

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

JULIANA DEBIASI MENEGASSO

**MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO BELO, ORLEANS, SC**

**CRICIÚMA
2019**

JULIANA DEBIASI MENEGASSO

**MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO BELO, ORLEANS, SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig

CRICIÚMA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

M541m Menegasso, Juliana Debiasi.

Mapeamento do risco de inundação na bacia hidrográfica do Rio
Belo, Orleans, SC/ Juliana Debiasi Menegasso. - 2019.
134 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2019.
Orientação: Nilzo Ivo Ladwig.

1. Inundações – Belo, Rio, Bacia (SC). 2. Percepção ambiental. 3.
Planejamento territorial. 4. Vulnerabilidade socioambiental. 5.
Geoprocessamento. 6. Cartografia. I. Título.

CDD 23. ed. 363.3493

Bibliotecária Eliziane de Lucca Alosilla – CRB 14/1101
Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC

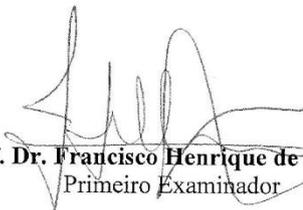


UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
Pró-Reitoria Acadêmica
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

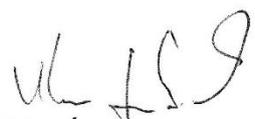
PARECER

Os membros da Comissão Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata **JULIANA DEBIASI MENEGASSO**, sob o título: “**Mapeamento do risco de inundação na bacia hidrográfica do rio Belo, Orleans, SC**”, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

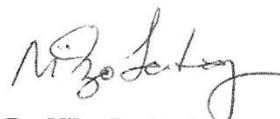
Criciúma/SC, 06 de fevereiro de 2018.



Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira
Primeiro Examinador



Prof. Dr. Álvaro José Back
Segundo Examinador



Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig
Presidente da Comissão e Orientadora

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a construção desta pesquisa, família, amigos, colegas, professores e demais profissionais.

AGRADECIMENTOS

Quando ingressei no mestrado, imaginei que a solidão iria me acompanhar por um longo período e que Deus seria meu único companheiro. A Ele, agradeço por me confortar nas ocasiões de solidão. Com o tempo, o destino foi me apresentando pessoas que foram de fundamental importância à realização desta pesquisa, que por serem muitas, não vou citá-las por medo de esquecer algum nome, meu muito obrigada.

Aos meus familiares e amigos, pelo carinho e pelas palavras de força.

Aos amores da minha vida, Fred e Mariah, por compreenderem minha ausência, por me apoiarem nos momentos mais difíceis, fazendo-me crescer enquanto pessoa e pesquisadora.

A minha amiga e colega de trabalho, Tayse, por ter recarregado minhas energias para voltar a estudar, por mostrar minhas qualidades enquanto profissional.

Ao professor Nilzo, por ter aceitado o desafio de me orientar, apoiando, confiando e sendo paciente na construção desta dissertação.

Aos colegas do LabPGT, principalmente ao Danrlei e a Thaise, por todo apoio, conselhos, conversas, almoços, cafés, saídas de campo, por não desistirem de mim, mostrando paciência e amizade nos momentos em que mais precisei. A vocês dois, minha eterna gratidão.

À Universidade do Extremo Sul Catarinense e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, especialmente aos professores Álvaro José Back e Teresinha Maria Gonçalves, pelas importantes contribuições na banca de qualificação.

À Valdete D. Stepaniaki, funcionária da Prefeitura Municipal de Orleans e Patrick Dagostim Costa, funcionário da agência do IBGE em Orleans, por serem solícitos na obtenção de dados fundamentais na construção da pesquisa.

À Delavi Bussolo Pizzolatti, por fornecer diversas imagens utilizadas neste trabalho.

À Genaina Coan Caciatori, por me incentivar e acreditar no meu trabalho, compreendendo minhas ausências no ambiente escolar.

“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é
o período mais difícil da vida de alguém.”

Dalai Lama.

RESUMO

As inundações, bem como os demais tipos de desastres naturais, têm ocasionado diversos prejuízos socioeconômicos e ambientais. Pesquisadores afirmam que a intensidade e frequência das inundações têm aumentado e, conseqüentemente, os danos a ela associados. Para mitigar estes danos, tem-se adotado diferentes medidas, sendo o mapeamento de áreas de risco uma delas. A bacia hidrográfica do Rio Belo, localizada no município de Orleans (SC), sofre continuamente com a ocorrência das inundações. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo analisar o risco de inundação na bacia hidrográfica do rio Belo, por meio de condicionantes naturais e sociais. Para isto, foram aplicados alguns procedimentos metodológicos no intuito de mapear as áreas de suscetibilidade, de perigo, de vulnerabilidade e de risco de inundação. Utilizou-se o modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para determinar as áreas inundáveis. Com o uso do *software* ArcGIS, foi possível espacializar as áreas de perigo, de vulnerabilidade e de risco. Por meio do modelo HAND, foram identificadas as áreas suscetíveis à inundação na bacia, com base no Modelo Digital do Terreno (MDT). A sobreposição do HAND com o inventário das inundações da bacia, entre os anos de 2003 e 2018, resultou no mapa de perigo. O índice de vulnerabilidade foi construído utilizando dados coletados no censo 2010, acrescidos dos condicionantes geográficos da bacia (altimetria, declividade, pedologia, uso e cobertura do solo). Para obter o índice de vulnerabilidade, utilizou-se o método Analytic Hierarchy Process (AHP). Cruzando o perigo com a vulnerabilidade, obteve-se o risco de inundação da bacia hidrográfica. Analisando o risco, observa-se que ele foi mais alto nas áreas de maior urbanização, onde o perigo e a vulnerabilidade são maiores. O risco médio e baixo corresponderam às áreas com menor perigo e vulnerabilidade, concentradas em áreas de transição entre o espaço urbano e o rural, ou predominantemente rural. Ao mapear o perigo, a vulnerabilidade e o risco, pôde-se concluir que o método utilizado na pesquisa apresentou resultado para gerenciar as inundações na bacia hidrográfica do Rio Belo e mérito de ser aplicado em outras áreas com situação de risco de inundação.

Palavras-chave: Cartografia; Geoprocessamento; Hidrografia.

ABSTRACT

Floods, as well as other types of natural disasters, have caused diverse socioeconomic and environmental damages. Researchers say that the intensity and frequency of floods have increased and, consequently, the associated damage. To mitigate these damages, different measures have been adopted, the mapping of risk areas being one of them. The water catchment area of Rio Belo, located in the municipality of Orleans (SC), suffers continuously with the occurrence of floods. In this context, the objective of this study was to analyze the risk of flooding in the Belo river basin, through natural and social constraints.. For this, some methodological procedures were applied in order to map the areas of susceptibility, danger, vulnerability and flood risk. The Height Above the Nearest Drainage (HAND) model was used to determine the flood areas. With the use of ArcGIS software, it was possible to spatialize areas of danger, vulnerability and risk. Through the HAND model, the areas susceptible to flooding in the basin were identified, based on the Digital Terrain Model (TDM). The overlap of HAND with the basin flood inventory between 2003 and 2018 resulted in the hazard map. The vulnerability index was constructed using data collected in the 2010 census, plus the basin's geographical conditions (altimetry, slope, pedology, use and land cover). To obtain the vulnerability index, the Analytic Hierarchy Process (AHP) was used. Crossing the danger with vulnerability, there was a risk of flooding of the river basin. Analyzing the risk, it is observed that it was higher in the areas of greater urbanization, where the danger and the vulnerability are greater. The medium and low risk corresponded to the areas with the lowest danger and vulnerability, concentrated in transition areas between urban and rural, or predominantly rural areas. When mapping the hazard, vulnerability and risk, it was concluded that the method used in the research presented results to manage flooding in the Rio Belo basin and merit to be applied in other areas with flood risk.

Keywords: Cartography; Geoprocessing; Hydrography

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Parâmetros que envolvem uma análise de risco	23
Figura 2 - Perfil esquemático do processo de enchentes e inundações	25
Figura 3 - Procedimentos para geração e fatiamento do modelo HAND	33
Figura 4 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Belo	35
Figura 5 - Limites dos bairros da bacia hidrográfica do Rio Belo	36
Figura 6 - Setores censitários da BHRB	48
Figura 7 - Fluxograma descritivo das etapas do mapeamento de risco	52
Figura 8 - Ilustração das etapas de mapeamento de risco de inundação	53
Figura 9 - Evolução da população de Orleans no período de 1940 a 2010	55
Figura 10 - Evolução da mancha urbana da BHRB.....	56
Figura 11 - Mapa das unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Belo	58
Figura 12 - Mapa pedológico da BHRB	60
Figura 13 - Mapa das áreas requeridas para mineração da BHRB	61
Figura 14 - Mapa das unidades geomorfológicas da BHRB	63
Figura 15 - Mapa de declividade da BHRB	65
Figura 16 - Mapa hipsométrico da BHRB.....	66
Figura 17 - Mapa do padrão de drenagem e ordenamento da BHRB.....	69
Figura 18 - Mapa de uso e cobertura da terra da BHRB	70
Figura 19 - Mapa de suscetibilidade de inundação na BHRB.....	72
Figura 20 - Inundação no bairro Rio Belo, em 2011	73
Figura 21 - Relevo íngreme e elevado da BHRB	74
Figura 22 - Total de chuva nos meses de verão.....	76
Figura 23 - Mapa dos inventários de registro de inundações da BHRB	77
Figura 24 - Mapa de perigo de inundações na BHRB.....	80
Figura 25 - Retificação e desassoreamento do rio Belo, bairro Cohab	81
Figura 26 - Mapa da vulnerabilidade geográfica da BHRB	83
Figura 27 - Assoreamento do rio Belo, bairro Cohab.....	84
Figura 28 - Mapa da população total por setor censitário	86
Figura 29 - Mapa do número médio de moradores por domicílio em cada setor censitário	87
Figura 30 - Mapa da densidade demográfica por setor censitário.....	88

Figura 31 - Mapa da população dependente por setor censitário	89
Figura 32 - Mapa do analfabetismo por setor censitário	90
Figura 33 - Mapa de população com baixa renda por setor censitário	91
Figura 34 - Mapa da vulnerabilidade social da BHRB.....	93
Figura 35 - Mapa da vulnerabilidade da BHRB	95
Figura 36 - Drenagem com sedimentos, bairro Alto Paraná	96
Figura 37 - Área de pastagem no bairro Bussolo	97
Figura 38 - Mapa do risco de inundação da BHRB.....	98
Figura 39 - Impermeabilização e solo exposto no bairro Lomba	100
Figura 40 - Descarte incorreto de resíduos sólidos e disposição inadequada de entulhos nos bairros Alto Paraná e Cohab	100
Figura 41 - Mapa da área urbanizada da BHRB em risco de inundação.....	101
Figura 42 - Inundação no bairro Bussolo	102
Figura 43 - Inundação no bairro Rio Belo	102
Figura 44 - Ausência da mata ciliar e presença de tubos de drenagem no bairro Bussolo.....	103
Figura 45 - Pavimentação asfáltica e solo exposto no bairro Murialdo	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).....	25
Quadro 2 - Condicionantes à ocorrência de inundação, enxurrada e alagamento.....	26
Quadro 3 - Escala fundamental AHP	32
Quadro 4 - Bairros localizados na área da BHRB	36
Quadro 5 - Fonte das informações e dados para construção dos produtos cartográficos.....	38
Quadro 6 - Inventário das inundações registradas na bacia hidrográfica do rio Belo 2003 2018	48
Quadro 7 - Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade.....	49
Quadro 8 - Paisagens geomorfológicas da BHRB.....	73
Quadro 9 - Bairros com risco de inundação de acordo com a classificação	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos do primeiro levantamento de campo	39
Tabela 2 - Classificação e ponderação das classes do condicionante altimetria	43
Tabela 3 - Classificação e ponderação das classes do condicionante declividade (continua)	43
Tabela 4 - Classificação e valoração do tipos de solo	44
Tabela 5 - Classificação e valoração das classes do fator uso e cobertura da terra.....	45
Tabela 6 - Matriz de comparação pesquisador 01	45
Tabela 7 - Matriz de comparação pesquisador 02	45
Tabela 8 - Matriz de comparação pesquisador 03	46
Tabela 9 - Pesos das condicionantes.....	46
Tabela 10 - Código dos setores e seus respectivos bairros em 2010 (continua)	48
Tabela 11 - Unidades litoestratigráficas da BHRB	59
Tabela 12 - Classificação pedológica da BHRB	60
Tabela 13 - Áreas requeridas para a mineração da BHRB	61
Tabela 14 - Unidades geomorfológicas da BHRB	64
Tabela 15 - Distribuição da declividade da BHRB	65
Tabela 16 - Distribuição hipsométrica da BHRB (continua)	66
Tabela 17 - Relação das ordens dos rios da BHRB.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANA	Agência Nacional de Águas
BHRB	Bacia Hidrográfica do Rio Belo
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CODAR	Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRED	Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EM/DAT	Banco de Dados Internacional de Desastres
FIDE	Formulário de Informações do Desastre
HAND	Height Above the Nearest Drainage
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISDR	Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres
LABPGT	Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial
MDT	Modelo Digital do Terreno
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PMO	Prefeitura Municipal de Orleans
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
SDS	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense

UNDP United Nations Development Programme

UTM Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
2 MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 DESASTRES NATURAIS	18
2.2 SUSCETIBILIDADE E PERIGO	19
2.3 VULNERABILIDADE	20
2.4 RISCO	21
2.5 INUNDAÇÕES	24
2.6 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL.....	27
2.7 GEOPROCESSAMENTO E RISCO	29
2.8 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)	31
2.9 MODELO HEIGHT ABOVE THE NEAREST DRAINAGE (HAND)	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELO	34
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS REALIZADOS NA PESQUISA	36
3.2.1 Pesquisa Documental e Pesquisa Bibliográfica.....	37
3.2.2 Elaboração da Cartografia Básica e Temática	38
3.2.3 Reconhecimento de Campo	38
3.2.4 Inventário dos registros de inundações na BHRB.....	39
3.2.5 Mapeamento da suscetibilidade a inundações.....	41
3.2.6 Mapeamento do perigo de inundações.....	41
3.2.7 Mapeamento da vulnerabilidade geográfica.....	42
3.2.8 Mapeamento da vulnerabilidade social	47
3.2.9 Mapeamento da vulnerabilidade.....	50
3.2.10 Mapeamento das áreas de risco a inundações na BHRB	51
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA	54
4.1 FORMAÇÃO HISTÓRICA DE ORLEANS E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DA BHRB	54

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BHRB	57
4.2.1 Clima.....	57
4.2.2 Geologia	57
4.2.3 Pedologia	59
4.2.4 Recursos Minerais	60
4.2.5 Geomorfologia.....	62
4.2.6 Declividade	64
4.2.7 Altimetria	66
4.2.8 Vegetação.....	67
4.2.9 Hidrografia.....	68
4.2.10 Uso e cobertura da terra	70
4.3 MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NA BHRB	71
4.4 INVENTÁRIO DAS INUNDAÇÕES REGISTRADAS NA BHRB	74
4.5 MAPEAMENTO DO PERIGO DE INUNDAÇÕES NA BHRB.....	79
4.6 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE GEOGRÁFICA	81
4.7 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIAL.....	85
4.8 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE NA BHRB	94
4.9 MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA BHRB	97
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE	117
APÊNDICE A – SINTETIZAÇÃO DO TRABALHO DE CAMPO PARA VALIDAÇÃO DO MAPA DE RISCO DE INUNDAÇÃO DA BHRB	107

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Santos (2008), a partir da metade do século XX, houve uma inversão quanto ao local de residência da população brasileira, sendo que a taxa de urbanização, que era de 26,35% em 1940, alcança 68,86% em 1980, ou seja, a população urbana passa de 10.891.000 para 82.013.000 habitantes. O último censo demográfico do IBGE, em 2010, apontava que a população brasileira era composta por 190.755.799 de pessoas, sendo destas 84,36% ocupando porções urbanas do território (IBGE, 2010). Neste caso, a taxa de urbanização sofre um novo incremento, de 15,5%.

Mais pessoas nas cidades, maior a infraestrutura indispensável ao seu atendimento. Maricato (2013) destaca a importância da cidade se construir para receber seus habitantes, criando assentamentos residenciais, atendendo suas necessidades de trabalho, abastecimento, transportes, saúde, energia, água, etc.

Contudo, as políticas públicas desenvolvidas pelos governos municipais, estaduais e federal não foram capazes de atender a todos os habitantes urbanos. Maricato (1987) afirma que os governos municipais e estaduais concentraram sua atenção nos vazios urbanos, valorizados pelos investimentos públicos e privados, jogando a população em áreas inadequadas ao desenvolvimento urbano apropriado, penalizando seus moradores e também todos os demais habitantes que tiveram que arcar com a extensão da infraestrutura.

As condições relatadas anteriormente obrigaram a população a ocupar áreas de morros e margens de rios, locais naturalmente propícios à ocorrência de enxurradas, inundações e escorregamentos de encostas. Todos os anos são registrados perdas materiais, prejuízos à saúde e a morte de muitas pessoas no Brasil e no mundo, decorrentes da ocupação inadequada em espaços urbanos.

Assim como no Brasil, a maior parte da população do estado de Santa Catarina reside na área urbana, o que equivale a aproximadamente 84% habitantes. No município de Orleans, conforme dados do Censo Demográfico do IBGE (2010), a população total era de 21.393 habitantes, com aproximadamente 70% residindo em áreas urbanas, ocupando uma área de 37.533,20 km² do território municipal. De acordo com o IBGE, a população total estimada de Orleans para 2018 era de 22.785 habitantes, o que pode ter aumentado o número de pessoas residindo na parte urbana do município.

No Brasil, os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2012 (CEPED, 2013) apontam que as enxurradas, os movimentos de massa e as inundações foram

responsáveis por mais de 87% das mortes relacionadas aos desastres naturais no país. A Região Sul é a segunda no país a ser atingida por desastres naturais, com 28.784.792 habitantes, ficando atrás apenas da Região Nordeste. No sul do Brasil, dos municípios mais afetados por desastres naturais, 38 deles estão localizados no estado de Santa Catarina.

De acordo com Lottin (1998), ao longo do processo de ocupação, o município de Orleans (SC) foi atingido por três grandes catástrofes: a enchente¹ de 1887, o incêndio da primavera de 1951 e a enchente¹ de 1974, sendo responsáveis pela destruição das vias de comunicação, moradias, estabelecimentos comerciais e industriais, cultivos agrícolas, redução da fauna e da flora, assim como a morte de algumas pessoas.

Na bacia hidrográfica do Rio Belo, o modelo de ocupação promovido pelas empresas colonizadoras, responsáveis pela imigração e instalação dos europeus em Santa Catarina, foi favorável a ocorrência de inundações e ao escorregamento de encostas, pois os limites dos terrenos coincidiam com a área de planície de inundação e com morros dos divisores de águas. Lottin (1998) afirma que a distribuição dos lotes aos imigrantes se dava a partir das margens esquerda e direita do rio, ao longo do vale formado pelo principal curso d'água.

Rampineli e Souza (2016) relatam que a enchente¹ de 1974 atingiu por completo a bacia do rio Belo, pois as águas deste rio foram parcialmente represadas pela construção da rodovia SC-108 (antiga SC-446), que devido ao elevado volume de chuva estouraram, levando tudo o que havia pela frente.

A bacia hidrográfica do Rio Belo, ocupa uma área 17,36 km², onde residem mais de dez mil habitantes, correspondendo a aproximadamente 48% da população total do município de Orleans. Nos últimos anos, constantes inundações e enxurradas foram registradas na bacia hidrográfica do Rio Belo, trazendo prejuízos materiais e uma morte contabilizada por escorregamento de encostas em 2016.

A Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, diz que é de competência dos municípios identificar e mapear as áreas de risco de desastres, bem como adequar o plano diretor às disposições da lei, por ocasião de sua revisão, caso o município se enquadre no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos. Para o ano de 2018, estava previsto uma revisão no plano

diretor orleanense, e, portanto, imprescindível a identificação e o mapeamento das áreas de risco. Infelizmente, tal revisão não ocorreu, ficando a expectativa para o ano de 2019.¹

O tema risco vem se destacando no meio acadêmico desde o início do século XX, sendo discutido na literatura nacional e internacional por autores como Egler (1996), Aneas de Castro (2000), Rebelo (2003), Castro et al. (2005), Veyret (2007) e Tominaga (2009).

Devido à relevância do tema para o atual estágio de desenvolvimento da sociedade, a pesquisa é de fundamental importância no planejamento e na gestão do território da bacia hidrográfica do Rio Belo, como forma de evitar e mitigar situações de risco à população residente nesse território.

1.1 OBJETIVOS

De acordo com o exposto acima, o desenvolvimento deste trabalho foi realizado de forma a atingir os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o risco de inundação na bacia hidrográfica do rio Belo – Orleans (SC), a partir de condicionantes naturais e sociais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a bacia hidrográfica nas suas dimensões física e sociais;
- Elaborar o mapeamento do perigo e da vulnerabilidade de inundação;
- Analisar os resultados do perigo e da vulnerabilidade nas áreas do risco à inundação.

¹ O termo enchente é popularmente utilizado, contudo, neste episódio, deveria se referir a uma inundação, conforme a nomenclatura adotada na literatura.

2 MARCO TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos e metodológicos do conjunto conceitual referentes à temática de risco. Dessa forma, a definição e caracterização de fenômenos relacionados ao tema, como as inundações e os conceitos utilizados para as análises de perigo, vulnerabilidade e risco, serão discutidos. Para tanto, foi realizada uma revisão teórico-conceitual na literatura específica que aborda a temática.

2.1 DESASTRES NATURAIS

As Nações Unidas, por meio da publicação do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 (2017), definem o termo desastre como uma séria perturbação do funcionamento de uma sociedade em qualquer escala devido a eventos perigosos, interagindo com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais.

Warner (2018, p. 13) diz que um “desastre ocorre encontro entre forças da natureza e vulnerabilidades sociais, quando um deslizamento de terra, uma enchente, um terremoto, uma seca, um tsunami... supera a capacidade humana de resistir”.

Castro (1998) colabora em afirmar que desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Para o autor, existem três tipos de desastres: os naturais, provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, independentemente da ação humana; humanos, provocados por ações ou omissões humanas; e mistos, que ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais .

Os desastres naturais ocorrem quando fenômenos naturais severos, como inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômico) (KOBAYAMA et al., 2006).

Tominaga (2009) reforça ao afirmar que quando os fenômenos naturais atingem áreas habitadas pelo homem e lhe causam danos, passam a se chamar desastres naturais. A autora destaca ainda que além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais.

2.2 SUSCETIBILIDADE E PERIGO

De acordo com as pesquisas de Menezes (2014), o termo susceptibilidade, de mesmo significado de suscetibilidade, é anterior aos estudos de risco. De acordo com o autor, a susceptibilidade é inerente às condições físicas do ambiente, possibilitando a ocorrência de um evento, dadas determinadas características de algumas áreas.

