em *Layer Properties > Symbology > Classified > Color Ramp*, de modo a melhor compor a imagem afim de se tornar mais legível a leitura do resultado. Por fim, acrescentou-se a hidrografia do município para possibilitar uma melhor análise do resultado obtido pensando-se nas correlações entre as variáveis estudadas.

De modo a enriquecer esta pesquisa e propor debates e análise quanto a metodologia adotada, também se gerou um mapa de risco de inundação semelhante ao aqui explicitado, porém, tendo como classificação apenas 3 classes. Isso foi feito alterando-se em *Layer Properties > Symbology* a quantidade de intervalos, mantendo o mesmo esquema de cores, *Prediction*, para que ficasse mais visível ao comparar os dois mapas finais. Tais mapas serão apresentados na seção a seguir, juntamente com as discussões e resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado do processo aplicado pela metodologia acima descrita, obteve-se o Mapa de Risco de Inundação do Município de Pedro Leopoldo abaixo:

Figura 19 - Mapa de Risco de Inundação do Município de Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em vista o material produzido, compilado e analisado ao longo desta pesquisa, podemos pontuar algumas questões relevantes no que diz respeito à susceptibilidade ao risco de inundação do município de Pedro Leopoldo. As variáveis consideradas neste estudo levam como critérios base a correlação com dois fatores essenciais para os casos de inundação: a drenagem da água e a permeabilidade do solo.

Conforme discutido no referenciamento teórico deste trabalho, os casos de inundação ocorrem pelo acúmulo de água que extravasa o leito do rio e atinge pontos com ocupações humanas, sendo que tal evento tem como principal causa a impermeabilização dos solos das proximidades que acabam por afetar drasticamente na capacidade de drenagem. Portanto, conforme o mapa de risco de inundação aponta, regiões com forte adensamento da ocupação antrópica com construções, moradias, comércio, indústrias, etc, como é o caso do centro (sede) do município, apresentaram risco elevado de inundação, ao passo que em regiões com menor ocupação, o risco era menor. Porém, tais fatores não devem ser levados em consideração de forma isolada, mas sim, integrada. Sendo assim, em primeiro lugar, busca-se uma breve discussão sobre cada variável ambiental mapeada, de modo a pontuar fatos relevantes observados e obtidos com a elaboração dos mapas base, para em seguida, analisar o mapa final com todas as informações de forma integrada.

Conforme observa-se no Mapa de Declividade e na Tabela 10 a seguir, predomina no município as categorias Plano, Suave Ondulado e Ondulado, com alguns pontos de maior declive na porção sul-sudoeste nas proximidades das nascentes do Ribeirão do Urubu e Ribeirão das Neves.

Tabela 10 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Declividade

Declividade		
%	Classe	Área (%)
0 – 3	Plano	25,95
3,1 – 8	Suave ondulado	28,87
8,1 – 20	Ondulado	21,98
20,1 – 45	Forte ondulado	14,11
45,1 – 75	Montanhoso	7,05
>75	Escarpado	2,04

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à hipsometria, observa-se presença de maiores cotas na porção sul, oeste e sudoeste do município, enquanto na porção nordeste, são notadas as menores cotas, o que se justifica pelo desnível em direção ao Rio das Velhas que limita o território do município nessa

porção. Na região central, sobretudo onde o Ribeirão da Mata corta a cidade, observa-se uma região relativamente plana (cota 660 – 720m) onde justamente se insere a sede do município. Na Tabela 11 abaixo, pode-se observar a relação das áreas das cotas altimétricas do município:

Tabela 11 - Altitudes e percentual da área de cada altitude do mapa Hipsométrico

Hipsometria	
Altitude (m)	Área (%)
623 – 660	5,52
660 – 720	16,06
720 – 780	23,03
780 – 840	20,05
840 – 900	17,15
900 – 960	12,91
960 – 1020	5,28