O Ministério das Cidades (BRASIL – IPT, 2007, p. 26), ao se referir ao termo suscetibilidade, conceitua-o ao indicar “a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência”.

Para Julião et al. (2009), a susceptibilidade pode ser definida como a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, sendo avaliada por meio dos fatores de predisposição à ocorrência dos processos, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.

No caso das inundações, Dantas (2018) afirma que a suscetibilidade natural está relacionada às características do terreno, como hidrografia, morfometria (referente às declividades e amplitudes), topografia e demais aspectos que favorecem ocorrência de um processo hidrodinâmico.

Embora o termo suscetibilidade natural predisponha as características físicas do ambiente, as intervenções humanas não podem ser descartadas em se tratando de inundações, podendo ser classificadas como agentes intensificadores da suscetibilidade. Souza (2004) menciona que as interferências sociais nas bacias de drenagem podem condicionar as inundações por meio da ocupação de áreas marginais aos canais de drenagem, da implantação de aterros e estruturas lineares, da implantação de diques marginais e barragens, das canalizações e retificações nos canais de drenagem, das modificações nos fluxos de sedimentos causando assoreamento e do lançamento de entulhos e lixos. Entretanto, é importante destacar que a suscetibilidade é identificada por ser uma condição potencial, não havendo certeza de que algum desastre venha a ocorrer.

Neste sentido, é pertinente mencionar o termo perigo (*hazard*, em inglês), como sendo “um fenômeno natural que ocorre em épocas e região conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto” (KOBAYAMA et al., 2006, p. 17). Desta forma, inundações, enchentes, escorregamentos de encostas, furacões, entre outros fenômenos naturais podem ser considerados como perigos naturais.

A ISDR (2017) define o perigo como um fenômeno ou atividade humana que pode causar perda de vida, impactos à saúde, danos à propriedade, ruptura social e econômica ou degradação ambiental. Julião et al. (2009) concordam que o perigo é o processo natural, tecnológico ou misto susceptível de produzir perdas e danos identificados.

Marcelino (2008) afirma que na natureza ocorrem diversos fenômenos que fazem parte da própria dinâmica natural da Terra, porém, se ocorrerem ou se deslocarem sobre um sistema social, tem-se uma situação potencial de danos a pessoas e bens (perigo). Exemplificando a afirmação do autor, há a ocorrência de inundações, um fenômeno natural, que ocorre em intervalos de tempo diferentes, com dimensões variadas. Entretanto, as áreas de extravasamento natural do rio passaram a ser intensamente ocupadas pela população, que pode sofrer com os danos decorridos da inundação, levando à situação de perigo.

2.3 VULNERABILIDADE

O avanço do capitalismo global intensificou a industrialização e atenuou o processo de urbanização. Como consequência desta situação, principalmente no mundo subdesenvolvido, apresentou como resultados o aumento das desigualdades sociais, da segregação espacial, da intensificação da pobreza e a degradação do ambiente natural.

De acordo com Almeida (2010), até 1970, os estudos referentes ao tema “risco” estavam focados nas ameaças naturais, em que as pesquisas se destinavam a dar respostas técnicas aos problemas do cotidiano. Conforme o autor, a partir de 1980, começa a surgir um novo tratamento teórico-metodológico que buscou focar os desastres naturais não somente do ponto de vista de seus aspectos físicos, mas também sobre a perspectiva das populações atingidas.

Foi a partir deste contexto que a ciência da vulnerabilidade começa a ter espaço nos estudos vinculados aos riscos. Cutter (2011) define a vulnerabilidade, de uma maneira geral, como o potencial para a perda. Segundo a autora (CUTTER, 2011, p. 2), a vulnerabilidade:

[...] inclui quer elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais).

A UNDP (2004) define a vulnerabilidade como uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que determinam a probabilidade e escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo.

Veyret (2007) diz que a vulnerabilidade está relacionada às perdas possíveis e permite exprimir a capacidade de resistência das construções diante de algum fenômeno.

Em seus estudos, Penna e Ferreira (2014) conceituam a vulnerabilidade como um risco social marcado pela ausência ou pela precariedade de serviços coletivos e de investimentos públicos em infraestruturas, contribuindo para a desproteção social das comunidades mais carentes. Desta forma, Dias et al. (2018) contribuem com o tema ao relacionar a vulnerabilidade com as características da população, bem como diferentes graus de preparação para lidar com a materialização do risco, ou seja, desastres.

Para Tominaga (2009), a vulnerabilidade pode ser o conjunto de processos e condições que resultam de fatores naturais, sociais e econômicos, pois potencializam a suscetibilidade de uma população ao impacto de um perigo.

Na atualidade, dois subtipos de vulnerabilidade se destacam nos estudos acadêmicos: a vulnerabilidade social e a vulnerabilidade ambiental. Ladwig e Gonçalves (2014) admitem que a vulnerabilidade social é expressa pela desigualdade social das periferias urbanas, sendo medida pela densidade populacional, as categorias socioprofissionais, o desemprego, o acesso à moradia adequada, a infraestrutura urbana, o acesso às políticas públicas e ao projeto de vida futuro.

Medeiros e Souza (2016) definem a vulnerabilidade ambiental como uma integração de fatores ambientais que, por conta das atividades humanas, podem sofrer alterações na estabilidade ecológica de um local.

Neste sentido, a integração dos condicionantes sociais e ambientais desenvolve outro tipo de potencial para a perda, classificada como vulnerabilidade socioambiental. Esteves (2011) justifica o uso desta classificação, pois a vulnerabilidade ambiental depende de fatores sociais, econômicos, tecnológicos, culturais, ambientais e a relação destes com o espaço natural.

2.4 RISCO

Ao longo da história, os riscos acompanham a sociedade como resultado dos processos naturais (chuvas, ciclones, terremotos, vulcões...) ou por consequência das atividades humanas (erosão, industrialização, transporte...). A Peste Negra na Europa, a erupção do

Vesúvio na Itália, os terremotos no Japão e o acidente nuclear em Chernobyl na Ucrânia, são exemplos de como a população do planeta está propensa aos eventos de risco.

O tema “riscos” vem sendo discutido com frequência em diversos campos do conhecimento, como no meio acadêmico, governamental e empresarial, visando à ampliação das pesquisas científicas e técnicas, à melhoria da gestão territorial e da qualidade de vida e à abertura de possíveis empreendimentos e demais atividades econômicas.

Não há confirmação precisa sobre o início dos primeiros estudos sobre o tema “risco” abordado na literatura. Acredita-se que tenha sido em 1921, com Frank Knight, em sua obra intitulada “*Risk, uncertainty and profit*”, que mencionou “se você não sabe ao certo o que vai acontecer, mas as chances existem, isso é um risco, se você não sabe sequer as chances, então é incerteza” (ADAMS, 1995).

Souza e Lourenço (2015) admitem que a concepção de risco que se tinha no passado é diferente do entendimento atual, já que no passado, a maior parte da população do planeta habitava as áreas rurais e os fenômenos associados aos riscos (frio, seca, inundações, nevascas, terremotos) estavam relacionados aos possíveis castigos divinos.

Para Veyret (2007), a sociedade atual está mais vulnerável e mais sensível ao risco que no passado. A relação homem e natureza está muito mais intensa e por esta razão a ciência e a técnica podem ser vistas como fatores condicionantes à existência do risco.

O livro do sociólogo alemão Ulrich Beck (2011), intitulado “Sociedade do risco”, procura diferenciar a sociedade em dois momentos: a primeira e a segunda modernidade. O autor caracteriza a primeira modernidade como sendo uma sociedade estatal, nacional, com emprego, industrializada e um aproveitamento da natureza não percebível e uma segunda modernidade, em que as deficiências e as contradições da primeira modernidade são postas em reflexão. Beck (2011) considera ainda que a sociedade da primeira modernidade foi substituída pela sociedade de risco, alegando que há um processo de destruição da natureza, que resulta em ameaças sociais, econômicas e políticas.

O conceito de risco é discutido na academia por diversos campos do conhecimento e pesquisadores, entre eles geógrafos, sociólogos, engenheiros, economistas e sanitaristas. Contudo, não há consenso entre os diversos autores sobre o tema.

Para a geógrafa francesa Veyret (2007. p.24), o risco pode ser definido como a “percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele”. Castro, Peixoto e Rio (2005, p.12) referem-se ao risco como “à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não-

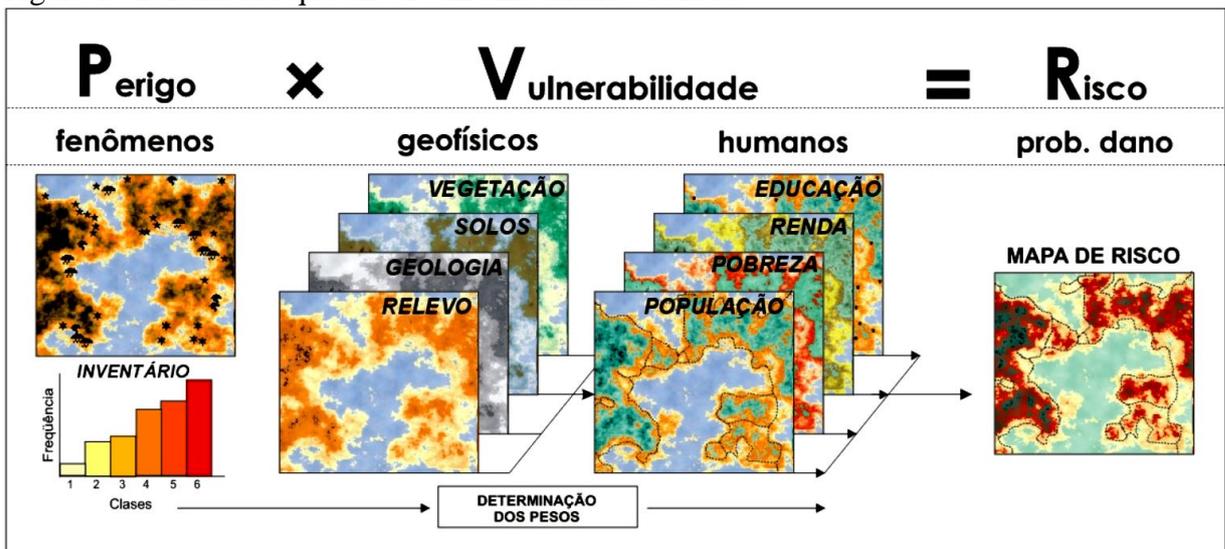
determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana”. Aneas de Castro (2000) concorda que o risco é a possibilidade de ocorrência de um evento natural ou antrópico e a avaliação pelo homem de seus efeitos nocivos (vulnerabilidade).

Almeida (2010) contribui na formulação do conceito de risco quando menciona que ele é uma percepção humana da possibilidade de ocorrer um evento que cause danos, como resultado da disposição deste ao meio. Portanto, para todos os autores citados, o risco não existe sem que um grupo social ou um indivíduo que o perceba possa sofrer suas consequências negativas.

Tominaga (2009, p.151) faz uma contribuição importante ao tema, ao afirmar que risco “é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem”. A autora avalia o Risco (R) como sendo uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), expresso na seguinte fórmula: $R = P \times V \times DP$. Nesta situação, o risco existe quando há um perigo com possibilidade danosa para alguém.

Marcelino (2008, p. 24) afirma que “risco é a probabilidade (mensurável) de um perigo transformar-se num desastre”. Para o autor, a identificação do risco envolve basicamente o inventário dos perigos naturais (P), o estudo da vulnerabilidade (V) e o mapeamento das áreas de risco (R), representado pela Figura 1.

Figura 1 - Parâmetros que envolvem uma análise de risco



Fonte: Marcelino (2008).

2.5 INUNDAÇÕES

No Brasil, os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2012 (2013), apontam que as enxurradas e as inundações correspondem a 33% dos desastres, sendo responsáveis por mais de 71,5% das mortes relacionadas aos desastres naturais no país. As enxurradas e as inundações são fenômenos de natureza hidrometeorológica, resultados da dinâmica natural, decorrentes de chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas, furacões e tornados, sendo intensificados pelas alterações humanas, como a impermeabilização do solo e a retificação dos cursos d'água (BRASIL, 2007).

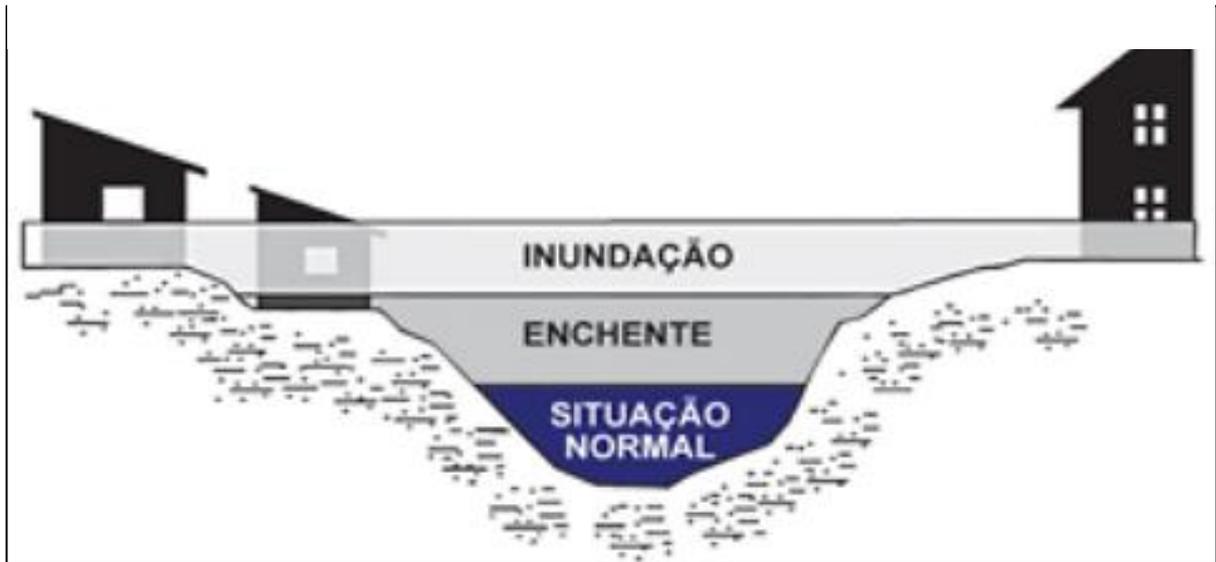
Em algumas situações, inundações, enchentes e enxurradas são utilizadas como sinônimos, aplicadas de forma errônea, já que existem diferenças conceituais entre estes termos.

Para Kobayama et al. (2006), a inundação se dá pelo aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele, chamadas de planície de inundação. Para os autores, o fato do rio ficar cheio, mas não transbordar caracteriza uma enchente. Ouma e Tateishi (2014) contribuem com o tema ao afirmarem que as inundações ocorrem devido ao rápido acúmulo e liberação de águas de escoamento da montante para jusante, causado por chuvas muito fortes.

Segundo Castro (2003), as inundações podem ser classificadas em graduais ou bruscas. Para o autor, as inundações graduais ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo, enquanto a inundação brusca, conhecida como enxurrada ocorre devido a chuvas intensas e concentradas, com elevação repentina das águas.

O Ministério da Cidades (Brasil, 2007) concorda que a inundação ocorre quando há um extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais, enquanto a enchente é definida pela elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem, representadas pela Figura 2.

Figura 2 - Perfil esquemático do processo de enchentes e inundações



Fonte: Brasil (2007).

No Brasil, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) (FURTADO, 2014) subdivide os desastres em naturais e tecnológicos. Entre os desastres naturais, foram definidos cinco grupos: geológico, hidrológico, meteorológico, climatológico e biológico. Os desastres hidrológicos são categorizados em três subgrupos: inundações, enxurradas e alagamentos, conceituados no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

Categoria	Grupo	Subgrupo	Definição
Naturais	Hidrológicos	Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.
		Enxurradas	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.
		Alagamentos	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

Fonte: Adaptado de Furtado (2014).

A Cobrade foi instituída por meio da Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, em substituição à Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (Codar), sendo elaborada a partir da classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (Cred) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU) (MENEZES, 2014). Desta forma, todos os municípios brasileiros devem utilizar essa codificação para solicitação de reconhecimento de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública, ao preencher o Formulário de Informações do Desastre (FIDE).

Ao longo da história, as sociedades humanas se desenvolveram perto dos rios para utilizá-los como transporte, consumo e despejo de resíduos. Porém, esta condição contribui para os impactos negativos das inundações no que diz Tucci (2007, p. 41), referindo-se ao “crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade deste século, as áreas de risco considerável como a várzea foram ocupadas, trazendo muitos prejuízos humanos e materiais”. Este modelo de ocupação urbana provocou intensas alterações no espaço natural, como a impermeabilização do solo, a retificação e assoreamento dos cursos d’água. Ouma e Tateishi (2014) afirmam que o potencial de inundação está aumentando em muitas regiões devido aos impactos do desenvolvimento social e econômico, o que implica pressão sobre o uso do solo, como a urbanização.

Cabe lembrar que a probabilidade e a ocorrência de inundações, enxurradas e de alagamentos são analisadas pela combinação entre os condicionantes naturais e antrópicas. Tominaga (2009) faz uma relação destes condicionantes, sintetizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Condicionantes à ocorrência de inundação, enxurrada e alagamento

Condicionantes naturais	<ul style="list-style-type: none"> a) formas do relevo; b) características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; c) intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; d) características do solo e o teor de umidade; e) presença ou ausência da cobertura vegetal.
Condicionantes antrópicas	<ul style="list-style-type: none"> a) uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d’água; b) disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d’água; c) alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d’água (vazão, retificação e canalização de cursos d’água, impermeabilização do solo, entre outras); d) intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d’água.

Fonte: Adaptado de Tominaga (2009).

Para Marcelino (2008), as precipitações intensas em áreas urbanas aumentarão quando somadas aos desmatamentos de encostas, à ocupação das planícies de inundação, ao assoreamento dos rios e à impermeabilização urbana (asfaltamento de ruas, construções, etc.), as inundações bruscas (na nomenclatura da Cobrade, enxurradas) em áreas urbanizadas se tornarão um dos principais problemas ambientais que a região Sul e Sudeste do Brasil terão que enfrentar para as próximas décadas.

Em estudo realizado por Dias et al. (2018), sobre os desastres ocorridos na região serrana do estado do Rio de Janeiro em 2011, nos municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis, aponta que as características físicas dessas cidades, combinadas com uma intenso regime de chuvas durante a estação chuvosa, e frequentemente uso inadequado da terra e padrões de ocupação, levam a um cenário de alta suscetibilidade a eventos que têm potencial ser destrutivo, em particular relacionado a deslizamentos e inundações repentinas.

É importante ressaltar que devido à falta de conhecimento, ou até mesmo à dificuldade de identificação do fenômeno em campo, existe ainda uma classificação equivocada quanto à ocorrência de inundações, enxurradas ou alagamentos no preenchimento do FIDE. Esta situação também fica visível em matérias de jornais, sites de notícias e nas redes sociais, por parte das pessoas que são atingidas.

2.6 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL

Ao longo da história, os rios e os divisores de águas, alguns dos elementos que compõem uma bacia hidrográfica, foram utilizados por diversas sociedades como limites para a demarcação de territórios. Neste espaço, civilizações se desenvolveram socialmente e economicamente, alterando a natureza, contribuindo para a degradação dos recursos naturais.

Contudo, somente a partir dos anos 70 do século XX, com a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, as questões ambientais passaram a ser discutidas em vários países, inclusive no Brasil. Desta forma, as bacias hidrográficas passaram a ser unidades de conhecimentos multidisciplinares para o planejamento, gestão e tomada de decisão.

No anos de 1990, com a terceira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, conhecida como Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, a gestão de recursos hídricos inserida no planejamento ambiental e territorial das bacia hidrográficas ganhou força. O

primeiro princípio da Conferência descreve que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

Segundo Carvalho (2014), o planejamento ambiental integrado de bacias hidrográficas deve estar associado ao planejamento territorial, contribuindo para o ordenamento territorial que é mais do que o planejamento econômico regional, mais que o planejamento do desenvolvimento urbano e do planejamento ambiental, é a única política pública com enfoque integral. Nesse sentido, Yassuda (1993, p. 8) diz: “a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural”.

No Brasil, a Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a política de recursos hídricos, organizando o sistema de gestão e concretizando a gestão por bacias hidrográficas. Atualmente, a gestão dos recursos hídricos no Brasil deve ser organizada por bacias hidrográficas. Portanto, é indispensável o conhecimento do comportamento de bacia hidrográfica, que neste sentido tem evoluído bastante por meio de estudos, envolvendo gerenciamento e planejamento, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental, proteção dos cursos d’água, prevenção às ocorrências de riscos de inundação e escorregamento de encostas que acarretam em graves perdas ambientais, sociais e econômicas.

Castro et al. (2008) trata a bacia hidrográfica como uma superfície topográfica drenada por um curso d’água e seus afluentes a montante dessa secção, sendo delimitada por uma linha que passa pelo cume das elevações periféricas (divisor de águas) e que corta a corrente uma vez na secção de saída (foz) que é a parte garganta mais baixa da linha de cumeada.

Barrella (2001) define bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais alta do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas escoam superficialmente ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno e formam os riachos e rios que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e, à medida que as águas dos riachos descem e juntam-se a outros riachos, formando os primeiros rios, esses rios continuam seus trajetos e recebem contribuição de outros tributários, formando rios maiores.

Para Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia por meio de agentes climáticos e perdem energia por meio do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta

forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

É possível observar que ao longo do tempo foram formuladas diversas definições de bacia hidrográfica, perceptível nesses autores uma grande semelhança deste recorte espacial. Porém, as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica, em sub-bacia e microbacia, apresentam diferentes abordagens. Apesar dos termos estarem incorporados na literatura técnico-científica, todavia não apresentam a mesma convergência conceitual apresentada para bacia hidrográfica.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso de água principal. Para definir sua área, os autores utilizam-se de diferentes unidades de medida. As sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km² (TEODORO et al., 2007). Já para Santana (2003), bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo apenas do ponto de saída considerado ao longo do canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Dentro dessas subdivisões da bacia, aparece também na literatura o termo microbacia. Uma série de conceitos são aplicados na definição de microbacias, podendo ser adotados critérios como unidades de medida, hidrológicos e ecológicos. Para Santana (2003), o termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, assim o autor sugere a sua substituição por sub-bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica de uma determinada região engloba diferentes vertentes a serem analisadas, dentre elas a fronteira física que envolve distintas escalas espaciais; ecossistemas diversos; parcerias e resoluções de conflitos; cultura e questões socioeconômicas. De acordo com Tundisi (2003), a bacia hidrográfica possui características importantíssimas que a torna uma unidade muito bem caracterizada, pois permite uma interação multidisciplinar primordial para o estudo de diferentes formas de gerenciamento e planejamento. Com isso, a bacia ultrapassa as barreiras políticas e cria uma visão de unidade física participativa, tendo o estímulo e a interação da própria comunidade.

2.7 GEOPROCESSAMENTO E RISCO

Percebe-se na literatura citada anteriormente que o risco é resultante de inúmeros fatores, associados às condições naturais do ambiente e os condicionantes decorrentes das ações humanas. Localizar as áreas de risco é de fundamental importância na tomada de decisão em planejamento e gestão territorial. A visualização dos riscos por meio de mapas temáticos facilita o entendimento e permite maior abordagem sobre o tema a ser estudado.

No Brasil, as metodologias responsáveis pelo mapeamento das áreas de risco é algo recente nos institutos de pesquisa e no meio acadêmico. Pode-se citar como pioneirismo os trabalhos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e por Tominaga, ambos realizados em 2007, que reuniram em suas obras diversos aspectos conceituais, metodológicos, espaciais, aplicações e medidas preventivas a eventos de riscos.

De acordo com Menezes (2014), um passo significativo para a mitigação de danos associadas a desastres foi a Lei Federal de Proteção da Defesa Civil n.12.608, aprovada do dia 10 de abril de 2012, pois determina que os municípios deverão acrescentar no Plano Diretor, o mapeamento das áreas susceptíveis à ocorrência de desastres naturais, impedindo a ocupação de áreas desfavoráveis à habitação e elaborar plano de contingência para a redução do risco.

Os mapas, de acordo com Marchezini et al. (2017), constituem-se em instrumentos de comunicação visual, com múltiplas possibilidades de informação de conteúdo geográfico de forma gráfica, proporcionando ao leitor visualizar a organização do espaço de forma ampla e integrada.

Neste sentido, o uso da cartografia se torna necessário, por meio do geoprocessamento. Rosa (2013) define o geoprocessamento como um conjunto de tecnologias destinadas à obtenção e ao tratamento de informações georeferenciadas, que passaram a ser processadas com a criação da tecnologia da informática.

Para Moura (2014, p.4), o geoprocessamento “engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas informativos geográficos”, mais conhecidos por Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG é um dos recursos disponíveis no geoprocessamento, em que é possível cartografar áreas de risco à inundação, deslizamentos, ocorrência de sismicidade, vulcanismo, bem como áreas de vulnerabilidade socioambiental. Tal recurso permite a elaboração de mapas temáticos, sobreposição e análise de dados alfanuméricos com dados geográficos, com maior grau de detalhamento e localização mais precisa, por meio de *softwares*.

Câmara e Queiroz (2004, p. 2) indicam as principais características do SIG:

Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

O geoprocessamento e as técnicas de cartografia digital são fundamentais na análise de variáveis ambientais e sociais, permitindo ao pesquisador agrupar dados coletados, sobrepor variáveis e analisar o resultado espacial por meio do mapeamento temático das áreas de riscos.

Por meio dos mapas de risco de inundação, os planejadores espaciais poderiam restringir a construção em algumas áreas, para estimular a implantação de certas medidas adaptativas, ou desenvolver apenas nas áreas menos perigosas (BRUIJN et al, 2015).

2.8 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Desenvolvido por Thomas Lorie Saaty, durante a década de 1970, o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) visa auxiliar no processo de tomada de decisões de problemas complexos (SILVA; NUNES, 2009; DENÚBILA, 2013; ARUEIRA, 2014; KAZAKIS et al., 2015 e ARMENAKIS et al., 2017). A AHP consiste na elaboração de uma hierarquia de decisão, em que os níveis hierárquicos possibilitam uma visão geral do processo. Ao construir a importância relativa de cada fator, são estruturadas matrizes de comparação para cada nível. Desta forma, os resultados das matrizes são ponderados entre si (SILVA; NUNES, 2009).

A principal aplicação do método AHP é a resolução de problemas em um ambiente multicritério, comparando objetivos e alternativas em pares, convertendo assim preferências individuais dentro de uma escala de proporção de pesos, que são combinados em pesos aditivos lineares para as alternativas associadas. Os pesos resultantes são utilizados na classificação das alternativas, auxiliando assim o tomador de decisão a fazer uma escolha ou prever o melhor resultado. (MARTINS et al, 2014).

Martins et al.(2014) recomendam que a comparação pareada seja realizada por meio de respostas verbais, utilizando a escala fundamental criada por Saaty, que determina a intensidade de importância de um elemento em relação ao outro, num mesmo critério (Quadro 3).

Quadro 3 - Escala fundamental AHP

Escala numérica	Escala verbal	Definição
1	Igualmente importante	Duas alternativas contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderadamente importante	Entre duas alternativas, por experiência e julgamento, uma se apresenta discretamente mais importante que a outra.
5	Significativamente importante	Entre duas alternativas, por experiência e julgamento, uma se apresenta significativamente mais importante que a outra.
7	Muito fortemente importante	Entre duas alternativas, a importância de uma é demonstrada mais expressivamente que a outra. A relação de dominância pode ser demonstrada na prática.
9	Extremamente importante	Entre duas alternativas, uma se apresenta absolutamente mais importante que a outra. Evidências conferem o mais alto grau de certeza.

Fonte: Saaty (2008).

2.9 MODELO HEIGHT ABOVE THE NEAREST DRAINAGE (HAND)

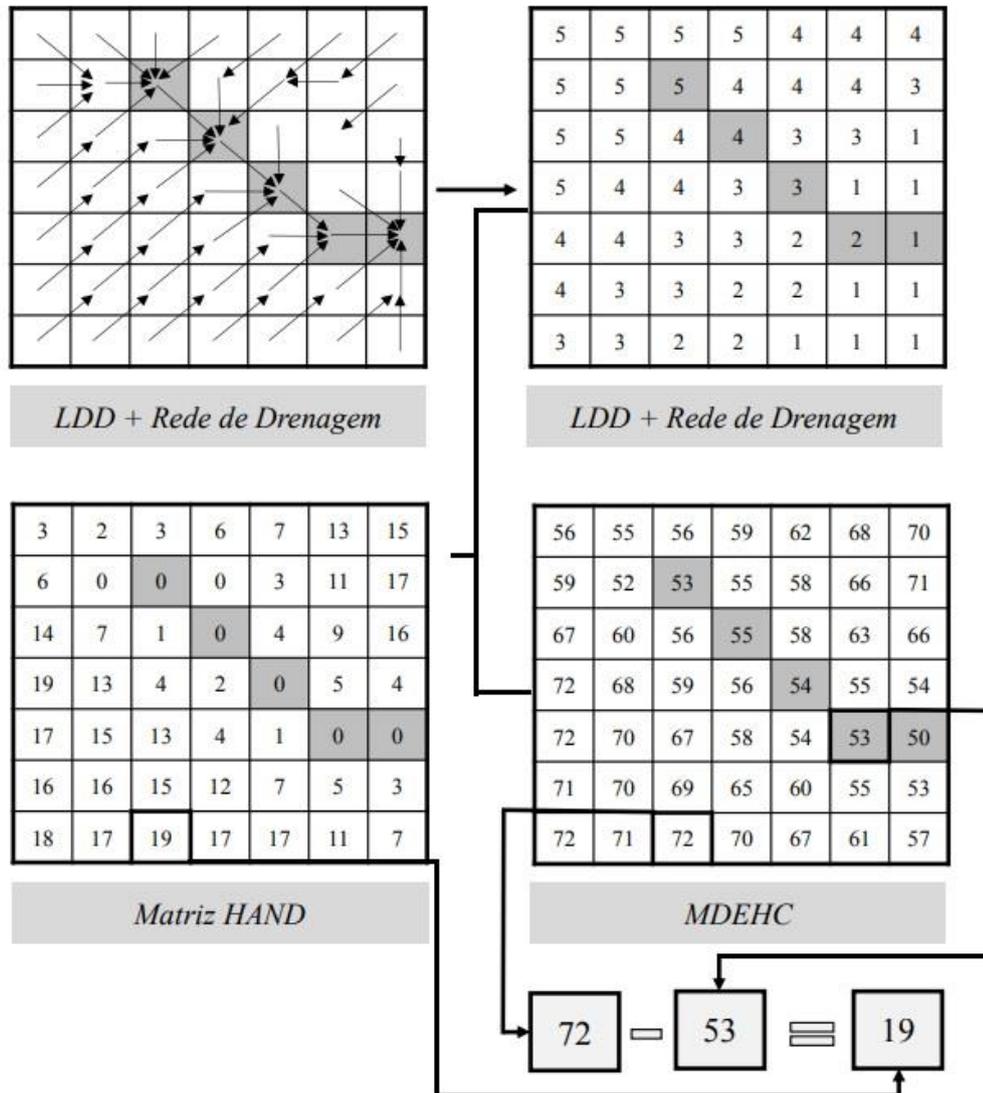
O modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND), proposto por Rennó et al. (2008) e Nobre et al. (2011), trata-se de uma grade de distância vertical referente ao desnível vertical de cada pixel do Modelo Digital de Terreno (MDT) em relação ao curso de água mais próximo. A ferramenta para elaboração do modelo é de acesso livre, funciona no *software* TerraView, extensão TerraHidro desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CARVALHO, 2017).

O modelo HAND é um método de fácil acesso e utilização na identificação de áreas com risco de inundação. O modelo indica que os desníveis de até 5 m são locais que apresentam maior probabilidade de inundação, já os desníveis entre 5 e 15 m são classificados como de risco médio (SANTOS, 2015).

A ferramenta HAND vem sendo muito utilizada por diversos autores, para a realização de modelagem hidrológica, voltado a estudos de inundação: Carvalho (2017), Goerl, Michel e Kobiyama (2017), Mengue et al. (2016), Momo et al. (2016), Campos et al.(2015), Chaves et al. (2015), Santos (2015), Speckhann (2015), Dias (2014), Rosim et al. (2014), Alfaya et al. (2013) e Pires e Borma (2013).

Os procedimentos necessários para geração e fatiamento do modelo HAND estão representados na Figura3.

Figura 3 - Procedimentos para geração e fatiamento do modelo HAND



Fonte: Carvalho (2017).

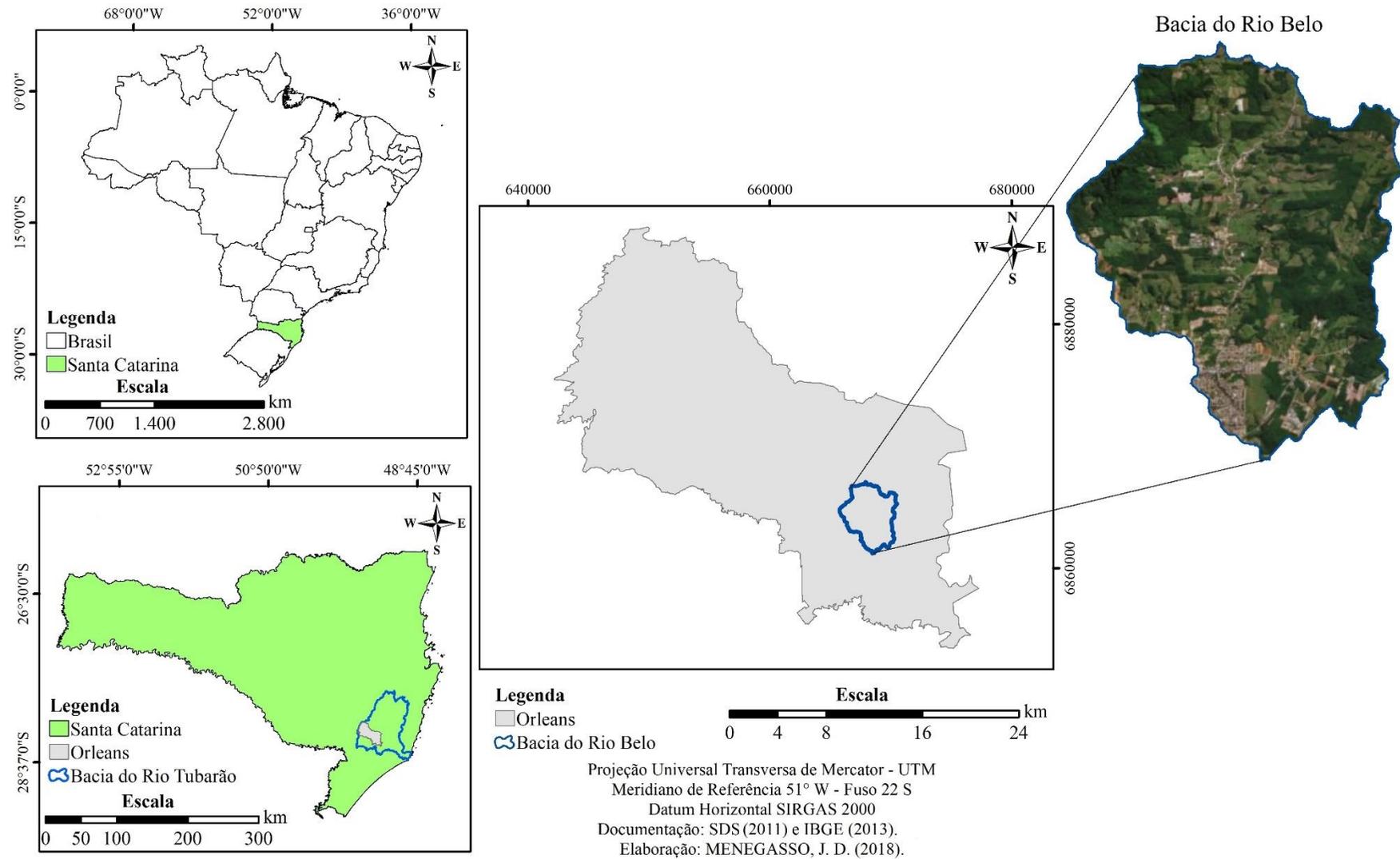
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELO

A bacia hidrográfica do Rio Belo (BHRB) está totalmente inserida no território do município de Orleans, localizado no sul do estado de Santa Catarina. A área em estudo faz parte da bacia hidrográfica do Rio Tubarão que, por sua vez, pertencente à região hidrográfica Atlântico Sul. A bacia em estudo possui uma área de 1736,46 hectares (17,36 km²), com uma altitude máxima de 450,5 m e mínima de 84 m, localizada entre os paralelos 28°18'45''S e 28°21'52''S e os meridianos 49°15'41''W e 49°18'30''W (Figura 4).

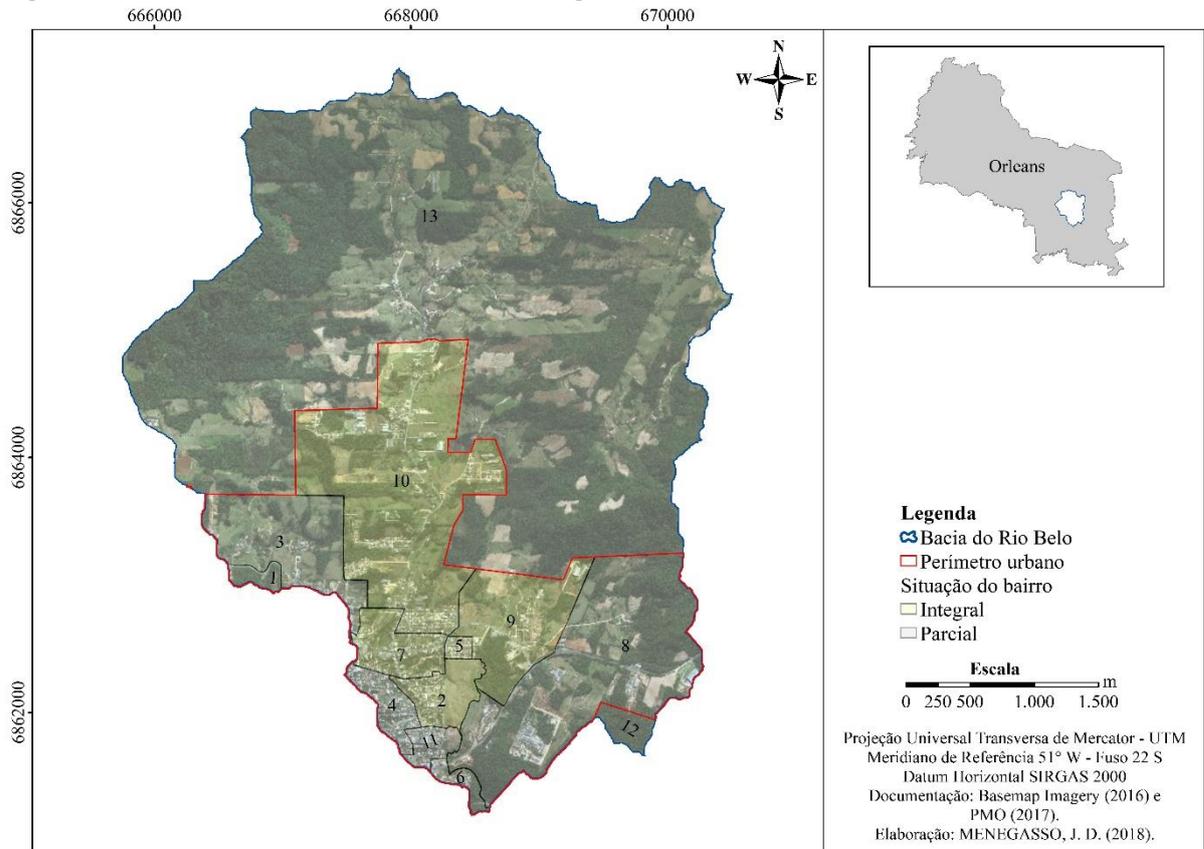
A BHRB é composta por 12 bairros localizados na área urbana do município, sendo eles: Rio Belo, Cohab, Alto Paraná, Lomba e Bussolo com presença integral, Aires Rodrigues, Barro Vermelho, Conde d'Eu, Km 92 e Santista de forma parcial, e ainda a Comunidade de Rio Belo, localizada na área rural de Orleans. A área do perímetro urbano da bacia é de 710,19 hectares, enquanto a área rural é de 1026,31 hectares (Figura 5 e Quadro 4)

Figura 4 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Belo



Fonte: A autora (2018).

Figura 5 - Limites dos bairros da bacia hidrográfica do Rio Belo



Fonte: A autora (2018).

Quadro 4 - Bairros localizados na área da BHRB

Bairro	Número	Situação
Aires Rodrigues	1	Parcial
Alto Paraná	2	Integral
Barro Vermelho	3	Parcial
Centro	4	Parcial
Cohab	5	Integral
Conde d' Eu	6	Parcial
Lomba	7	Integral
Murialdo	8	Parcial
Bussolo	9	Integral
Rio Belo	10	Integral
Santista	11	Parcial
Km 92	12	Parcial
Rio Belo (rural)	13	Parcial

Fonte: A autora (2018).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS REALIZADOS NA PESQUISA

Prodanov e Freitas (2013) classificam a pesquisa quanto à natureza, quanto aos seus objetivos e quanto aos seus procedimentos. Com relação à natureza, ela pode ser básica ou aplicada. Ambas produzem novos conhecimentos, porém a aplicada busca o emprego na prática dos resultados obtidos a fim de solucionar problemas.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), os objetivos de uma pesquisa podem ser subdivididos em três categorias: exploratória ou bibliográfica, descritiva e explicativa. A exploratória busca mais informações sobre o assunto investigado, geralmente por meio de pesquisas bibliográficas, enquanto na descritiva o pesquisador apenas registra e descreve os fatos observados sem interferir neles, buscando estabelecer relações entre variáveis. Neste sentido, foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória e descritiva, conciliando características da pesquisa quantitativa e qualitativa.

Esta etapa compreendeu uma busca na literatura nacional e internacional por meio de estudos em artigos, livros, monografias, dissertações e teses de autores que discutem as temáticas propostas, dando suporte teórico a pesquisa.

3.2.1 Pesquisa Documental e Pesquisa Bibliográfica

Gil (2008) difere a pesquisa bibliográfica e documental em relação à origem das suas fontes. A bibliográfica utiliza-se da contribuição de diversos autores sobre um assunto, enquanto a documental é composta por materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que ainda podem ser reelaborados.

A pesquisa bibliográfica desse trabalho foi realizada por meio de estudos em plataformas digitais, artigos, livros, monografias, teses e dissertações de autores que discutem o tema proposto, dando suporte teórico ao assunto estudado. A busca por referenciais teóricos foi importante na execução da pesquisa, pois permitiu discutir e associar conceitos relacionados à temática de riscos, bem como conhecer procedimentos metodológicos que apresentaram resultados satisfatórios. Esta abordagem em referenciais tornou possível se apropriar e adaptar de metodologias diferenciadas na identificação e delimitação de áreas de risco.

A pesquisa documental buscou informações e dados espaciais georreferenciados no Censo Demográfico 2010 do IBGE, na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), na SDS (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina), na Prefeitura Municipal de Orleans e na Defesa Civil estadual e municipal.

3.2.2 Elaboração da Cartografia Básica e Temática

O emprego da cartografia digital permitiu a elaboração de mapas base, como de localização geográfica e temáticos, referentes às características físicas e sociais da área de estudo, que permitiram a elaboração dos mapas de perigo, vulnerabilidade e riscos.

Os dados e materiais utilizados na elaboração da cartografia de base e temática foram adquiridos junto aos órgãos oficiais (federal, estadual e municipal) e no Laboratório de Pesquisa em Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT/UNESC). No Quadro 5, estão listados todos os documentos utilizados para a construção dos produtos cartográficos.

Quadro 5 - Fonte das informações e dados para construção dos produtos cartográficos

Bases Cartográficas/produtos imagem	Fonte
Divisão política do Brasil e de SC	IBGE (2015)
Limite Bacia do rio Tubarão	SDS-SC (2011)
Limite BHRB	LabPGT (2017)
Limite dos bairros	PMO (2017)
Unidades litoestatigráficas	CPRM (2016)
Pedologia	Embrapa (2004)
Recursos minerários	DNPM (2016)
Unidades geomorfológicas	CPRM (2016)
Modelo Digital do Terreno – MDT	SDS-SC (2011)
Rede hidrográfica	SDS-SC (2011)
Setores Censitários	IBGE (2010)
Ortofotos 2002	IBGE (2017)
Ortofoto 2010	SDS-SC (2011)
Ortofoto 2017	PMO (2017)
Imagem orbital 2016	ESRI (2018)
Fotografias aéreas 1957 e 1978	SDS-SC (2017)

Fonte: A autora (2018).

3.2.3 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado em dois momentos distintos: o primeiro ocorreu no dia 17 de novembro de 2018, com o objetivo de coletar os pontos de ocorrência de inundação para verificar se as cotas estabelecidas pelo modelo HAND representavam a realidade. Durante a realização do trabalho a população local foi indagada sobre os locais em que a água do rio alcançou em episódios de inundação.

O segundo momento de campo foi realizado no dia 17 de dezembro de 2018, com a finalidade de validar o mapa final de risco de inundação.

Para os procedimentos, foi utilizado o receptor GNSS/RTK Zenith 25 da marca GEOMAX, que possui precisão estática horizontal longo - 3mm + 0.1ppm, estática vertical longo - 3,5 mm + 0.4 ppm, cinemático horizontal - 10 mm + 1 ppm e cinemático vertical - 20 mm + 1 ppm. Foram utilizados como referência o Datum horizontal SIRGAS 2000 e o Datum vertical marégrafo de Imbituba/SC.