Fonte: Elaborado pelo autor

A área construída / explorada representa 8,94% do território, predominando na porção central do município (em que se localiza a Sede), coincidindo com o trecho em que o Ribeirão da Mata corta o território pedroleopoldense, e norte, no distrito de Fidalgo, e bairros próximos. Os solos expostos representam 15,88%, as pastagens 43 % e as matas 32,18%. Nota-se, portanto, uma ocupação intensiva na região próxima ao leito do Ribeirão da Mata, na porção central da cidade, enquanto que nas porções periféricas predomina-se o uso da terra para agropecuária (pastagens e uso agrícola), o que é explicado pelo caráter histórico da origem e desenvolvimento da cidade com dependência do ribeirão para atividades produtivas, conforme apresentado nesta pesquisa. A Tabela 12 abaixo, ilustra esses dados de uso e ocupação:

Tabela 12 - Usos e percentual da área de cada uso e ocupação do município

Uso e Ocupação	
Usos	Área (%)
Mata	32,18
Pastagem	43
Solo Exposto / Uso Agrícola	15,88
Área Construída / Explorada	8,94

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, conforme se observa no Mapa de Solos do município, tem-se de forma majoritária os Argissolos (PVAd8 e PVAe18), representando 65,8% do território, sobretudo na região central do território municipal, tendo também, a presença de Latossolos Vermelhos

(LVd3, LVd8 e LVd9), com 15,5% da área e os Cambissolos Háplicos (CXbd13 e CXbe9), ocupando 18,7%.

De acordo com o mapa elaborado, por meio da análise multicritério, pode-se compilar as informações de forma a se obter as áreas com maior e menor susceptibilidade ao risco de inundação. Seguindo a metodologia proposta por Santos et. al (2010), obteve-se um mapa final com 5 classes de risco de inundação, sendo elas: Baixíssimo – Baixo risco, Baixo – Médio risco, Médio risco, Médio – Alto risco, Alto – Altíssimo risco. É válido pontuar que, não é porque uma área apresente risco baixíssimo – baixo que esta área não pode vir a ser inundada, mas sim, todas as áreas apresentam riscos, porém em diferentes medidas.

As áreas de menores risco correspondem às porções de maior declividade, maior altitude e menor intensidade de ocupação do solo pelo ser humano, representando 15,58% (Baixíssimo – Baixo risco) da área total estudada. Estas áreas possuem um risco menor devido a uma maior facilidade de se escoar e drenar a água, sendo elas, áreas com mais vegetação (o que auxilia na absorção de água pelo solo e reduz o escoamento superficial) e maior declividade (o que direciona a água para regiões mais baixas). Aqui se faz necessário chamar a atenção para a análise integrada que deve ser feita, compilando e analisando não só uma variável, mas sim o conjunto delas, pois, conforme podemos exemplificar, uma área declivosa pode ser de alto risco de inundação, caso esteja numa porção mais próxima do curso hídrico, como é o caso do Ribeirão da Mata no centro (sede) de Pedro Leopoldo, que possui vertente do leito bem escarpada. Numa condição mediana de risco de inundação, o território possui 30,14% (Baixo – Médio risco) e 33,5% (Médio risco). Já as áreas com maiores índices de risco de inundação ocorrem nas proximidades aos leitos dos rios, nas proximidades das lagoas e lagos presentes no município, bem como nas áreas com maior intensidade de impermeabilização do solo devido à ocupação antrópica, o que interfere no escoamento superficial da água. Tais áreas representam 8,66% (Médio – Alto risco) e 12,12% (Alto- Altíssimo) da área total do território e também se configuram, de forma geral, como as áreas de relevo mais aplainado, menos declivoso e de menores altitudes. A Tabela 13 abaixo, apresenta os valores em percentual da área de cada classe de risco:

Tabela 13 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Risco de Inundação

Risco de Inundação	
Classe	Área (%)
Baixíssimo - Baixo	15,58
Baixo - Médio	30,14
Médio	33,5
Médio - Alto	8,66
Alto - Altíssimo	12,12

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se, por fim, que tais resultados se justificam de acordo com a metodologia adotada de ponderação das variáveis. A correta correlação de cada fator diante do problema apresentado é crucial para se obter um resultado concreto e representativo. A análise multicritério representa um método importante para o delineamento da tomada de decisão, visto seu caráter de analisar diversas variáveis e condicionantes de forma integrada.