A coleta dos pontos foi realizada em coordenadas planas UTM, sendo ajustadas com base na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). No primeiro campo foram coletados 17 pontos, sendo dois deles pontos de apoio conforme Tabela 1. No segundo momento de campo foram levantados 82 pontos sendo dois pontos de apoio (Apêndice A) seguindo a metodologia proposta Congalton (1991), que recomenda utilizar 50 pontos para cada classe determinada. Contudo, em virtude da pequena extensão territorial da área em estudo, adotou-se como parâmetro uma média de 20 pontos para cada classe de risco de inundação. Ressalta-se, ainda, que na classe de risco baixo, o relevo montanhoso e íngreme dificultou o acesso da equipe ao trabalho de campo nessa classe.

Tabela 1 - Pontos do primeiro levantamento de campo

Ponto	Descrição	Norte	Leste	Elevação
1	Base	6864628,330	667806,027	188,386
2	Base	6862061,680	668301,835	148,621
3	Inundação	6862439,305	668483,835	108,214
4	Inundação	6862469,665	668472,840	108,928
5	Inundação	6862554,293	668486,972	109,021
6	Inundação	6862433,249	668428,502	108,442
7	Inundação	6862398,870	668486,825	108,603
8	Inundação	6862713,066	668559,530	110,600
9	Inundação	6862730,437	668530,325	110,729
10	Inundação	6861602,847	668265,036	109,056
11	Inundação	6861668,422	668264,387	108,966
12	Inundação	6861638,776	668208,828	108,815
13	Inundação	6865150,217	668043,641	149,732
14	Inundação	6864256,580	667971,878	140,032
15	Inundação	6864247,652	667932,888	140,459
16	Inundação	6862980,766	668005,476	113,131
17	Inundação	6863787,076	668289,238	135,068

Fonte: A autora (2018).

3.2.4 Inventário dos registros de inundações na BHRB

O inventário dos fenômenos hidrológicos ocorridos na Bacia hidrográfica do rio Belo corresponde a uma etapa importante na identificação do perigo a inundação. A análise dos

registros compreendeu um período de análise de 15 anos, iniciado em 2003 e estendendo-se até o ano de 2018, utilizando para isso informações da Defesa Civil em âmbito estadual e municipal, reportagens de jornais de circulação impressos e digitais e as publicações feitas em redes sociais. Na computação dos eventos, deu-se prioridade aos registros obtidos na Defesa Civil, por se tratar de um órgão oficial, em que muitos casos foram decretadas situações de emergência.

Por meio dos dados obtidos na estação pluviométrica de Orleans, disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas), foi possível calcular a quantidade de chuva acumulada nos verões dos anos em que houve registro de fenômenos hidrológicos.

Após a pesquisa dos registros de inundação, os mesmos foram planilhados no *software* Excel, estabelecendo pesos diferentes conforme a Equação 01:

$$I = 4xDCE + 2xDC + 1x(JL+RS+AP) \quad (1)$$

Em que:

I: inventário dos registros de inundação;

DCE: registros da Defesa Civil municipal e estadual com decreto de situação de emergência;

DC: registros da Defesa Civil municipal e estadual sem o decreto de situação de emergência;

JL: os registros de inundação publicados em jornais locais;

RS: as publicações de redes sociais e

AP: os registros identificados pela autora.

Os pesos atribuídos as variáveis foram adaptados da metodologia utilizada por Olímpio (2013), em que autor considera pesos maiores aos registros da Defesa Civil. Contudo, nesta proposta, considerou-se importante atribuir valor 1 aos registros de inundação publicados em jornais e redes sociais e nos registros identificados pela autora.

Posteriormente, os dados obtidos por meio do inventário foram espacializados no *software* ArcGIS 10.3.1 de acordo com os 13 bairros que compõem a BHRB. Para uniformizar os dados, estes foram escalonados de 0 a 1, sendo 0 (zero) o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo, com a seguinte Equação 2:

$$V_{escalonado} = \frac{V_{observado} - V_{mínimo}}{V_{máximo} - V_{mínimo}} \quad (2)$$

Para a melhor consistência dos dados, utilizou-se a metodologia proposta por Eicher e Brewer (2001), que é uma extensão do método binário. Porém, neste caso, não foi redistribuída a população, e sim os dados gerados por meio do inventário entre as classes de uso e cobertura da terra, levando em consideração as áreas: 30% para urbanização, 20% para massa de água, 15% para agricultura, 15% para pastagem, 15% para solo exposto, 2,5% para reflorestamento e 2,5% para vegetação secundária. Por fim, o inventário espacializado com base no uso e cobertura da terra foi agrupado em três classes: baixo, médio e alto registro de inundação.

3.2.5 Mapeamento da suscetibilidade a inundação

O modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) proposto por Rennó et al. (2008) e Nobre et al. (2011), entretanto, foi utilizado com o objetivo semelhante ao de Goerl, Michel e Kobiyama (2017) para mapear áreas susceptíveis à inundação.

O HAND normaliza o MDT (Modelo Digital do Terreno), levando em consideração a diferença entre a altitude do terreno e a altitude do canal de drenagem mais próximo, ou seja, quanto mais próximo de um canal local estiver, também menor a variação altimétrica entre o canal e o local, maior a suscetibilidade dele às inundações (GOERL; MICHEL; KOBİYAMA, 2017).

Para a elaboração do modelo do HAND da BHRB, foi utilizado o *software* TerraView 4.2.2 extensão TerraHidro, o único dado de entrada é o MDT (SDS/SC, 2011). Após a obtenção dos resultados do HAND, estes foram escalonados, agrupados e classificados com base nos pontos de ocorrência de inundação observados em campo, distribuídos em classes de suscetibilidade: alta, média, baixa e não inundável.

3.2.6 Mapeamento do perigo de inundação

Em função da incompatibilidade das classes foi necessário realizar um processo de inversão dos valores do modelo HAND, ou seja, a alta suscetibilidade que era representada pelos menores valores passou a ser constituída pelos maiores valores. Para isso, foi utilizada a Equação 3.

$$HI = 1 - VH \quad (3)$$

Em que:

HI: o modelo de HAND com os valores invertidos.

VH: corresponde aos valores de HAND

Os resultados do inventário de inundações e o modelo HAND invertido foram sobrepostos no *software* ArcGIS 10.3.1, com o auxílio da calculadora raster. Após a sobreposição, o resultado foi agrupado em três classes: baixo, médio e alto perigo.

3.2.7 Mapeamento da vulnerabilidade geográfica

Para mapear as áreas de risco de inundações, é de suma importância estimar a vulnerabilidade. Nas pesquisas realizadas por Marcelino (2008), baseadas nos estudos de Pearson et al. (1991), Smith (2000) e Balaji et al. (2005), a vulnerabilidade é composta por parâmetros físicos, como vegetação, solos, relevo e geologia, e por parâmetros humanos, como população, renda educação e pobreza. Na realização dessa pesquisa, adotou-se como parâmetro de vulnerabilidade a proposta de Marcelino (2008), sendo acrescentado ao fator humano o uso e a cobertura da terra.

Para o mapeamento da vulnerabilidade geográfica, utilizou-se o método AHP, levantando em consideração os condicionantes estabelecidas por Caprario (2017): altimetria, declividade, pedologia e uso e cobertura da terra.

Para a elaboração do mapa hipsométrico, utilizou-se o MDT. Para a representação altimétrica do terreno, a bacia foi dividida em classes com intervalos com equidistâncias de 20 metros de altitude, assim foram obtidas 19 classes hipsométricas, que variam de 84 a 450,5 metros de altitude.

A ponderação foi estabelecida conforme as cotas altimétricas (Tabela 2), levando em consideração as contribuições de Magalhães et al. (2011) e Prochmann (2014), em que a elevação do terreno é inversamente proporcional à probabilidade de ocorrência de inundação, por causa da ação da gravidade que direciona o escoamento superficial para as regiões com menor elevação, favorecendo seu acúmulo e, conseqüentemente, elevando a tendência de inundação destas áreas.

Tabela 2 - Classificação e ponderação das classes do condicionante altimetria

Classes de altitude	Valores
84 – 100	10
100 – 120	10
120 – 140	8
140 – 160	7
160 – 180	6
180 – 200	5
200 – 220	4
220 – 240	3
240 – 260	2
260 – 280	1
280 – 300	1
300 – 320	1
320 – 340	1
340 – 360	1
360 – 380	1
380 – 400	1
400 – 420	1
420 – 440	1
440 – 450,5	1

Fonte: A autora (2018).

O mapa de declividade foi elaborado a partir do arquivo matricial MDT. As classes do mapa de declividade foram definidas segundo Embrapa (2006). Classificadas em seis classes de relevo, sendo estas: 0-3% (declividade média de 0,85° - terreno plano), 3-8% (terreno suavemente ondulado - declividade média de 3,15°), 8-20% (terreno ondulado - declividade média de 7,95°), 20-45% (terreno fortemente ondulado - declividade média de 17,8°), 45-75% (terreno montanhoso declividade média de 31°) e maior que 75% (terreno fortemente montanhoso - declividade média de 37°).

Para ponderação das classes de declividade, foram consideradas as recomendações de Magalhães et al. (2011), que registrou que o acúmulo de água no solo é diretamente influenciado pela declividade, pois áreas planas apresentam escoamento com baixa velocidade e, conseqüentemente, a capacidade de transporte fica limitada à vazão de escoamento, aumentando a probabilidade de ocorrência de inundações (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação e ponderação das classes do condicionante declividade (continua)

Classes de declividade			
Em porcentagem	Declividade média (graus)	Característica do relevo	Valores
0 – 3 %	0,85°	Plano	10

Tabela 3 (conclusão)

Classes de declividade			
Em porcentagem	Declividade média (graus)	Característica do relevo	Valores
3 – 8 %	3,15°	Suavemente ondulado	8
8 – 20 %	7,95°	Ondulado	5
20 – 45 %	17,8°	Fortemente ondulado	4
45 – 75 %	31°	Montanhoso	3
> 75 %	> 37°	Fortemente montanhoso	1

Fonte: A autora (2018).

Müller (2012) e Prochmann (2014) complementam que em grandes declives a velocidade do escoamento superficial é maior e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração da água no solo é menor, contribuindo diretamente com o acúmulo de água nas áreas mais planas.

O mapa de pedologia foi elaborado a partir dos dados disponibilizados pela Embrapa (2004). Na área da BHRB existem apenas dois tipos de solos: cambissolos e argissolos vermelhos-amarelos. Os argissolos vermelho-amarelo são solos desenvolvidos com presença de um horizonte B textural, onde se pode observar acúmulo de argila. O horizonte A é mais arenoso e o B mais argiloso. Essa condição favorece o escoamento superficial e diminui a permeabilidade do solo. Os cambissolos são solos poucos desenvolvidos, variando de pouco profundos a profundos, normalmente de baixa permeabilidade (GUERRA; BOTELHO, 2001 e EMBRAPA, 2006).

A ponderação dos dois tipos de solo foi realizada levantando em consideração permeabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação e valoração do tipos de solo

Classes de uso e ocupação da terra	Valores
Cambissolos	5
Argissolos vermelho-amarelo	10

Fonte: A autora (2018).

O mapa do uso e cobertura da terra foi elaborado a partir de imagem do sistema sensor Digital Globe, com resolução espacial de 0,31 metros, de 30 de julho de 2016, disponível no Basemap Imagery, que compõe os mapas base do *software* ArcGIS. A interpretação das classes de uso e cobertura da terra foi realizada por meio de análise visual da imagem e digitalização em tela. Foram verificadas e definidas sete classes: agricultura, massa de água, pastagem, reflorestamento, solo exposto, urbanização e vegetação secundária.

A ponderação de cada classe foi realizada com a metodologia proposta por Caprario (2017). Com isso, foi atribuída maior valor à classe de uso e cobertura da terra representada por corpos d'água, por estas áreas estarem naturalmente e constantemente inundadas. Os valores das classes seguintes foram sucessivamente adequados, conforme a impermeabilização do solo e a densidade da vegetação. As classes do fator uso e cobertura da terra, bem como seus respectivos valores são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação e valoração das classes do fator uso e cobertura da terra

Classes de uso e ocupação da terra	Valores
Agricultura	6
Massa de água	10
Pastagem	5
Reflorestamento	2
Solo exposto	7
Urbanização	8
Vegetação secundária	1

Fonte: A autora (2018).

Após espacialização e ponderação das condicionantes, partiu-se para a elaboração da matriz de comparação. De acordo com a proposta de Caprario (2017), optou-se por utilizar uma equipe multidisciplinar composta por três pesquisadores com experiência em estudo de inundação, sendo os mesmos um geógrafo, um engenheiro agrimensor e um biólogo. Cada profissional construiu a sua matriz de comparação, elencando o grau de importância do fator da linha em relação ao fator da coluna, utilizando para tal a escala fundamental proposta por Saaty (2008) (Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8).

Tabela 6 - Matriz de comparação pesquisador 01

Condicionantes	Pedologia	Uso e cobertura da terra	Altimetria	Declividade
Pedologia	1			
Uso e cobertura da terra	3	1		
Altimetria	5	3	1	
Declividade	7	5	3	1

Fonte: A autora (2018).

Tabela 7 - Matriz de comparação pesquisador 02

Condicionantes	Pedologia	Uso e cobertura da terra	Altimetria	Declividade
Pedologia	1			
Uso e cobertura da terra	3	1		
Altimetria	5	3	1	
Declividade	9	5	3	1

Fonte: A autora (2018).

Tabela 8 - Matriz de comparação pesquisador 03

Condicionantes	Pedologia	Uso e cobertura da terra	Altimetria	Declividade
Pedologia	1			
Uso e cobertura da terra	1/3	1		
Altimetria	7	9	1	
Declividade	4	7	1/4	1

Fonte: A autora (2018).

As três matrizes obtiveram grau de consistência aceitável, apresentando respectivamente os valores 0,04, 0,03 e 0,07. De acordo com Saaty (2008), se o índice de consistência for menor do que 0.1, então há consistência para prosseguir com os cálculos do AHP. Para dar continuidade ao método AHP, optou-se por utilizar a média dos pesos das três matrizes (Tabela 9).

Tabela 9 - Pesos das condicionantes

Condicionantes	Pesos
Altimetria	0,3798
Declividade	0,4651
Pedologia	0,0640
Uso e cobertura da terra	0,0912

Fonte: A autora (2018).

Após a definição de todos os condicionantes e seus respectivos pesos, foi elaborado o mapa de vulnerabilidade geográfica da bacia, usando o *software* ArcGis versão 10.3.1, ferramenta calculadora raster, em que os pesos são multiplicados por cada mapa, conforme Equação 4 que segue:

$$VGH = 0,3798*A + 0,4651*D + 0,0640*P + 0,0912*U \quad (4)$$

Em que:

VGH: vulnerabilidade geográfica;

A: Mapa de altimetria;

D: Mapa de declividade;

P: Pedologia;

U: Mapa de uso e cobertura da terra.

O resultado do método AHP foi agrupado em três classes: baixa, média e alta vulnerabilidade geográfica.

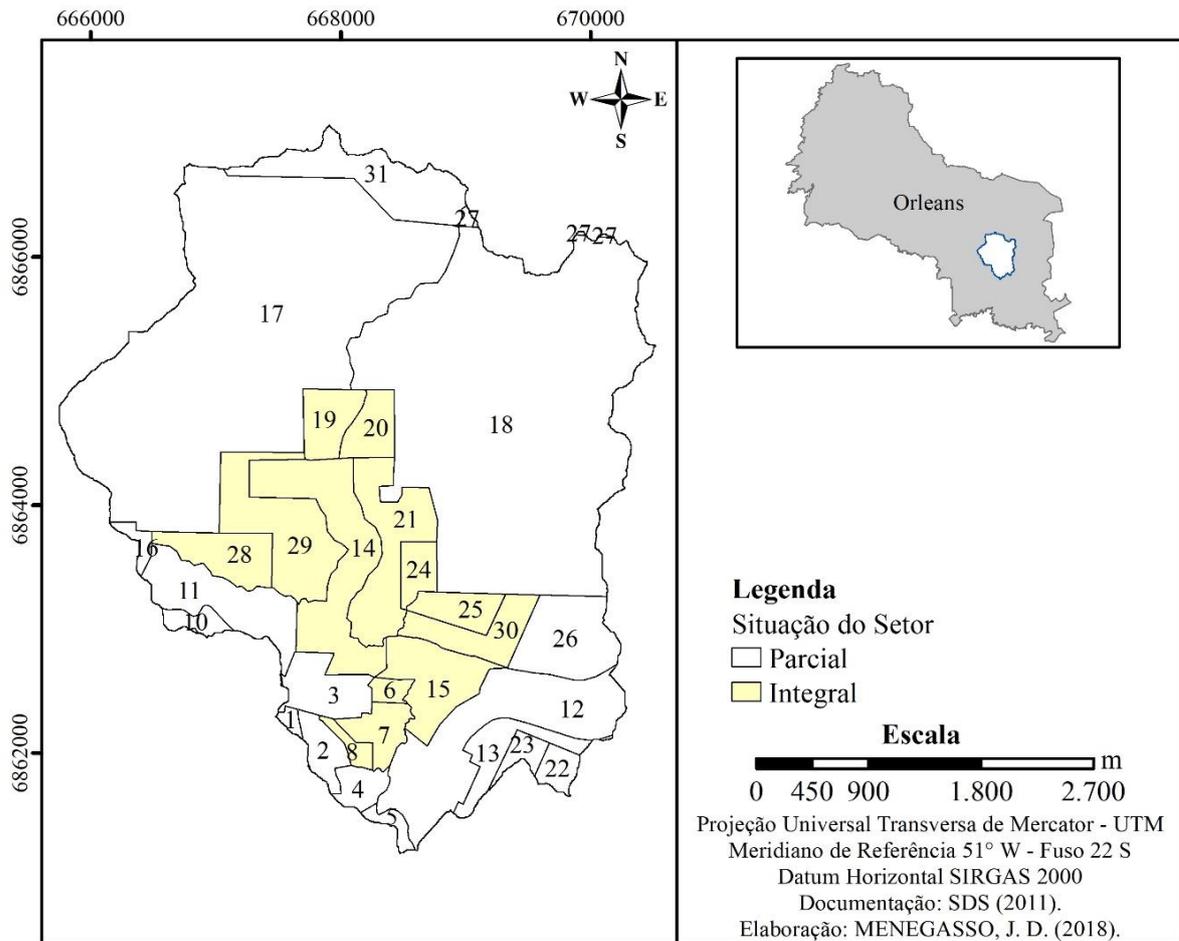
3.2.8 Mapeamento da vulnerabilidade social

Para mensurar a vulnerabilidade, envolvendo seus aspectos de ordem social (população, idade, educação e renda), utilizou-se a metodologia proposta por Goerl et al.(2012), em que foram selecionadas variáveis do Censo de 2010, realizado pelo IBGE, para compor um índice de vulnerabilidade para a BHRB.

O IBGE utiliza como unidade de análise o setor censitário, menor unidade territorial de controle cadastral da coleta, constituída por áreas contíguas, respeitando-se os limites da divisão político-administrativa, do quadro urbano e rural legal e de outras estruturas territoriais de interesse, além dos parâmetros de dimensão mais adequados à operação de coleta (IBGE, 2011).

Assim sendo, a área de estudo encontra-se subdividida em 31 setores censitários (Figura 6 e Tabela 10), sendo 13 deles situados integralmente na BHRB e 18 setores localizados de forma parcial no território, distribuídos por 12 bairros da zona urbana e uma comunidade da área rural do município de Orleans (Figura 5).

Figura 6 - Setores censitários da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Tabela 10 - Código dos setores e seus respectivos bairros em 2010 (continua)

Nº	Código do Setor	Bairro	Área km ²	Nº	Código do Setor	Bairro	Área km ²
1	421170205000003	Centro	0,18	17	421170205000048	Comunidade Rio Belo	14,16
2	421170205000004	Centro	0,22	18	421170205000049	Comunidade Rio Belo	12,28
3	421170205000005	Lomba	0,29	19	421170205000038	Rio Belo	0,22
4	421170205000009	Santista	0,14	20	421170205000039	Rio Belo	0,19
5	421170205000010	Conde d'Eu	0,36	21	421170205000040	Rio Belo	0,55
6	421170205000006	Cohab	0,06	22	421170205000055	Km 92	2,74
7	421170205000007	Alto Paraná	0,18	23	421170205000056	Murialdo	0,35
8	421170205000008	Alto Paraná	0,06	24	421170205000050	Rio Belo	0,13
9	421170205000017	Aires Rodrigues	0,46	25	421170205000051	Bussolo	0,18
10	421170205000018	Barro Vermelho	0,43	26	421170205000060	Murialdo	0,60

Tabela – 10

(conclusão)

Nº	Código do Setor	Bairro	Área km ²	Nº	Código do Setor	Bairro	Área km ²
12	421170205000022	Murialdo	1,21	28	421170205000057	Barro Vermelho	0,29
13	421170205000026	Murialdo	0,33	29	421170205000058	Rio Belo	0,61
14	421170205000020	Rio Belo	0,80	30	421170205000059	Bussolo	0,28
15	421170205000021	Bussolo	0,41	31	421170230000007	Comunidade Rio Belo	9,63
16	421170205000037	Aires Rodrigues	0,14				

Fonte: IBGE (2010).

Para a composição do Índice de Vulnerabilidade (IV), adotou-se a metodologia proposta por Goerl et al.(2012). Foram selecionadas oito variáveis censitárias para construir o índice de vulnerabilidade, de acordo com o Quadro 7, agrupadas em seis variáveis de vulnerabilidade, sendo três relacionadas às características demográficas (D), uma às características de dependência, pertinente a idade (I), uma associada à educação (E) e por último uma relacionada à renda (R). O IBGE utilizou-se de uma data de referência como base dos dados, que foi dia 1º de agosto de 2010.

Quadro 6 - Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	Número de moradores no setor (D)
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio (D)
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica (D)
Total da população acima de 65 anos	Soma do total da população acima de 65 e abaixo de 12 anos (I)
Total da população abaixo de 12 anos	
Total de pessoas analfabetas acima de 12 anos	Total de pessoas analfabetas acima de 12 anos (E)
Total de Responsáveis sem rendimento	Soma do total dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 Salário Mínimo (R)
Total de responsável com rendimento até 1 Salário Mínimo	

Fonte: Goerl et al. (2012, p. 91).

É importante ressaltar que o IBGE omite informações dos setores que apresentam menos de cinco domicílios particulares permanentes. Diante disso, para as variáveis dos setores identificados pelos números 13, 23, 24, 25, 28 e 30 foi atribuído valor zero.

Desta forma, ao copilar as seis variáveis de vulnerabilidade, foi possível calcular o IV da bacia hidrográfica do rio Belo, utilizando equação 5:

$$IV = \frac{Dd+Nm+Mm+TD+E+R}{IDHM} \quad (5)$$

Em que:

IV: é o Índice de Vulnerabilidade;

Dd: é a densidade demográfica;

Nm: é o número de moradores no setor;

Mm: é média de moradores por residência;

TD: é a taxa de dependência (idosos e jovens);

E: é a educação (analfabetos acima de 12 anos);

R: é a renda (responsável sem rendimento ou com até 1 salário mínimo);

IDHM: é o Índice de Desenvolvimento Humano do Município).

O IDHM é divulgado pela ONU por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, é obtido pela média composta por indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda, variando de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (PNUD, 2018).

Diante dos conceitos expostos, pode-se afirmar que a vulnerabilidade é inversamente proporcional à capacidade de suporte/resposta ao desastre, sendo o IDHM um indicador relevante (GOERL et al, 2012). Para uniformizar as unidades, as variáveis foram escalonadas. Assim como na espacialização do inventário de inundações, para melhor consistência dos dados, utilizou-se a metodologia proposta por Eicher e Brewer (2001). Distribuiu-se o Índice de Vulnerabilidade Social, levando em consideração as áreas de uso e cobertura da terra: 47,5% para urbanização, 15% para agricultura, 15% para pastagem, 15% para solo exposto, 2,5% para massa de água, 2,5% para reflorestamento e 2,5% para vegetação secundária. Desta forma, o Índice de Vulnerabilidade Social foi agrupado em três classes: alta, média e baixa.

3.2.9 Mapeamento da vulnerabilidade

O mapa de vulnerabilidade geográfica e o de vulnerabilidade social foram sobrepostos (adição) por meio do *software* ArcGIS 10.3.1 com o auxílio da calculadora raster.

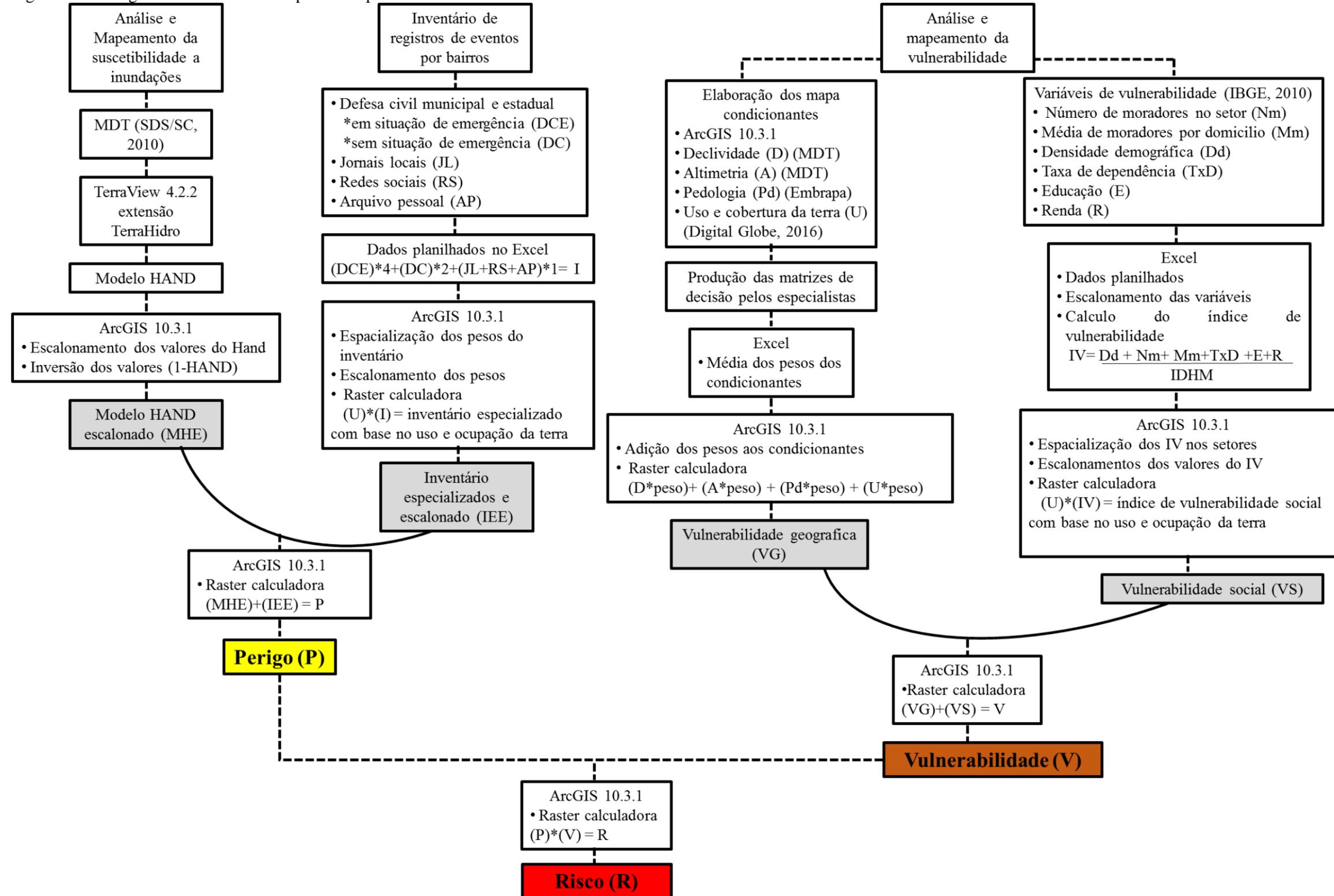
Após a sobreposição, o resultado foi agrupado em três classes: baixa, média e alta vulnerabilidade.

3.2.10 Mapeamento das áreas de risco a inundações na BHRB

A elaboração do mapa final de risco à inundação consistiu da utilização dos mapas de perigo e vulnerabilidade gerados anteriormente, com auxílio do *software* ArcGIS 10.3.1 e a calculadora raster, em que os mesmos foram multiplicados. Atendendo ao que propôs Marcelino (2008), o risco é o resultado do perigo multiplicado pela vulnerabilidade. Para melhor visualização do resultado, ele foi agrupado em três classes: baixo, médio e alto risco.

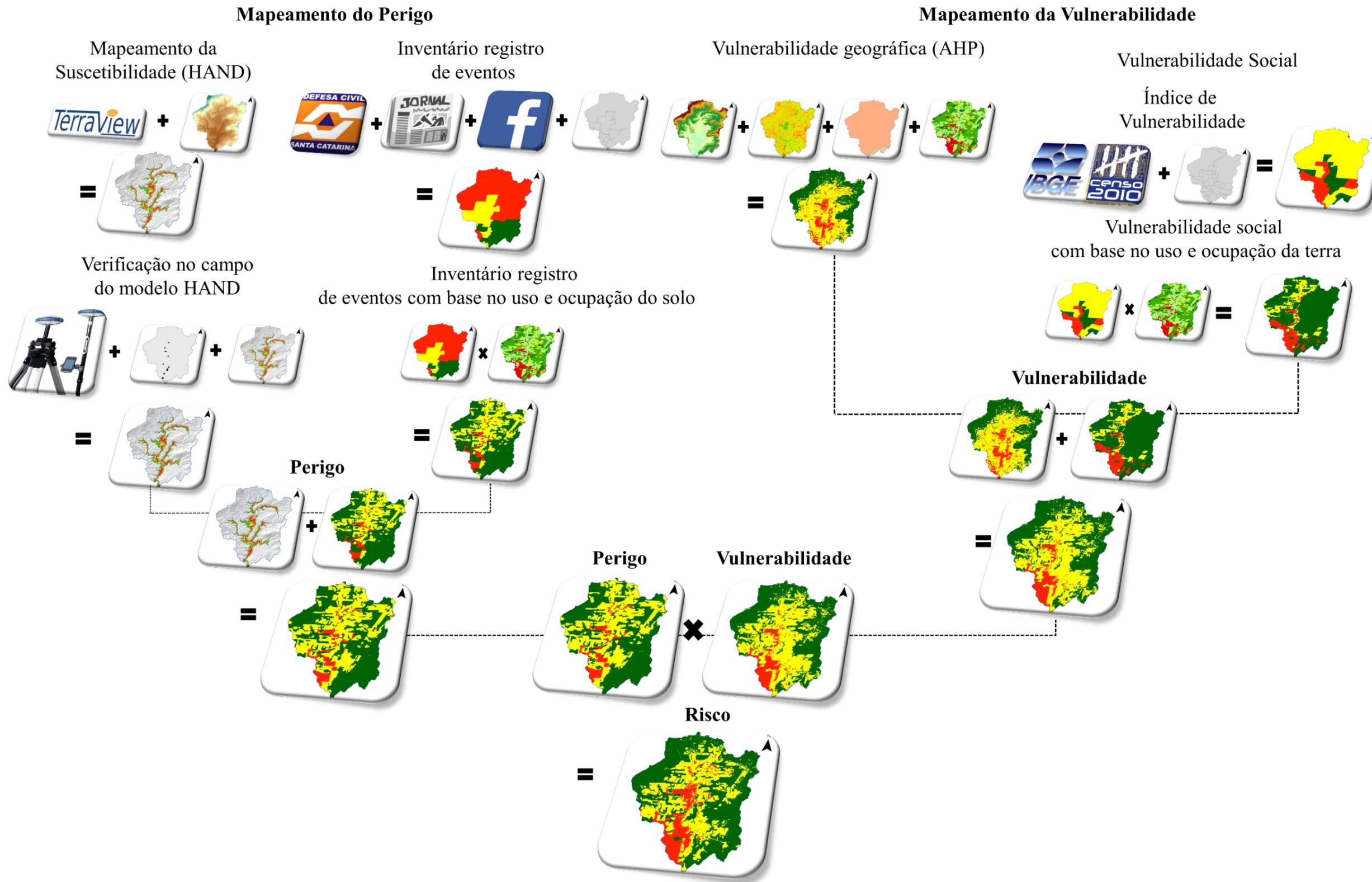
Com o intuito de sintetizar as etapas que envolvem o mapeamento de risco de inundação, foi elaborado um fluxograma de trabalho (Figura 7) seguido de uma representação ilustrativa dele (Figura 8).

Figura 7 - Fluxograma descritivo das etapas do mapeamento de risco



Fonte: A autora (2018).

Figura 8 - Ilustração das etapas de mapeamento de risco de inundação



Fonte: A autora (2018).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 FORMAÇÃO HISTÓRICA DE ORLEANS E O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DA BHRB

De acordo com Brighenti (2012), o atual território do município de Orleans era ocupado pelo grupo indígena Xokleng, habitantes da região intermediária, entre o planalto e o litoral, adaptado a diversos relevos, que sobreviviam com os recursos oferecidos pela Mata Atlântica, considerados, portanto, como caçadores e coletores. Por razão da grande oferta de recursos naturais, a agricultura foi praticada em menor escala por este grupo indígena. Contudo, com a implantação da Colônia Grão Pará, que receberia imigrantes nacionais e europeus para o desenvolvimento da agricultura na região, o povo Xokleng começa a ser dizimado. O espaço passa então a ser alvo de disputa entre imigrantes e indígenas. Por conta disso, batedores, também conhecidos por bugreiros, foram contratados pelas empresas colonizadoras para exterminar os indígenas (BRIGHENTI, 2012).

A Colônia Grão Pará surgiu após o casamento da Princesa Isabel, filha do imperador D. Pedro II, com o Conde d'Eu. Como era de costume, o noivo receberia um dote, uma extensão de 98 léguas que ocupam, atualmente, os territórios integrais ou parciais, dos municípios de Orleans, São Ludgero, Grão Pará, Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima, Anitápolis, Armazém, São Martinho e São Bonifácio. De acordo com Lottin (2004), a escolha da área se deu por conta da descoberta de carvão mineral e de um projeto para a construção de uma estrada de ferro. Em uma das suas viagens, o Conde d'Eu homenageou sua terra natal, Orleans, na França, dando origem a cidade que se conhece hoje.

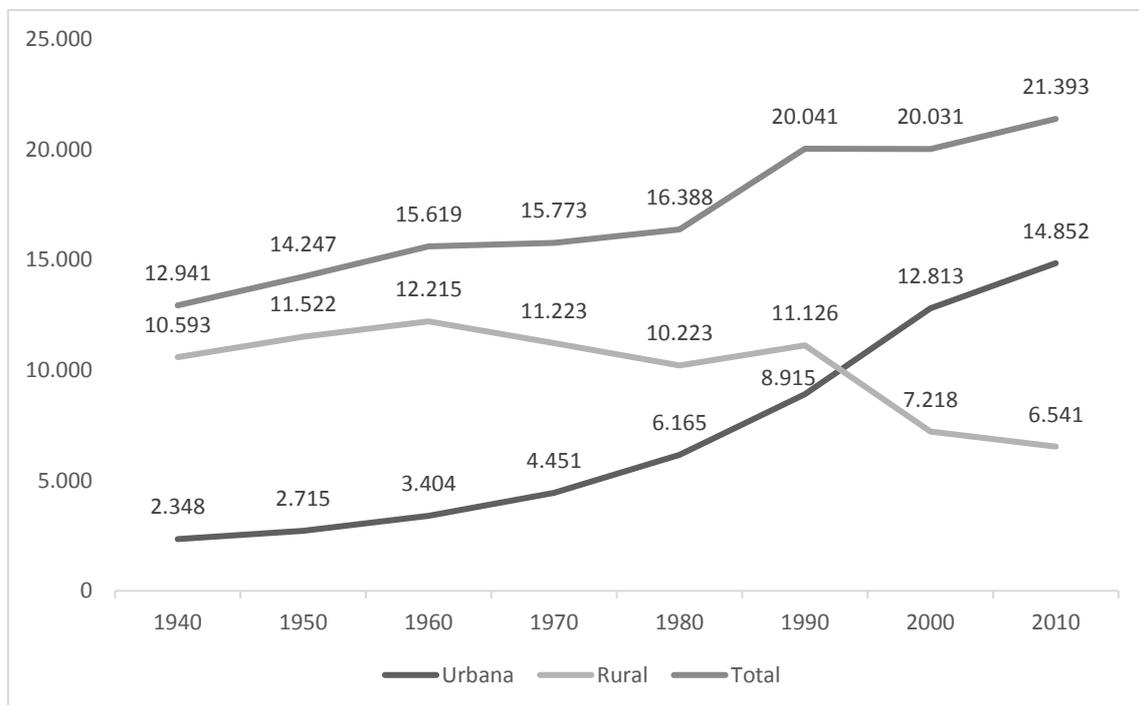
Para promover a ocupação da região, foi criada em 1882 a Colônia Grão Pará, com a vinda de colonos europeus (italianos, alemães, letos e poloneses) e nacionais. Lottin (1998) afirma que a distribuição dos lotes aos colonos se dava a partir de ambas as margens do rio, ao longo do vale formado pelo principal curso d'água. O autor ainda relata que parte da área de terra recebida pelo colono já estava desmatada, de forma errada, pois não se deixava uma faixa de vegetação em volta dos cursos d'água. Tal situação pode ter contribuído na ocorrência de escorregamentos de encostas e inundações, que ao longo do tempo foram registradas no município de Orleans.

A construção do espaço físico do que viria a ser a cidade de Orleans se inicia em 1885, com a derrubada de árvores para a abertura das ruas, venda de lotes e construção de uma capela, casas comerciais e moradias, configurando uma vila. Em 1888, Orleans passa a ser

distrito do município de Tubarão, tornando-se a sede da Empresa de Colonização, obtendo sua emancipação política em 1913. Entre os anos de 1953 e 1958, desmembram-se do município de Orleans os distritos de Grão Pará e Lauro Muller, respectivamente (DALL'ALBA, 2013; LOTTIN, 1998).

Desde a sua formação até a atualidade, a população absoluta, assim como a população residente em áreas urbanas do município de Orleans apresentaram crescimento (Figura 9).

Figura 9 - Evolução da população de Orleans no período de 1940 a 2010



Fonte: IBGE (2010).

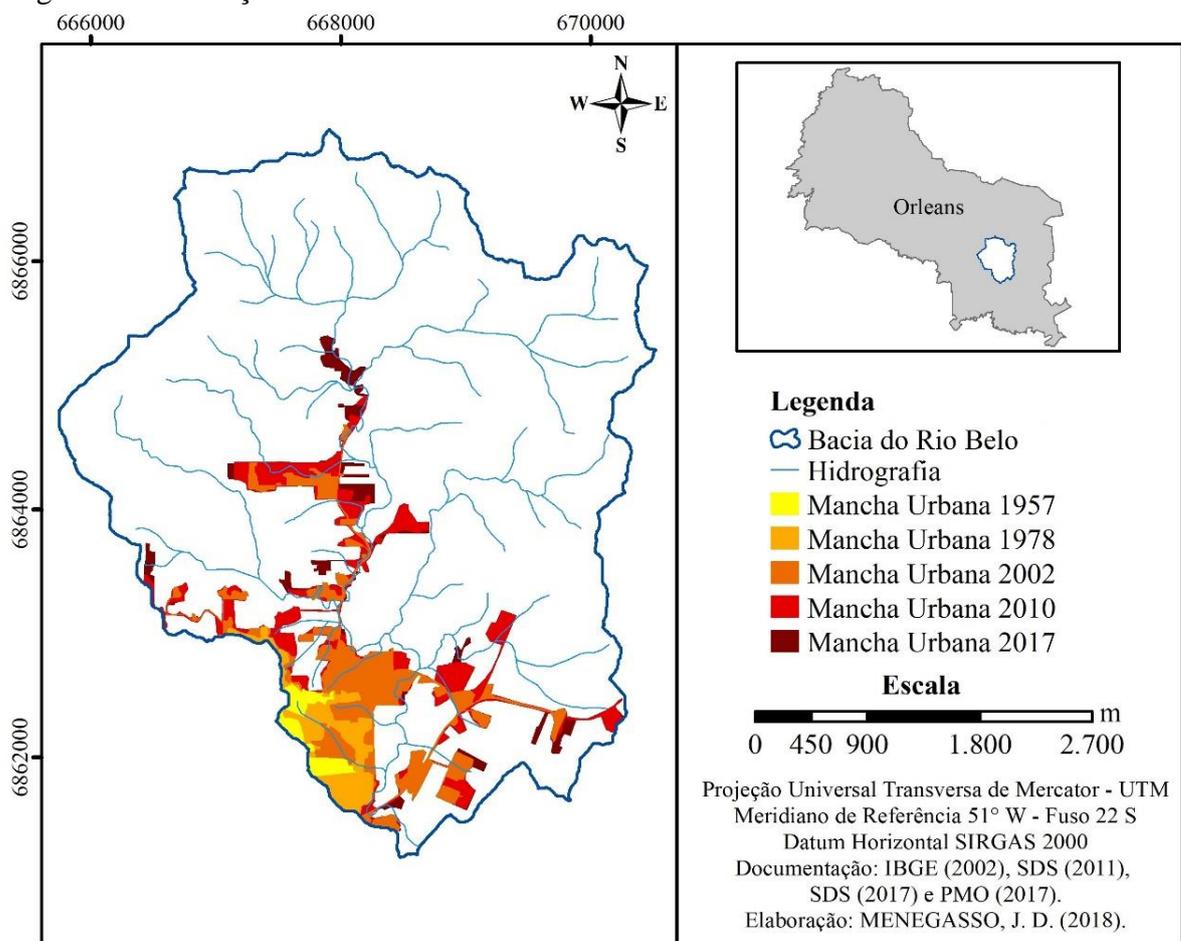
Em números absolutos, a população total do município de Orleans apresentou um incremento de 8.452 habitantes entre os anos 1940 e 2010, o que corresponde a uma taxa de crescimento próxima a 40%, ficando bem abaixo do 78,34% do aumento da população brasileira no mesmo período. Contudo, os dados da Figura 9 revelam um salto de 84,2% na população urbana do município em relação à população rural, apontando para a existência do êxodo rural.

Ao mesmo tempo que a população urbana orleanense cresceu, expandiu-se também a mancha urbana do município. O IBGE (2005) classificou as manchas urbanas brasileiras em três categorias: muito densa, densa e pouco densa, sendo que as diferenças entre as manchas

estão relacionadas ao adensamento das construções, a presença de verticalização e o grau de impermeabilização do solo. Desta forma, para analisar a evolução urbana na bacia hidrográfica do Rio Belo, foram consideradas como manchas urbanas o adensamento das construções, a presença de verticalização e o grau de impermeabilização do solo (IBGE, 2005), por meio da sobreposição de fotografias das áreas de 1957 e 1978, e ortofotos de 2002, 2010 e 2017 em ambiente de SIG.

Em 1957, a maior parte da BHRB estava desocupada pelo processo de urbanização (Figura 10). Nesse período, a mancha urbana estava concentrada na região sudoeste da bacia, nas proximidades com o bairro Centro, núcleo formador da cidade, onde havia maior concentração das atividades comerciais. Por esta razão, a mancha urbana da bacia não chegava a 1%, representando 12,34 hectares.

Figura 10 - Evolução da mancha urbana da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Passados 21 anos, houve um crescimento de 251,35% na área urbana, em direção ao nordeste da bacia (Figura 10). Essa situação é explicada por Menegasso et al. (2018, no

prelo), ao identificar as condições naturais de Orleans, como o relevo íngreme e o traçado do Rio Tubarão como limitantes do crescimento urbano para o sul do município.

Entre a década de 1970 e 2000, a população urbana de Orleans passa por um crescimento de aproximadamente 27% (Figura 9), que contribuiu com a expansão urbana da bacia, em um pouco mais de 87 hectares (Figura 10).

No período compreendido entre os anos de 2002, 2010 e 2017, novas pavimentações asfálticas são realizadas em rodovias municipais e loteamentos residenciais são criados, fazendo com que a mancha urbana aumentasse em 90%, ocupando 34,64 hectares da bacia (Figura 10).