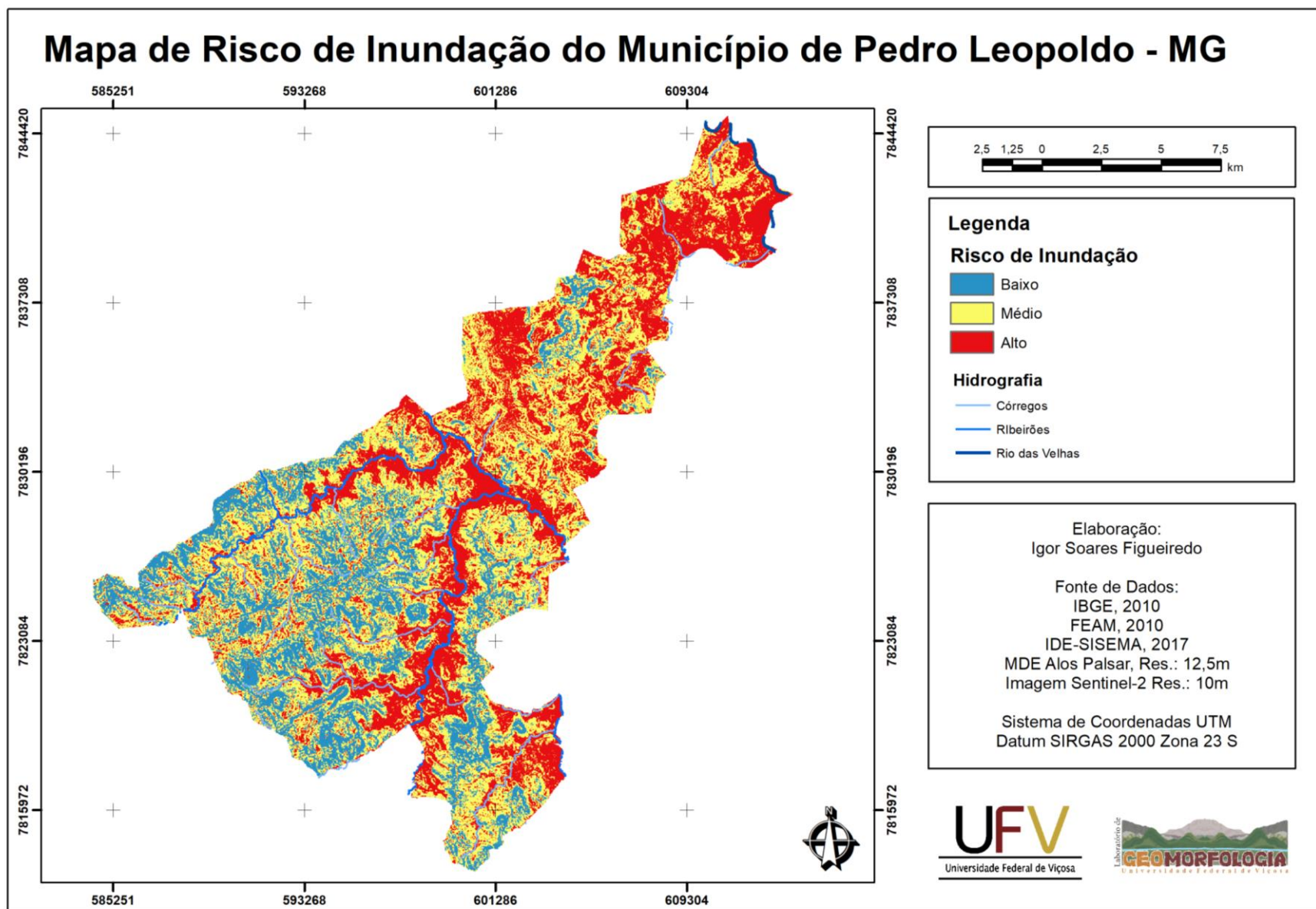
De forma a se propor um diálogo com a metodologia adotada, foi elaborado também, um mapa de risco de inundação, seguindo os mesmos métodos propostos por Santos et. al. (2010), porém, adaptado, reclassificando, no fim, para que o mapa apresente 3 classes de risco apenas, sendo elas: Baixo, Médio e Alto. Tal adaptação foi escolhida pensando-se em dois motivos principais que a justificam:

1) a visibilidade do problema em questão no mapa, de modo a tornar mais inteligível a informação obtida, tendo um maior contraste entre as cores das classes especificadas;

2) o tratamento, por parte de quem irá usufruir do mapa, da informação nele mostrada, pois, pensando-se no caso da inundação, áreas que apresentam médio, médio-alto e alto-altíssimo risco, são áreas mais problemáticas e sujeitas a sofrer com as enchentes, o que por parte do poder público e dos responsáveis pela gestão, devem ser consideradas áreas principais de atuação das ações em prol da mitigação do problema, e não somente as áreas com risco alto – altíssimo;

O mapa adaptado é mostrado na Figura 20 abaixo:

Figura 20 - Mapa de Risco de Inundação do Município de Pedro Leopoldo - MG



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode-se observar, obteve-se uma acentuação nas áreas consideradas de maior risco, que passou a englobar áreas antes tidas como Médio – Alto e Alto – Altíssimo risco no mapa anterior com 5 classes. Também, ficou mais evidente as áreas de baixo risco, tendo em vista que tais áreas coincidem com as áreas de maiores altitudes no município, o que para casos de inundação tendem a ser regiões de menores risco, sobretudo quando se tem cursos hídricos cortando o relevo e direcionado o escoamento para porções menos elevadas.

Outro detalhe importante a se destacar é como o mapa final apresentou um caráter mais alarmante quanto a situação de inundação, tendo em vista os valores de percentual de área inserida em cada classe, conforme aponta a Tabela 14 abaixo:

Tabela 14 - Classes e percentual da área de cada classe do mapa de Risco de Inundação

Risco de Inundação	
Classe	Área (%)
Baixo	20,43
Médio	42,62
Alto	36,95

Fonte: Elaborado pelo autor

No mapa produzido de acordo com a metodologia de Santos et. al (2010) obteve-se cerca de 20% da área como sendo de Médio – Alto e Alto – Altíssimo risco, enquanto que no mapa adaptado, obteve-se 36,95% da área. Observa-se na Figura 20, que mais áreas foram consideradas de alto risco, sobretudo no entorno da classe Alto – Altíssimo do mapa apresentado na Figura 19. As áreas de médio risco, correspondem a 42,62% do território, sendo, portanto, parte majoritária do município. Já as áreas de baixo risco representam 20,43%, enquanto que no primeiro mapa, as classes Baixíssimo – Baixo e Baixo – Médio, somam, 45,72%, tendo aí uma redução considerável.

Diante disse, pode-se dizer que ambos mapas possuem suas particularidades correspondentes a cada modelo de abordagem apresentado. Por ter mais classes, o primeiro mapa deixou pouco visível as regiões de baixíssimo risco de inundação, enquanto que as regiões de altíssimo risco não englobaram por completo as áreas que, historicamente, são tidas como as mais problemáticas em casos de inundações na cidade, como é o caso da Lagoa de Santo Antônio, localizada pouco mais ao norte da sede. Em contrapartida, o mapa adaptado englobou muitas áreas de risco alto, além de reduzir as de baixo risco, nessa simbologia adotada. Porém, apesar de tais apontamentos, pode-se dizer, tendo em vista o conhecimento histórico de vivência no município, corroborado por toda a pesquisa e coleta de informações apresentadas neste

trabalho, que ambos os mapas apresentaram boa representatividade do risco de inundação de Pedro Leopoldo, servindo como boa fonte de informação para se levar em consideração tanto pela população quanto pelo poder público.

As inundações são eventos naturais que sempre ocorreram no meio físico. Porém, com a intensificação das formas de ocupação do território, sobretudo em locais impróprios e de risco, tais eventos passaram a atuar como mais uma problemática na realidade cotidiana da população. Com as informações aqui geradas e obtidas, é possível propor ações de modo a mitigar tais impactos, configurando como uma importante ferramenta de análise.