A urbanização é um dos condicionantes antrópicos relacionados aos fenômenos de inundação, pois as cidades ocupam as planícies e o fundo dos vales. Para Amaral e Ribeiro (2012), a impermeabilização do solo pelo asfalto, impede a infiltração e aumenta a velocidade de escoamento superficial, somando-se a isso as retificações, as canalizações, o assoreamento e a disposição inadequada de lixo e entulho, que alteram toda a dinâmica da vazão dos cursos d'água.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BHRB

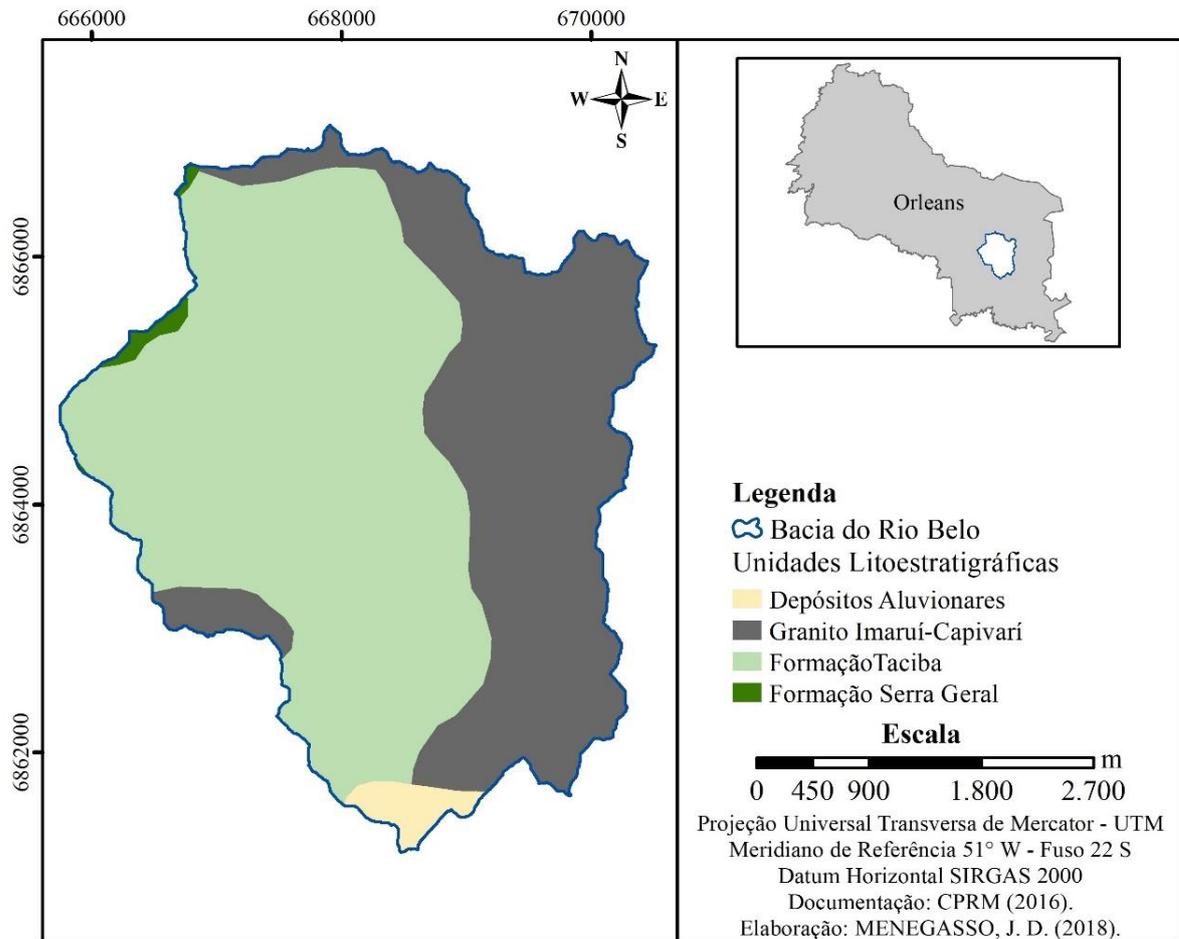
4.2.1 Clima

O clima da região onde a bacia do Rio Belo está localizada é, segundo Köppen, do tipo Cfa. Pandolfo et al. (2002) caracteriza este tipo climático como subtropical úmido com a temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e a temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

4.2.2 Geologia

Conforme o mapa geológico do Estado de Santa Catarina, proposto por Wildner et al. (2014), a geologia da bacia hidrográfica do Rio Belo pode ser classificada em quatro unidades litoestratigráficas apresentadas a partir da sua formação basal: Granito Imaruí-Capivari, Formação Rio do Sul, Formação Serra Geral e Depósitos Aluvionares (Figura 11).

Figura 11 - Mapa das unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Belo



Fonte: A autora (2018).

A unidade litoestratigráfica Granito Imaruí-Capivari constitui 38,10% da área da bacia (Tabela 1) e é formada por rochas graníticas não deformadas que integram uma série alcalina, sódica e potássica (WILDNER et al. 2014).

A maior parte da bacia é composta pela Formação Rio do Sul, ocupando 59,36% da área (Tabela 1). Esta Formação faz parte do Grupo Iatararé, constituída por rochas sedimentares geradas em um ambiente de deposição na interface continente-plataforma marinha com influência glacial, composta por folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, diamicitos e conglomerados com acamadamento gradacional, ritmitos, varvitos com seixos pingados e arenitos muito finos a médios (ADAMI et al., 2014; WILDNER et al., 2014).

Na menor porção, entre o norte e o oeste, está localizada a Formação Serra Geral, compreendendo somente 0,67 % do espaço da bacia do Rio Belo (Tabela 10). Esta unidade é composta por rochas resultantes do Magmatismo da Serra Geral, um dos maiores eventos vulcânicos ocorrido no planeta, formado por derrames em platô, alimentados por uma intensa

atividade intrusiva, representada por diques e sills, compreendida por basaltos e andesitos (WILDNER et al., 2014).

Os depósitos aluvionares estão localizados no baixo vale da bacia, próximos a confluência do Rio Belo com o Rio Tubarão, ocupando 1,67% da área total em estudo (Tabela 10). São formados por acumulações, predominantemente arenosas, seguidas por cascalhos, siltes e argilas subordinadas. Estão relacionados à ação direta da dinâmica dos rios e depositados nas calhas fluviais e planícies de inundação (WILDNER et al., 2014).

Tabela 11 - Unidades litoestratigráficas da BHRB

Geologia	Área (ha)	Área (%)
Depósitos aluvionares	32,09	1,84
Granito Imaruí-Capivari	661,60	38,10
Formação Rio do Sul	1030,55	59,36
Formação Serra Geral	11,80	0,67

Fonte: A autora (2018).

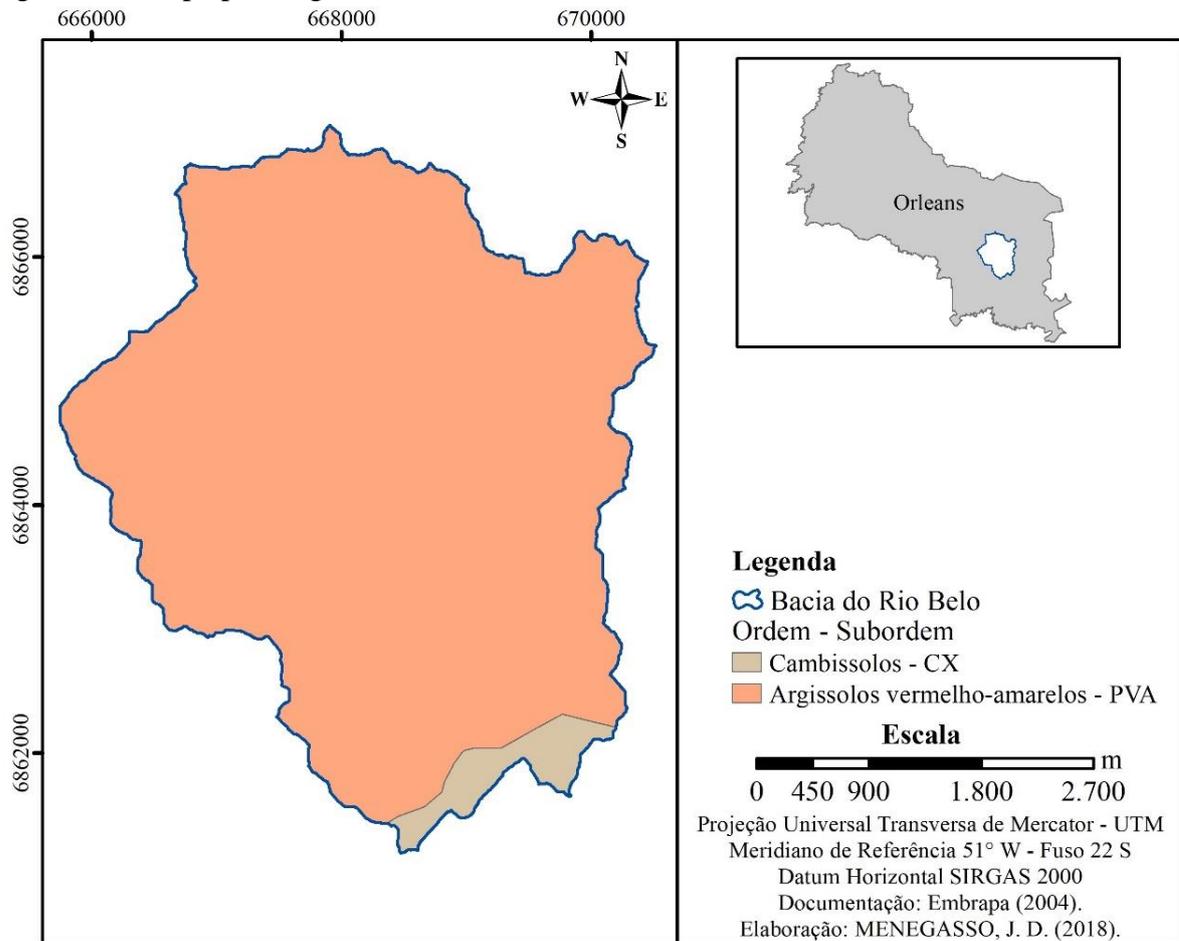
4.2.3 Pedologia

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), classifica os solos em seis níveis categóricos: 1º nível categórico (ordens), 2º nível categórico (subordens), 3º nível categórico (grandes grupos), 4º nível categórico (subgrupos), 5º nível categórico (famílias) e 6º nível categórico (séries) (EMBRAPA, 2014).

De acordo com os dados disponíveis da área de estudo, foi possível classificar somente até o 2º nível categórico, o que permitiu a categorização da bacia em dois tipos de solos, classificados ordem e subordem, o argissolo e o cambissolo (Figura 12).

O solo predominante na BHRB é o argissolo vermelho-amarelo (PVA), que ocupa 96,65% de toda bacia hidrográfica (tabela 2). Para Palmieri e Larach (2012), este tipo de solo apresenta horizontes bem diferenciados e um nítido gradiente textural. Somente 3,34% do território da área em estudo é representado pelos cambissolos háplicos (CX), localizados no extremo sul da bacia, que conforme Palmieri e Larach (2012), compreendem horizontes pouco desenvolvidos. Ambos os solos apresentam textura argilosa (Tabela 12).

Figura 12 - Mapa pedológico da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Tabela 12 - Classificação pedológica da BHRB

Solos	Área (ha)	Área (%)
Cambissolos	58,12	3,34
Argissolos vermelho-amarelos	1677,94	96,65

Fonte: A autora (2018).

4.2.4 Recursos Minerais

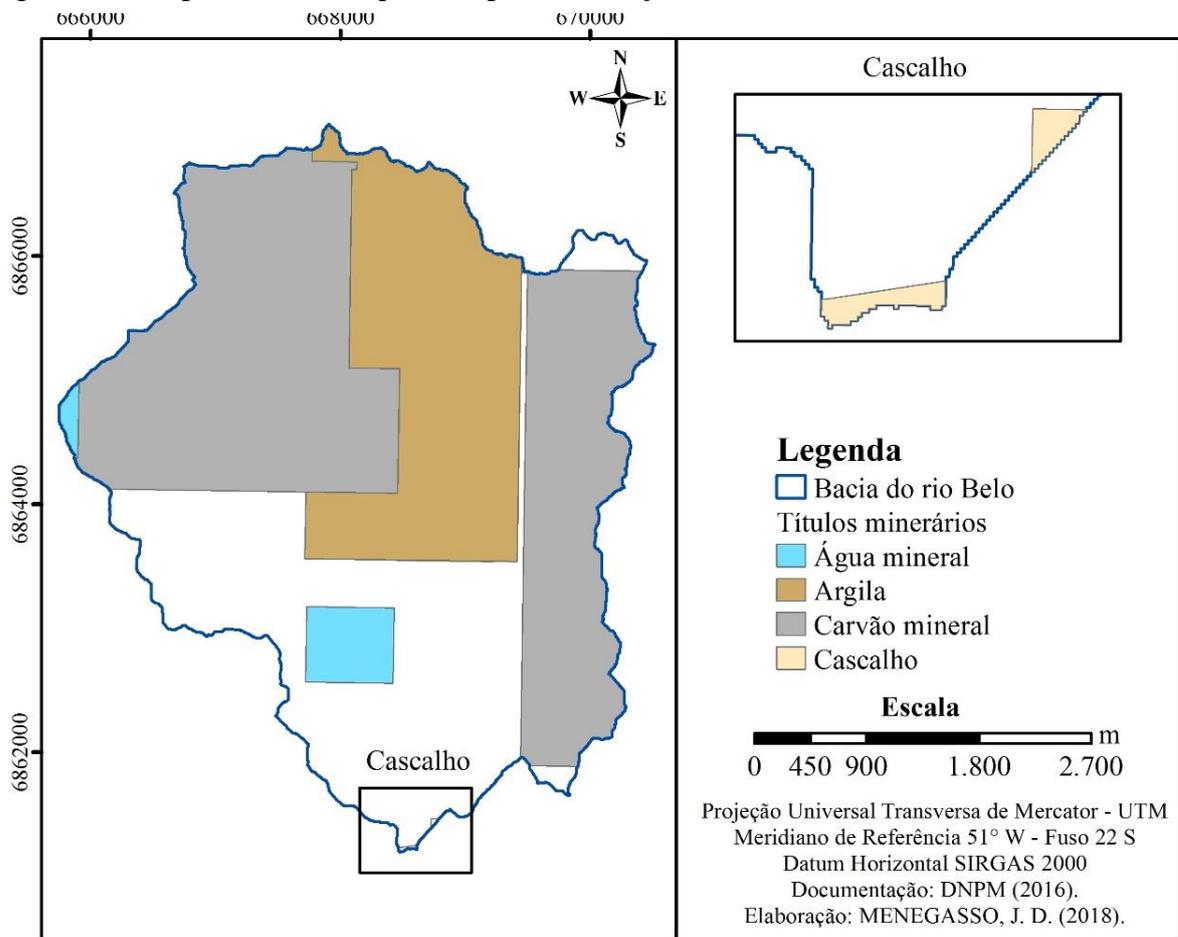
A formação geológica da região propicia a existência de diversos recursos minerais, por isso há interesses por parte de pessoas físicas e jurídicas na exploração mineralógica da bacia. De acordo com dados da CPRM (2016), 88,62% do território da área em estudo foi requerido para realização de pesquisa ou atividade de lavra (Tabela 13).

Tabela 13 - Áreas requeridas para a mineração da BHRB

Títulos minerários	Área (ha)	Área (%)
Água mineral	49,00	2,82
Argila	697,40	40,17
Carvão mineral	791,46	45,58
Cascalho	0,67	0,038
Total	1538,53	88,62

Fonte: CPRM (2016).

Figura 13 - Mapa das áreas requeridas para mineração da BHRB



Fonte: A autora (2018).

A porção de requerimento de lavra ocorre no extremo sul da bacia, onde há os depósitos aluvionares, ricos em cascalho. Nas demais áreas da bacia hidrográfica, foi concedido pela CPRM (2016) a autorização de pesquisa para água mineral, com fins de engarrafamento e carvão mineral, com finalidade industrial e requerimento de pesquisa para a argila (Figura 13).

4.2.5 Geomorfologia

O conjunto de paisagens geomorfológicas da bacia hidrográfica em estudo foi desenvolvido conforme a metodologia de Ross (2012), uma hierarquização em *táxons*: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais e unidades geomorfológicas (Quadro 7).

Quadro 7 - Paisagens geomorfológicas da BHRB

Unidade morfoestrutural	Unidades morfoescultural	Unidades geomorfológicas	Padrão de relevo
Bacia do Paraná	Depressão da Zona Carbonífera Catarinense	Domínios de colinas dissecadas e morros baixos	Dc
		Domínio de morros e de serras baixas	Dc
		Planícies fluviais ou fluviolacustres	Apf
		Vertentes recobertas por depósitos de encostas	Arc

Fonte: A autora (2018)

O primeiro *táxon* corresponde às unidades morfoestruturais, que abrangem a maior extensão da área e representam a influência do substrato geológico na configuração da morfologia. Por esta taxinomia, a bacia do Rio Belo faz parte da unidade morfoestrutural da Bacia do Paraná. Esta estrutura é composta pela deposição de sedimentos eólicos com os arenitos da Formação Botucatu, derrames vulcano-fissurais que originaram os basaltos da Formação Serra Geral no Jurássico, e a deposição de sedimentos flúvio-lacustres durante o Cretáceo com a gênese dos arenitos do Grupo Bauru. (MINEROPAR, 2001).

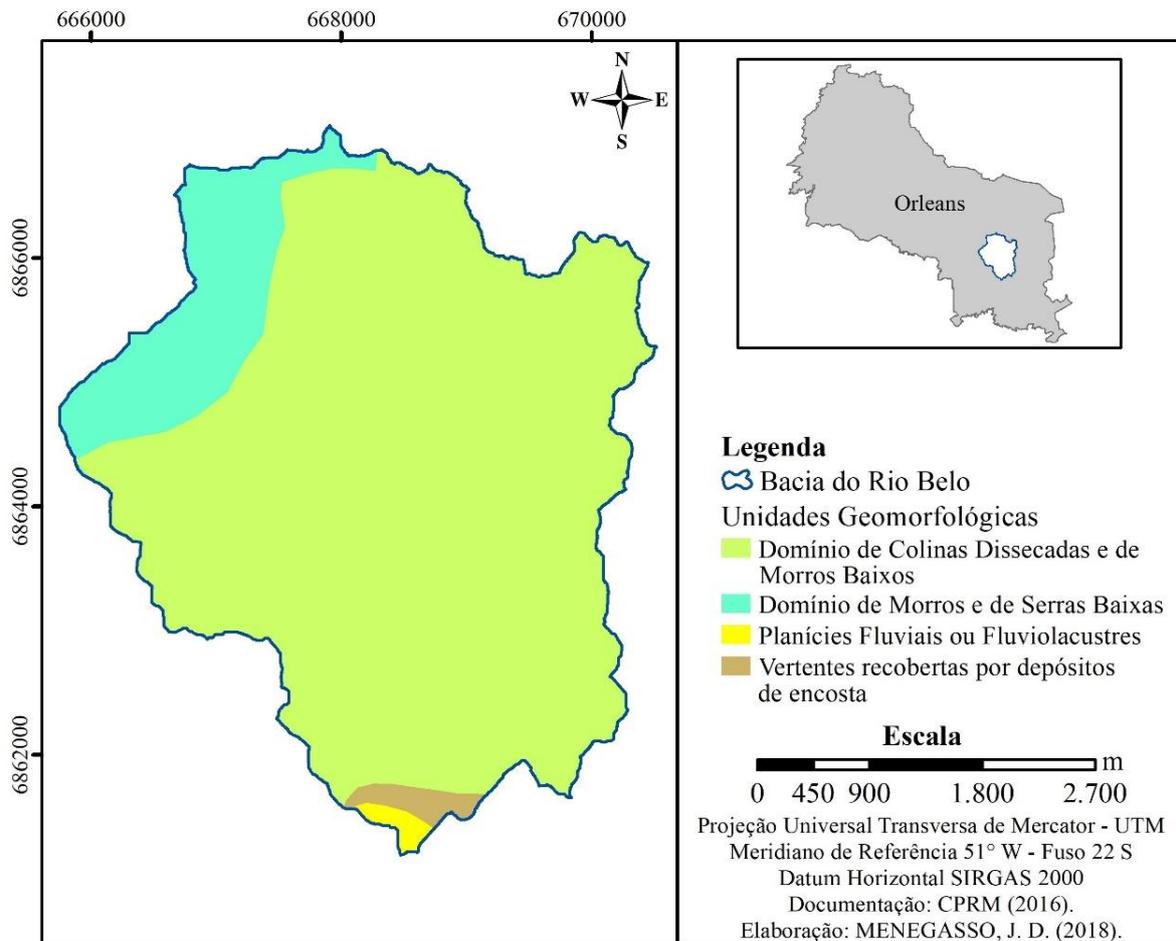
O segundo *táxon* corresponde às unidades morfoesculturais e identificam as diferentes atuações dos processos geomorfológicos no modelamento do relevo. Portanto, a área em estudo está inserida na Depressão da Zona Carbonífera Catarinense, uma faixa do extremo sul catarinense, no sentido norte-sul, composta por formas de relevo variadas, como colinas e vales encaixados, vertentes íngremes e formas residuais de topo plano.

O terceiro *táxon* é composto pelas unidades geomorfológicas e correspondem aos conjuntos de formas de relevo que apresentam elevado grau de semelhante entre si. Esta unidade taxonômica apresenta duas subdivisões, conforma a sua natureza: as formas agradacionais (acumulação) e as formas denudacionais (erosão). Ross (2012) explica que as

formas de denudação (D) são acompanhadas de uma letra minúscula que indica a morfologia do topo da forma individualizada, sendo reflexo do processo morfogenético que gerou tal forma. As formas de agradação (A) são acompanhadas por outras duas letras minúsculas que determinam a formação e o processo de geração da forma de agradação.

A BHRB é composta por quatro unidades geomorfológicas: domínios de colinas dissecadas e morros baixos (Dc), domínio de morros e de serras baixas (Dc), planícies fluviais ou fluviolacustres (Apf) e vertentes recobertas por depósitos de encostas (Arc)

Figura 14 - Mapa das unidades geomorfológicas da BHRB



Fonte: A autora (2018)

A unidade geomorfológica de maior expressividade na bacia do Rio Belo é formada domínio de colinas dissecadas e morros baixos, ocupando 85,91% da área total. O domínio de morros e serras baixas, presente entre o norte e o oeste da área em estudo, constitui 12,23% da extensão total. As vertentes recobertas por depósitos de encostas e as planícies fluviais ou lacustres representam, respectivamente, 1,19% e 0,65% do território da bacia e estão localizadas próximas a foz do rio Belo (Tabela 14 e Figura 14).