Sendo assim, se mostra imprescindível a atuação do poder público quanto às ações em prol da melhoria da organização e estruturação do uso e ocupação da terra no município. Tendo em vista o longo histórico de casos de inundação que a cidade já sofreu e ainda sofre, cabe aos responsáveis tomada de decisões com o intuito de se proporcionar tanto uma reeducação na população quanto a irregularidade de ocupação e descarte de lixo, fatores estes que influem na drenagem e vazão da água, mas também, uma regulamentação propícia que promova o respeito às leis ambientais de preservação do recurso água. É fundamental levar sempre em consideração o meio físico como fator preponderante, pois ao ignorá-lo acarretam-se diversas dificuldades cujas soluções se mostram difíceis de serem reparadas, sobretudo quanto a condições ambientais inerentes ao ser humano, e, portanto, a vida, como é o caso da água. O equilíbrio é a base na qual se sustenta o meio natural, é, assim, essencial ao ser humano a manutenção desta dinâmica relação sociedade x natureza.

5 CONCLUSÕES FINAIS

A partir das análises e resultados obtidos e discutidos neste trabalho, podemos inferir algumas conclusões acerca da susceptibilidade ao risco de inundação no município de Pedro Leopoldo – MG:

- A metodologia aplicada se mostrou eficiente para a elaboração do mapa de risco de inundação de acordo com as variáveis ambientais consideradas.

- O mapa adaptado produzido também apresentou um resultado satisfatório, apresentando um caráter mais contrastante quanto as classes de risco de inundação, podendo também ser levado em consideração em futuros estudos e análises.

- A Análise Hierárquica (AHP) utilizada neste trabalho, representa fator crucial na elaboração do mapeamento final, tendo em vista a importância não só de se considerar as variáveis ambientais mais relevantes para o caso, quanto para ponderá-las de acordo com a susceptibilidade ao problema.

- As áreas de ocupação humana apresentam maiores riscos de inundação, justamente devido a intensa impermeabilização dos solos pelas construções e ocupação indevida de regiões próximas às várzeas dos rios.

- Como esperado, regiões de menores cotas altimétricas e de declividade são regiões mais propensas à inundação por serem os locais em que o fluxo dos rios corre, e que em situações de intensa precipitação, configurar regiões de alagamento.

- Apesar de também ser fator crucial quanto ao risco de inundação, os tipos de solos do município não impactaram de forma tão significativa para o mapeamento final, tendo em vista que as demais variáveis consideradas, se mostraram mais diretamente relacionadas com as principais causas de ocorrência do problema.

- O estudo realizado nesta pesquisa se mostra eficaz pois coincide com os principais casos e relatos históricos de inundações no município.

- Nota-se a relevância das ferramentas das Geotecnologias no cotidiano, configurando-se como importante técnica para aplicações em diversos setores de interesse, como o planejamento urbano territorial e análises ambientais e de recursos, servindo como poderoso instrumento norteador para o poder público e tomada de decisões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Órgãos Gestores. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/orgaos-gestores>. Acesso em: 15 de abril de 2019.
- ANA. Comitês de Bacias Hidrográficas. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica/comite-de-bacia-hidrografica>. Acesso em: 15 de abril de 2019.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: março de 2019.
- CLAVAL, Paul. **A Geografia Cultural**. Florianópolis. Editora da UFSC. 1999. 454 P.
- CORRÊA, Roberto Lobato & ROZENDAHL, Zeny (orgs.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998
- COSGROVE, Denis. **A geografia está em toda parte: Cultura e simbolismo nas paisagens humanas**. In: CORRÊA, Roberto Lobato & ROZENDAHL, Zeny (orgs.). *Paisagem, Tempo e Cultura*. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998.123p. p.92-123
- DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DO PLANO DIRETOR DE PEDRO LEOPOLDO. Instituto de Estudos Pró-Cidadani – PRÓ-CITTA. Pedro Leopoldo, 2014.
- ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná**. 2004. Dissertação (Mestre em Engenharia de recursos hídricos e ambiental) – Setor de tecnologia. Universidade Federal do Paraná, 2004.
- GOMES, L. F. A. M. et. al. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.
- GOMES, Paulo Cesar da Costa. **Geografia e Modernidade**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. 368p.
- GRANBEL. **História de Pedro Leopoldo/MG**. Publicado em Fevereiro 2011.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pedro-leopoldo/panorama>. Acesso em: 22 de março de 2019.
- HORA, S. B. da; GOMES, R. L. **Mapeamento e Avaliação do Risco a Inundação do Rio Cachoeira em Trecho da Área Urbana do Município de Itabuna/BA**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2>. Acesso em: 20 de abril de 2019
- INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. SPRING versão 4.1. São Paulo: INPE, 2004. Disponível em <http://www.inpe.br>.
- ISDR, International Strategy for Disaster Reduction, ONU. **Guidelines for Reducing Flood Losses** (Diretrizes para Reduzir Perdas em Inundações) (PDF). Escritório para Redução de

Riscos das Nações Unidas. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/558_7639.pdf. Acesso em: 28 de março de 2019

Instituto Geológico do Estado de São Paulo. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2009. São Paulo: Instituto Geológico do Estado de São Paulo. pp. Pg. 41 e seguintes

LANDIS, J.R.; KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. *Biometrics*. Washinton, DC. p. 159-174, 1977. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529310>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. **Parâmetros Físicos para Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conveitos de Bacias Hidrográficas - teorias e aplicações**. EDITUS – Editora da UESC. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Ba. 2002.

NEVES, Walter Alves; PILÓ, Luís Beethoven. **O Povo de Luzia – em busca dos primeiros americanos**. São Paulo, Editora Globo, 2008

MARTINS, Marcos Lobato. **Pedro Leopoldo: memória histórica**. 2. Ed. Pedro Leopoldo: Gráfica e Editora Tavares, 2006.

MENESES, P. R. ALMEIDA, T. de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Água. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua.html>. Acesso em: 18 de abril de 2019.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. São José dos Campos. 2002

OLIVEIRA, Livia de.; MACHADO, Lucy Marion Calderini Philadelpho. **3º Encontro Interdisciplinar sobre o estudo da paisagem**. Rio Claro: UNESP, 1998. v.1. 154 p. (Cadernos Paisagem/Paisagens).

Pedro Leopoldo. Prefeitura. 2015. Disponível em: <http://www.pedroleopoldo.mg.gov.br/a-origem-da-cidade-e-a-emancipacao-do-municipio>. Acesso em: 25 de março de 2019.

Pedro Leopoldo (MG). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Pedro Leopoldo**. Cômite de Bacias Hidrográficas Rio das Velhas. 2015. Disponível em: <http://cbhvelhas.org.br/wp-content/uploads/2018/12/P2-Pedro-Leopoldo-24-04-15-Vers%C3%A3o-Final.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2019

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos; DEL PRETTE, M. E.. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conveitos de Bacias Hidrográficas - teorias e aplicações**. EDITUS – Editora da UESC. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Ba. 2002.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, SP. 2010

RIBEIRO, C. A. D. **Apostila de Introdução ao Geoprocessamento**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. 2008.

ROSA, Roberto. **Introdução Ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento. 2013

SAATY, T. L. A. **Scaling method for priorities in hierarchical structures**. *Journal of mathematical psychology*, 1977.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGENIO, F. C. **ARCGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. Alegre: CAUFES, 2010.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo – razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2002. 384p.

SAUER, C. O. **A Morfologia da Paisagem**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/128130038/Carl-Sauer-Morfologia-Da-Paisagem#>. Acesso em: 22 de abril de 2019.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conveitos de Bacias Hidrográficas - teorias e aplicações**. EDITUS – Editora da UESC. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Ba. 2002.

SILVA, A. D. B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003. 240 p.

SPÓSITO, Eliseu Savério. **A questão do método e a crítica do pensamento geográfico**. In: CASTRO, Iná Elias; MIRANDA, Mariana; EGLER, Cláudio. *Redescobrimo o Brasil 500 anos depois*. Rio de Janeiro: Bertand / FAPERJ, 1999. 389p. p. 347-359.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre. ABRH/RHAMA. 2007. Disponível em: <https://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf>. Acesso em: 03 de maio de 2019

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>. Acesso em: 06 de abril de 2019

TUCCI 2005 - TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. *Global Water Partnership*. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005.