Tabela 14 - Unidades geomorfológicas da BHRB

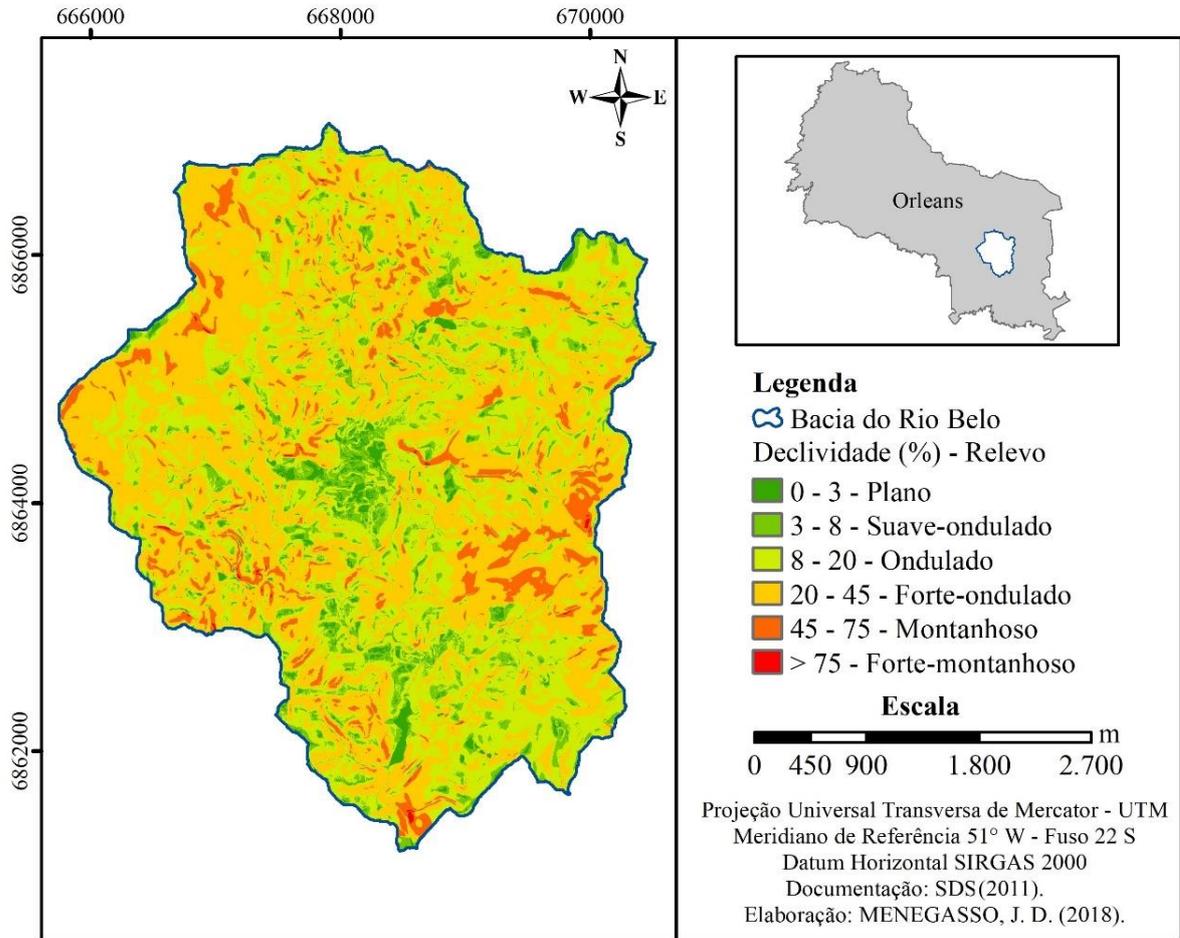
Unidades geomorfológicas	Área (ha)	Área (%)
Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	1491,56	85,91
Domínio de morros e serras baixas	212,40	12,23
Planícies fluviais ou fluviolacustres	11,33	0,65
Vertentes recobertas por depósitos de encostas	20,76	1,19
Total	1736,06	100

Fonte: A autora (2018).

4.2.6 Declividade

A declividade de uma área é definida como relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. As classes de declividade geradas neste tema foram reclassificadas em seis intervalos distintos sugeridos pela EMBRAPA (1979) (Figura 15).

Figura 15 - Mapa de declividade da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Na maior parte da BHRB predominam declividades entre 8 e 45%, caracterizadas por um relevo ondulado e forte ondulado, ocupando 82,25% de toda a bacia, onde se encontram colinas dissecadas, morros e serras baixas. No fundo do vale, dominam declividades entre 0 e 20%, marcadas por uma superfície plana a ondulada. As áreas com declividade mais elevada, entre 45 e 100% cobrem apenas 10,86 % da bacia, e estão concentradas próximas aos divisores de águas (Tabela 15).

Tabela 15 - Distribuição da declividade da BHRB

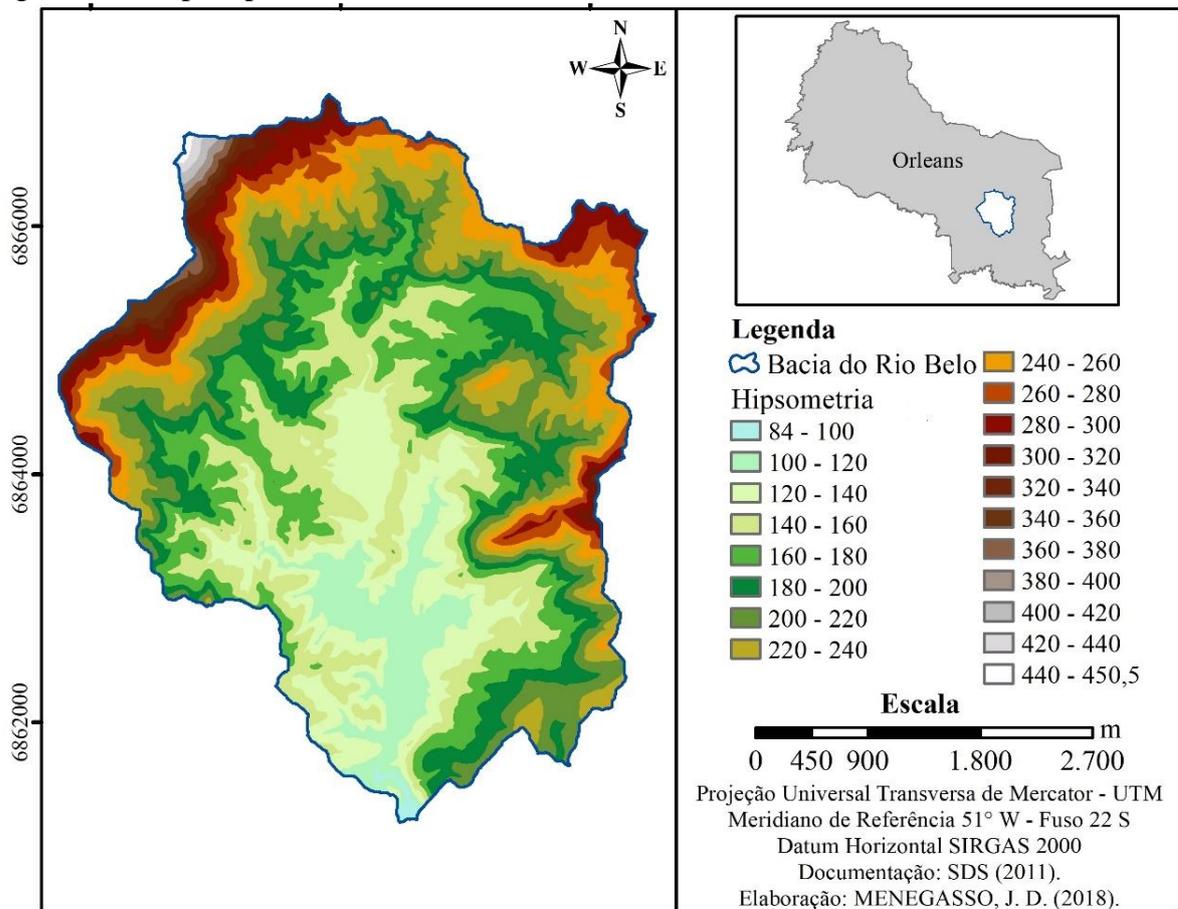
Declividade (%) - relevo	Área (ha)	Área (%)
0 – 3% - plano	2,04	0,11
3 – 8% - suave-ondulado	117,20	6,74
8 – 20% - ondulado	826,85	47,61
20 – 45% - forte-ondulado	601,56	34,64
45 – 75% - montanhoso	142,52	8,20
75 – 100% - forte-montanhoso	46,28	2,66

Fonte: A autora (2018).

4.2.7 Altimetria

A altitude é a distância vertical medida entre um determinado ponto e o nível médio do mar. Na BHRB, a altitude varia entre 84 e 450,5 metros, com uma altitude média de 267,25 metros (Figura 16). Na área em estudo, predominam altitudes entre 140 e 160 metros, que ocupam 14,50% de toda a bacia (Tabela 16).

Figura 16 - Mapa hipsométrico da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Tabela 16 - Distribuição hipsométrica da BHRB (continua)

Altitude em metros	Área (ha)	Área (%)
84 - 100	4,25	0,24
100 - 120	110,72	6,38
120 - 140	200,12	11,53
140 - 160	251,68	14,50
160 - 180	238,90	13,76
180 - 200	209,82	12,09
200 - 220	204,38	11,77
220 - 240	175,85	10,13

Tabela – 16

Altitude em metros	Área (ha)	conclusão) Área (%)
240 - 260	122,32	7,05
260 – 280	78,90	4,55
280 – 300	59,39	3,42
300 – 320	32,61	1,88
320 – 340	16,06	0,93
340 – 360	13,72	0,79
360 – 380	6,58	0,38
380 – 400	3,39	0,20
400 – 420	3,39	0,19
420 – 440	2,53	0,15
440 – 450,5	1,44	0,08

Fonte: A autora (2018).

4.2.8 Vegetação

A BHRB está localizada na região de predomínio da Floresta Ombrófila Densa (KLEIN, 1978). Essa formação vegetal é caracterizada por apresentar árvores altas, com até 25 metros de altura, dossel fechado ou denso, apresentando no seu interior muitas arvoretas, palmeiras, arbustos, ervas e epífitos (ADAMI; CUNHA, 2014).

A Floresta Ombrófila Densa foi subdividida em cinco formações distribuídas conforme a altitude: Formação Altomontana, acima de 1000 metros; Formação Montana, de 400 a 1000 metros; Formação Submontana, de 30 a 400 metros; Formação das Terras Baixas, de 5 a 30 metros e Formação Aluvial, de 0 a 5 metros (ADAMI; CUNHA, 2014).

Conforme o mapa hipsométrico (Figura 16), a BHRB apresenta 99% do seu território situada em altitudes de 84 a 400 metros, portanto recoberta pela Formação Submontana, caracterizada por árvores com mais de 25 metros de altura, em que há fixação de outras espécies de plantas, como as epífitas. Essa vegetação foi muito afetada pela ocupação humana, pela retirada de madeira, desenvolvimento de atividades agrícolas e onde ainda existe pode ser classificada como secundária (ADAMI; CUNHA, 2014; VIERO; SILVA, 2016). Em 1% do território da BHRB, próximo aos divisores de água da bacia, ocorre a Formação Montana que, de acordo com Adami e Cunha (2014), é composta por árvores desenvolvidas sobre solos em geral mais rasos, bem drenados e relevo escarpado, com árvores de até 20 metros de altura, rica em espécies de árvores, arvoretas e epífitas.

4.2.9 Hidrografia

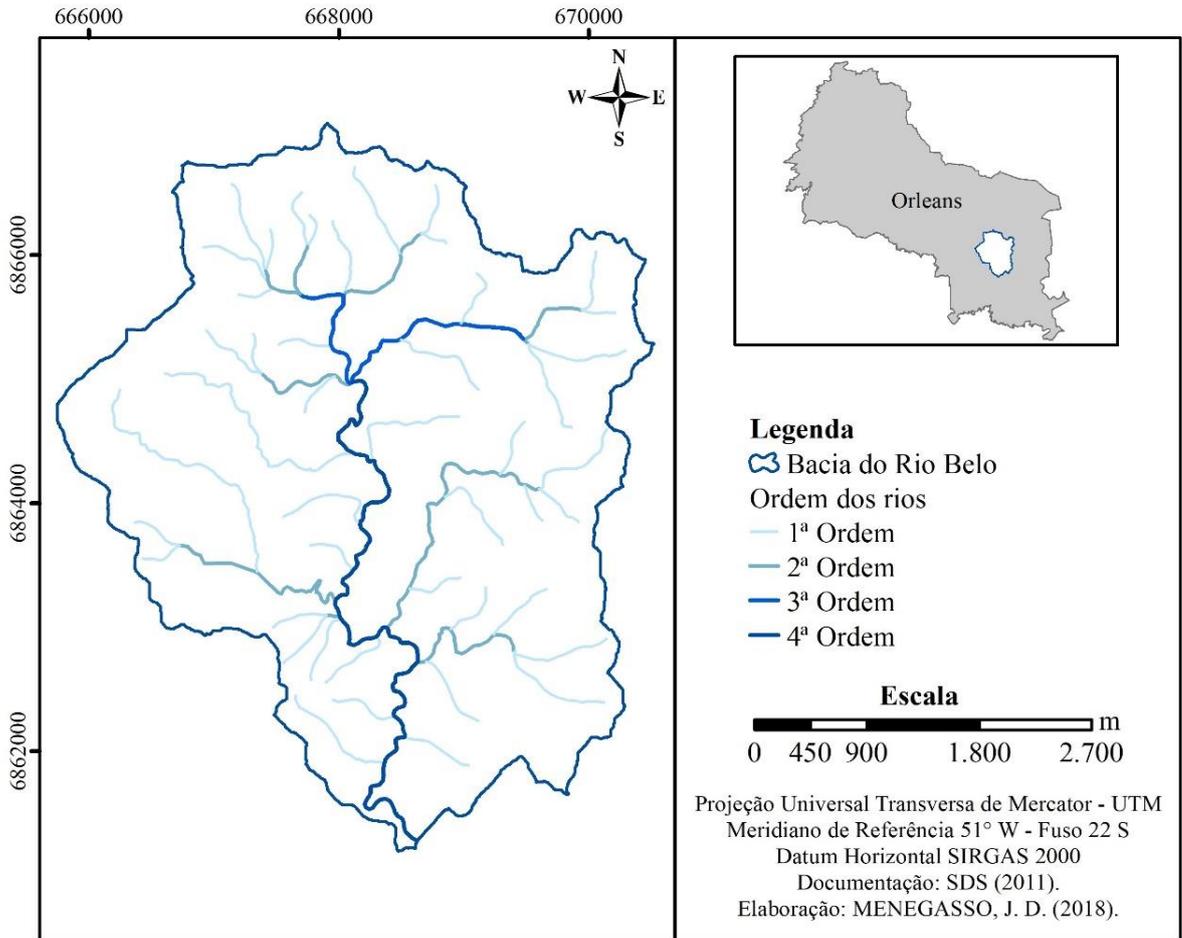
A bacia hidrográfica do Rio Belo é tributária da margem esquerda do rio Tubarão, constituiu uma das mais importantes bacias urbanas de Orleans, por ocupar a maior parte da cidade. O Rio Belo realiza seu percurso no sentido de norte a sul, enquanto os tributários na margem direita, em sua grande maioria, correm de leste para sudeste e os rios da margem esquerda de oeste para leste.

De maneira geral, é possível enquadrar o padrão de drenagem da bacia, ou seja, a disposição espacial dos cursos fluviais, como sendo dendrítica. Christofolletti (1980) compara o padrão de drenagem dendrítica a uma árvore. O rio principal corresponde ao tronco, enquanto os tributários aos ramos e as correntes de menor categoria aos raminhos e as folhas (Figura 17).

A hierarquia fluvial classifica os cursos de água no conjunto total da bacia hidrográfica. O ordenamento utilizado neste estudo adotou o modelo de Arthur N. Strahler, de 1952.

“Para Strahler, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens [...]”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 107).

Figura 17 - Mapa do padrão de drenagem e ordenamento da BHRB



Fonte: A autora (2018).

O ordenamento da bacia é classificado como de 4ª Ordem. Os rios de 1ª Ordem predominam e respondem por 62,41% de toda a extensão dos corpos hídricos. Os rios de 2ª Ordem ocupam 18,53% dos cursos de água, seguidos pelos rios de 3ª Ordem e 4ª Ordem, ocupando 6,16% e 12,89% da área dos flumens da bacia, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17 - Relação das ordens dos rios da BHRB

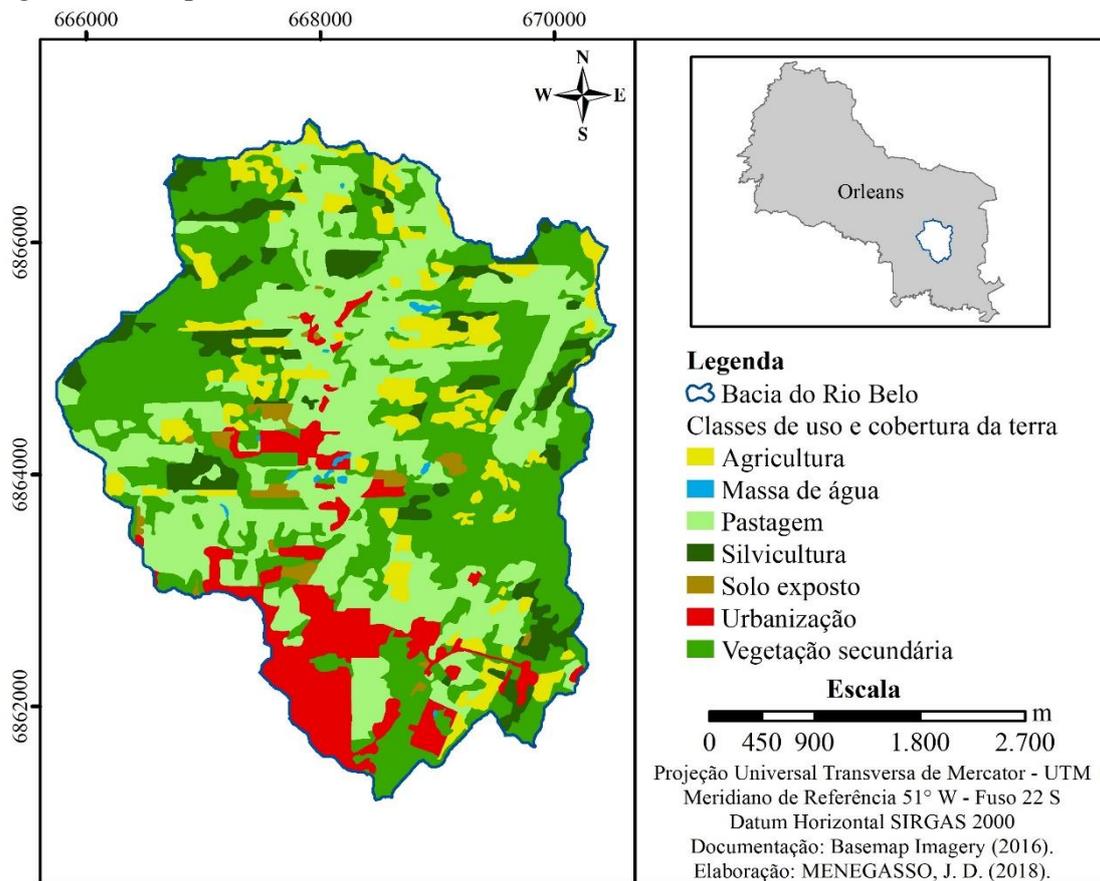
Hierarquia dos rios	Extensão em (km)	Extensão em (%)
1ª Ordem	29,67	62,41
2ª Ordem	8,81	18,53
3ª Ordem	2,93	6,16
4ª Ordem	6,13	12,89
Total	47,54	100

Fonte: A autora (2018).

4.2.10 Uso e cobertura da terra

Foram interpretadas e definidas sete classes: agricultura, massa de água, pastagem, reflorestamento, solo exposto, urbanização e vegetação secundária, apresentadas na Figura 18.

Figura 18 - Mapa de uso e cobertura da terra da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Analisando a Tabela 18, observa-se que o uso e a cobertura da terra predominante na BHRB é a vegetação secundária representando 38,58% da área, seguido pela pastagem, com 32,27% do total. As áreas com a prática da agricultura e a urbanização, apresentam valores muito semelhantes, com 9,85% e 9,79%, respectivamente. A reflorestamento (7,68%), o solo exposto (1,52%) e a massa de água (0,31%), ocupam juntas 9,51% da área.

Tabela 18 - Distribuição das classes de uso e cobertura terra da BHRB

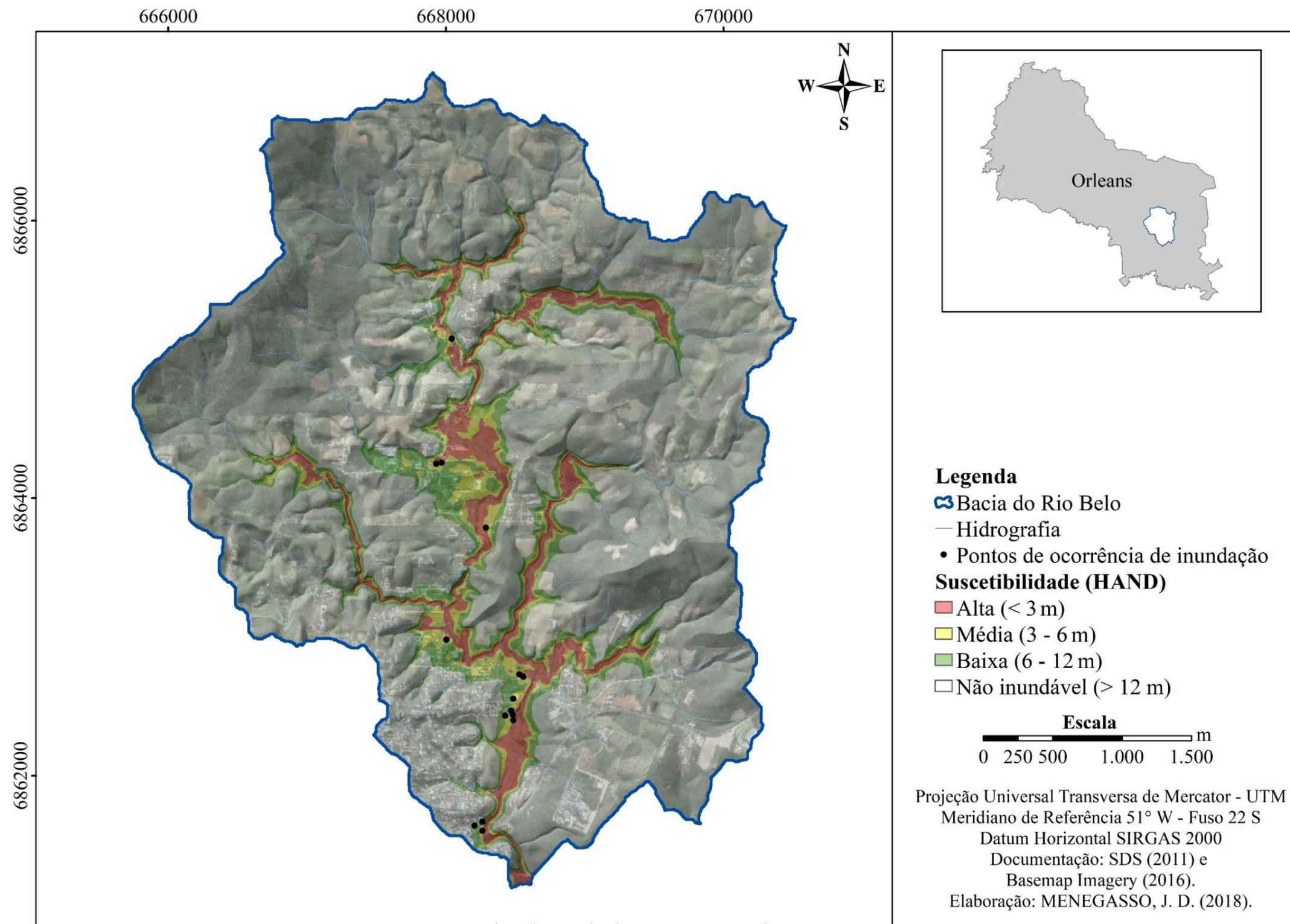
Classes de uso e cobertura	Área (ha)	Área (%)
Agricultura	171,01	9,85
Massa de água	5,33	0,31
Pastagem	560,27	32,27
Reflorestamento	133,38	7,68
Solo exposto	26,35	1,52
Urbanização	169,88	9,79
Vegetação Secundária	669,85	38,58
Total	1736,06	100,00

Fonte: A autora (2018).

4.3 MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NA BHRB

A aplicação do modelo HAND possibilitou a identificação das áreas suscetíveis à inundação. De acordo com a metodologia proposta, as áreas com alta suscetibilidade à inundação estão concentradas na parte central da BHRB, no fundo do vale, formado pelo rio principal, apresentando um desnível de menos de três metros em relação ao curso de água, ocupando 4,77% (82,96 ha) do território da bacia (Figura 19). As áreas planas nas margens dos cursos de água são naturalmente inundadas em épocas de maior ocorrência de chuvas, como verificado na Figura 20. O trabalho de campo realizado no dia 17 de novembro de 2017 identificou 15 pontos de ocorrência de inundação (Figura 19).

Figura 19 - Mapa de suscetibilidade de inundação na BHRB



Fonte: A autora (2018).

Figura 20 - Inundação no bairro Rio Belo, em 2011



Fonte: Delavi Bussolo Pizzolatti, 2011.

As áreas identificadas, como sendo de média e baixa suscetibilidade, correspondem a 6,67% (115,84 ha) e 3,80% (66,02 ha), respectivamente, da bacia. Por conta do relevo mais íngreme e elevado, a probabilidade de ocorrência de inundação é menor, devido à ação da gravidade que direciona o escoamento superficial para as áreas mais baixas da bacia (Figura 21). Ressalta-se ainda que a maior parte da bacia, 84,74% (1471,17 ha), não está suscetível à inundação, pois são áreas próximas aos divisores de águas, caracterizadas por relevo montanhoso.

Figura 21 - Relevo íngreme e elevado da BHRB



Fonte: Gelva Coan Della Giustina, 2018.

4.4 INVENTÁRIO DAS INUNDAÇÕES REGISTRADAS NA BHRB

A elaboração do inventário, além de identificar temporalidade dos fenômenos hidrológicos, permitiu especializar as áreas onde as inundações são mais recorrentes.

O levantamento a respeito de dados históricos de fenômenos hidrológicos ocorridos na Bacia hidrográfica do Rio Belo compreendeu um período de análise de 15 anos, iniciado em 2003 e estendendo-se até o ano de 2018, apontando 20 registros, classificados como inundações, enxurradas e alagamentos. Dos registros encontrados, 14 foram registrados pela Defesa Civil municipal, sendo 11 acompanhados de decretos de Situação de Emergência, sendo uma vez nos

anos de 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2011 e 2016 e, duas vezes nos anos de 2010 e de 2015. Contudo, seis eventos ocorridos na bacia não foram registrados pela Defesa Civil municipal, mas não passou despercebido pela população local. Tais ocorrências foram registradas pelos jornais de circulação no município de Orleans, nas redes sociais e pela própria autora.

As redes sociais, como o Facebook, permitem ao usuário postar fotos ou vídeos dos fenômenos, bem como marcar o local de ocorrência. Desta forma, na contabilização dos fenômenos hidrológicos ocorridos na BHRB, as publicações dos usuários do Facebook foram responsáveis pela identificação de duas ocorrências. As informações obtidas foram sintetizadas conforme as datas de registro, os bairros atingidos e a fonte, no Quadro 8.

Quadro 8 - Inventário das inundações registradas na bacia hidrográfica do rio Belo 2003 – 2018

Data da ocorrência	Bairros atingidos	Fonte
03/03/2003	Rio Belo (rural) e Barro Vermelho	Defesa Civil
07/05/2004	Rio Belo (rural)	Defesa Civil
17/10/2005	Rio Belo (rural)	Defesa Civil
02/03/2007	Aires Rodrigues	Defesa Civil
21/11/2008	Centro e Barro Vermelho	Defesa Civil
17/01/2010	Aires Rodrigues, Rio Belo (rural) e Barro Vermelho	Defesa Civil
12/05/2010	Alto Paraná, Centro, Barro Vermelho e Km 92	Defesa Civil
29/01/2011	Lomba, Cohab, Santista, Conde d'Eu e Bussolo	Defesa Civil
26/01/2013	Cohab, Rio Belo (rural), Rio Belo (urbano) e Bussolo	Arquivo pessoal
18/03/2014	Rio Belo (urbano)	Jornal
27/06/2014	Rio Belo (urbano)	Jornal
26/12/2014	Alto Paraná	Rede social
08/01/2015	Alto Paraná, Centro, Cohab, Rio Belo (rural) e Rio Belo (urbano)	Defesa Civil
17/09/2015	Alto Paraná, Centro, Cohab, Rio Belo (rural) e Rio Belo (urbano)	Defesa Civil
21/10/2015	Alto Paraná, Centro, Cohab, Rio Belo (urbano), Aires Rodrigues e Barro Vermelho	Defesa Civil
02/03/2016	Rio Belo (urbano)	Jornal
16/02/2016	Alto Paraná, Centro, Cohab, Rio Belo (rural) e Rio Belo (urbano)	Defesa Civil
05/01/2017	Alto Paraná e Rio Belo (urbano)	Defesa Civil
29/01/2017	Alto Paraná, Centro, Cohab, Rio Belo (urbano) Barro Vermelho	Defesa Civil
28/03/2018	Rio Belo (Urbano)	Rede Social

Fonte: A autora (2018).

Das 20 ocorrências identificadas, 60% (12 registros) aconteceram no verão dos anos de 2003, 2007, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. No município de Orleans, a ANA

(Agência Nacional de Águas) possui uma estação pluviométrica, operada pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), localizada nas coordenadas 28° 21' 00" sul e 49° 17' 00" oeste, em que são computados dados diários de precipitações. Em consulta aos dados disponibilizados pela ANA, foi possível verificar que a chuva total dos meses de verão em que foram constatados fenômenos hidrológicos, ficou superior a 500 mm, conforme a Figura 22.

Figura 22 - Total de chuva nos meses de verão



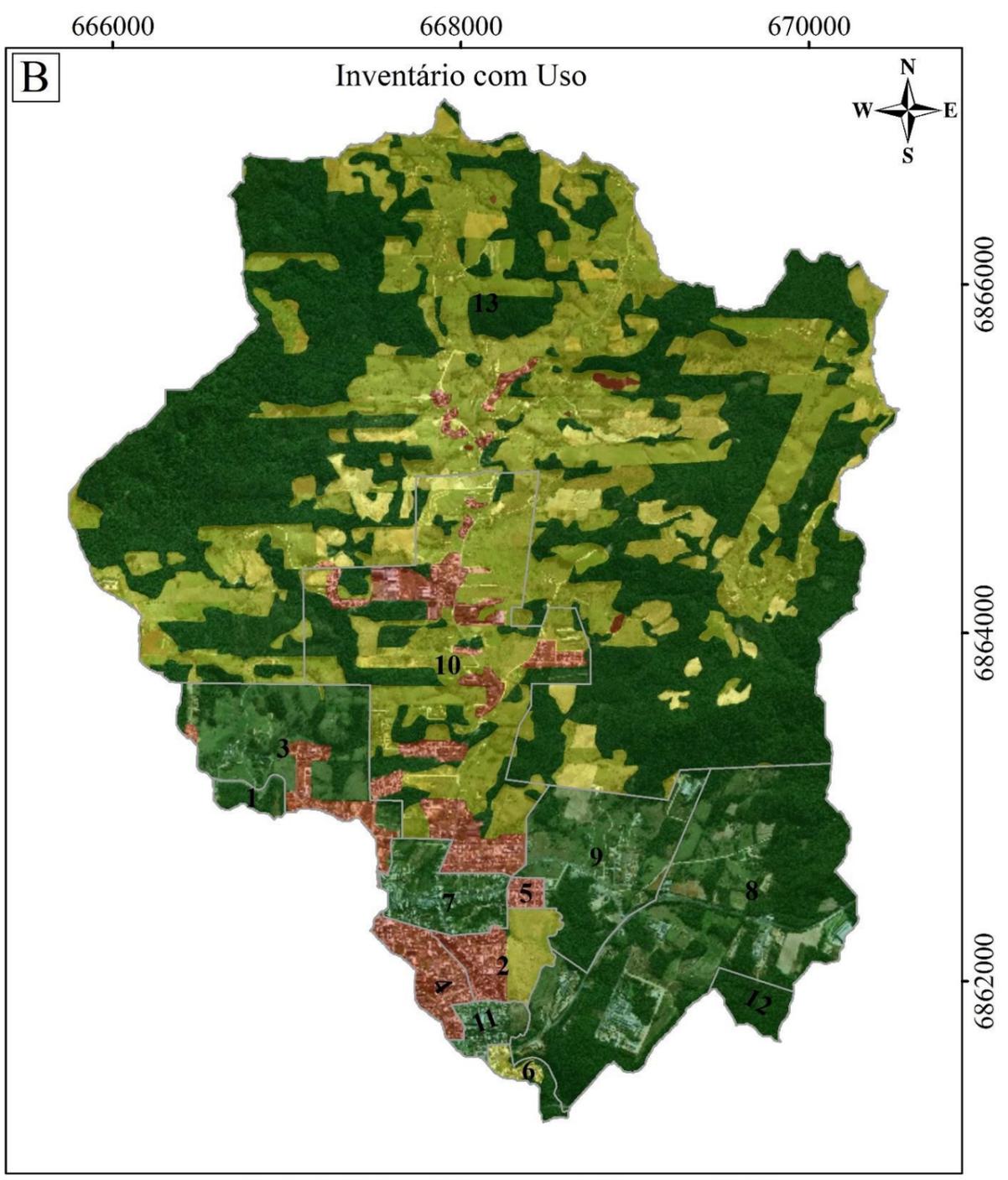
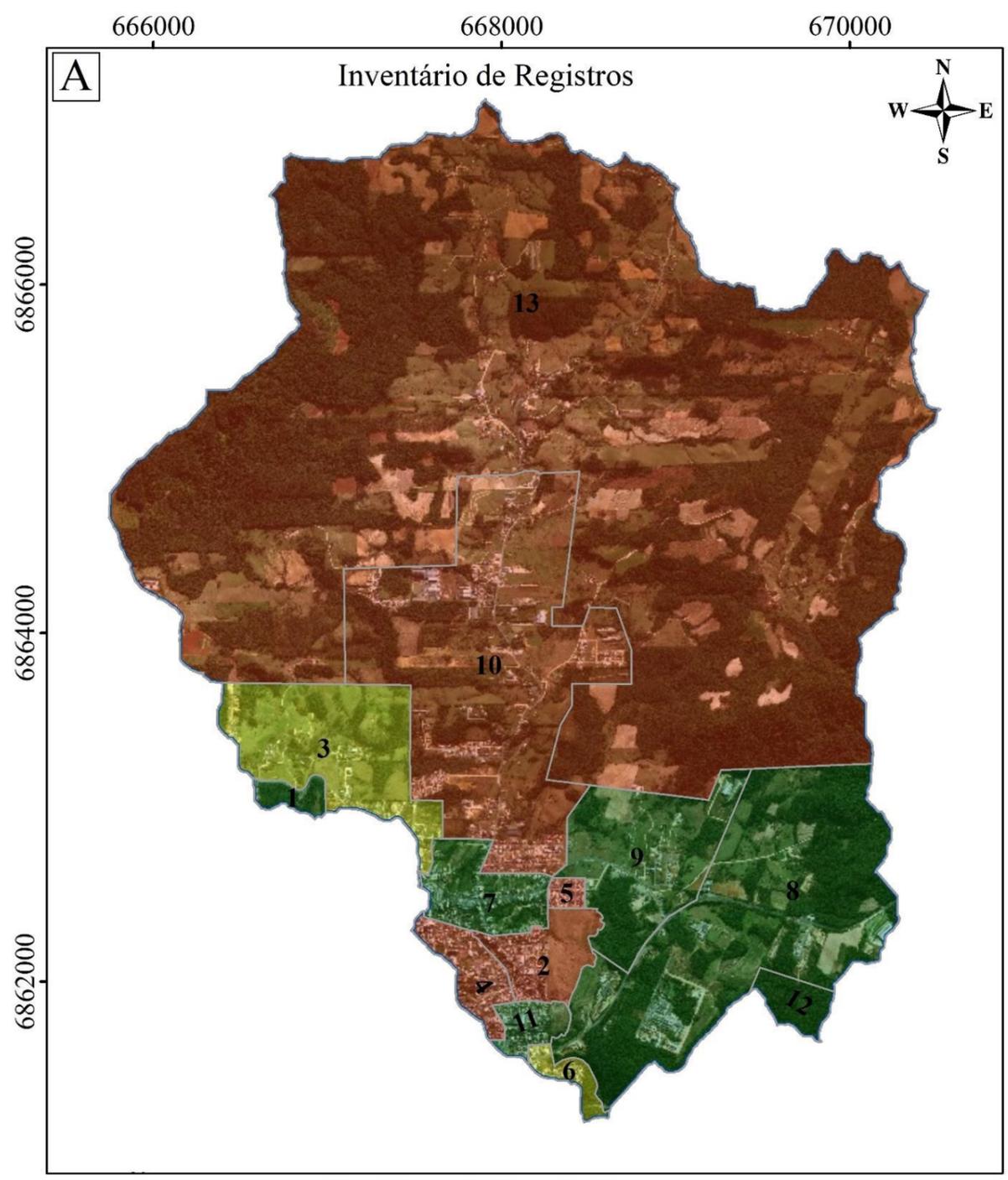
Fonte: A autora (2018).

De acordo com classificação climática Köppen, o clima de Orleans é do tipo Cfa e há uma tendência de concentração das chuvas nos meses de verão (PANDOLFO et al.,2002), o que pode contribuir na incidência de fenômenos hidrológicos nessa estação.

O inventário identificou os bairros com maior número de registros de inundações na BHRB. Para melhor compreensão dos resultados, foram gerados dois mapas. O primeiro (A) elaborado levando em consideração o número de vezes que o bairro apresentou situações de inundações. Desta forma, os bairros com alto registro de inundações foram Rio Belo (rural), o Rio Belo (urbano), o Centro, o Cohab e o Alto Paraná. (Figura 23).

O registro médio de inundações ocupou somente dois bairros, o Conde d'Eu e o Barro Vermelho, ambos localizados de forma parcial na bacia (Figura 23). Os bairros identificados por apresentarem um baixo registro de inundação foram: Lomba, Murialdo, Santista, Bussolo, Km 92 e Aires Rodrigues (Figura 23).

Figura 23 - Mapa dos inventários de registro de inundações da BHRB



Legenda

☞ Bacia do Rio Belo

□ Bairros

Registros de Inundação

■ Baixo

■ Médio

■ Alto

Escala

0 350 700 1.400 2.100 m

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Meridiano de Referência 51° W - Fuso 22 S
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Documentação: Basemap Imagery (2016) e PMO (2017).
Elaboração: MENEGASSO, J. D. (2018).

Fonte: A autora (2018)

A espacialização do registro de inundação compreendeu toda a extensão do bairro, o que caracterizou o evento com uma proporção maior do local real de sua ocorrência. Por esta razão, foi elaborado um segundo mapa (B), que procurou distribuir os eventos de inundação, associado às classes de uso e cobertura da terra. Desta forma, os registros de inundação ficaram mais próximos aos locais de sua ocorrência, permitindo maior confiabilidade ao procedimento adotado.

Por esse novo mapa (B), a espacialização dos registros ficou mais restrita à proximidade com os cursos de água, posicionados naturalmente em áreas suscetíveis, como no caso do Rio Belo (rural) e do Rio Belo (urbano), que permaneceram com áreas significativas de alto registro de inundações. Ao longo do tempo, a humanidade se estabeleceu nas proximidades dos rios, por necessidade de abastecimento, irrigação e transporte. Tucci (2005) afirma que as áreas ribeirinhas são planas, portanto propícias para o assentamento humano, principalmente quando a frequência da inundação é baixa. Contudo, é importante ressaltar que a ocupação nas proximidades de drenagens podem apresentar alguns problemas, principalmente, quando as condições físicas do terreno e a falta de planejamento atuam como agravantes, na ocorrência e nos efeitos das inundações.

Já os bairros Centro, Cohab e Barro Vermelho são caracterizados por serem muito urbanizados, com alto grau de impermeabilização do solo, favorecendo o escoamento superficial, atingindo o curso de água mais rápida e concentrada, contribuindo diretamente com a ocorrência de inundações. As áreas com alto registro de inundação ocupam 5,87% da bacia, somando 101,95 ha (Figura 23).

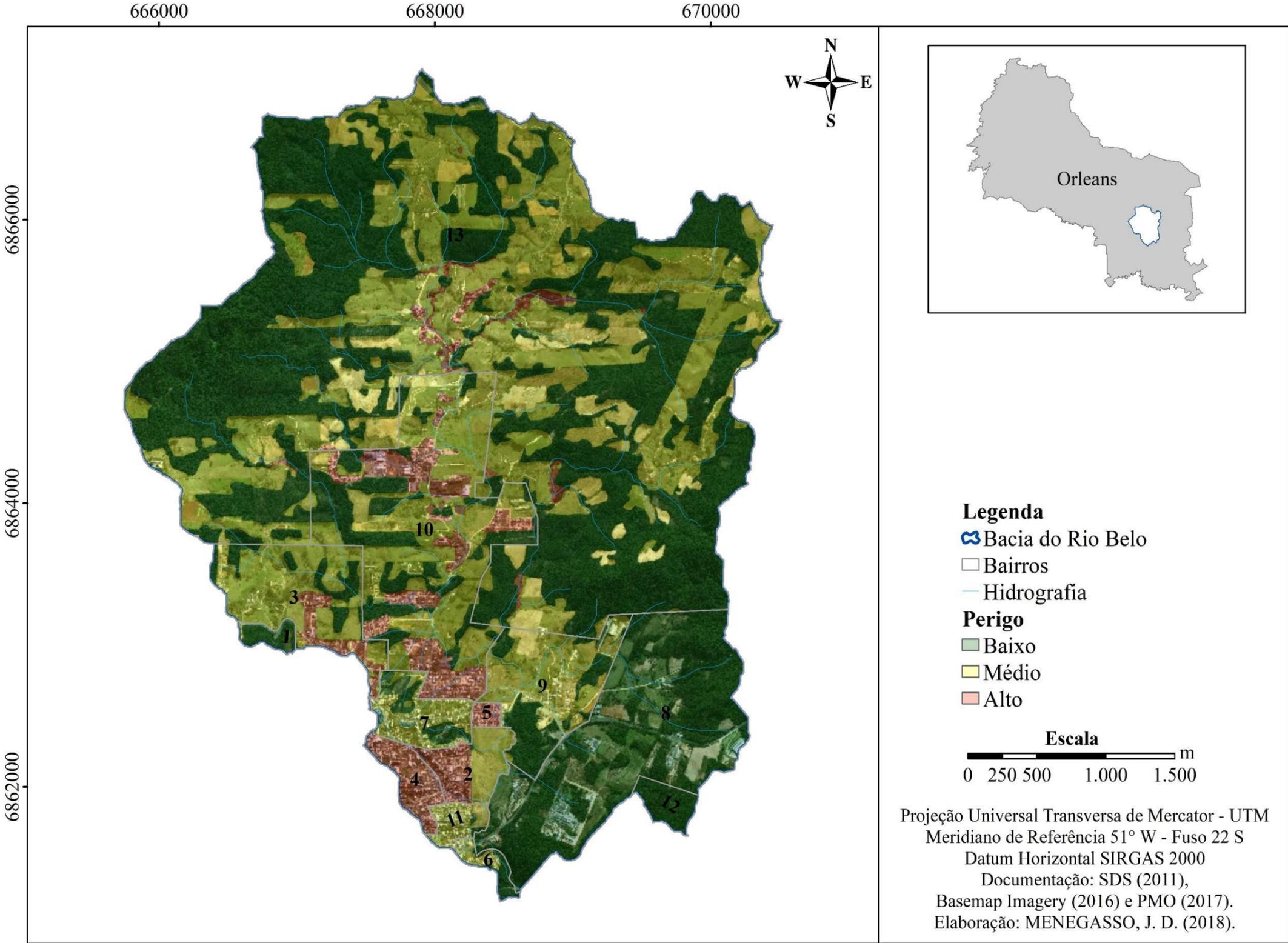
A redução da área com alto e médio registro de inundações dos bairros Alto Paraná e Barro Vermelho, respectivamente, deu-se em razão da presença de pastagem, o que apresenta um peso menor na ocorrência de inundações. Essa redução também foi verificada no Rio Belo (rural) e do Rio Belo (urbano), por serem bairros onde há predomínio de pastagem, agricultura e vegetação secundária, que reduzem o escoamento superficial. Desta forma, a área de médio registro de inundação ocupa 35,38% (614,31 ha) da bacia (Figura 23).

A vegetação secundária, o reflorestamento, a pastagem e a agricultura contribuem na interceptação da água precipitada, reduzindo o volume do escoamento superficial, influenciando em menor escala o processo de inundação, razão pela qual os bairros Murialdo, Aires Rodrigues, Lomba, Km 92, Santista e Bussolo apresentaram baixo número de registros, totalizando 58,74 % (1019,77 há) do território da bacia (Figura 23).

4.5 MAPEAMENTO DO PERIGO DE INUNDAÇÕES NA BHRB

O cruzamento do modelo HAND, com o inventário de inundações, relacionado ao uso e cobertura da terra, permitiu a identificação das áreas de perigo à inundação. As áreas com alto perigo à inundação estão localizadas nos bairros Centro, Alto Paraná, Cohab e Rio Belo (Figura 24). Esses bairros, em sua grande maioria, estão inseridos nas áreas mais baixas da bacia, com relevo mais plano, próximos aos cursos de água, naturalmente suscetíveis à inundação, ocupando 6,42 % (111,49 ha). Ressalta-se ainda que o processo de urbanização ocorrido nos bairros alterou o sistema natural percorrido pela água da chuva. Botelho (2011) admite que nas áreas urbanas a adição de edificações, pavimentações, canalização e retificação de rios reduzem a infiltração e favorecem o escoamento das águas, que atingem seu exutório de forma mais concentrada e rápida, aumentando as inundações.

Figura 24 - Mapa de perigo de inundações na BHRB



Fonte: A autora, 2018.

No bairro Cohab, o Rio Belo foi retificado e desassoreado (Figura 25). Contudo, percebe-se que o desassoreamento foi realizado de forma incorreta, pois os sedimentos foram depositados nas margens, sendo transportados pela chuva novamente para o leito do rio, potencializando o perigo.

Figura 25 - Retificação e desassoreamento do rio Belo, bairro Cohab



Fonte: A autora (2018).

Nos últimos 15 anos, a bacia vivenciou o avanço da mancha urbana. A urbanização, quando realizada sem planejamento, impermeabiliza o solo, canaliza os cursos de água e provoca o assoreamento dos canais, intensificando o processo de inundação.

O médio perigo de inundação corresponde a 41,73% (724,54 há) da área da bacia e estão concentradas nos bairros Conde d'Eu, Rio Belo, Barro Vermelho, Lomba e Santista (Figura 24). São bairros localizados em áreas de maior declividade, apresentam alternância entre ambientes urbanizados e de pastagens.

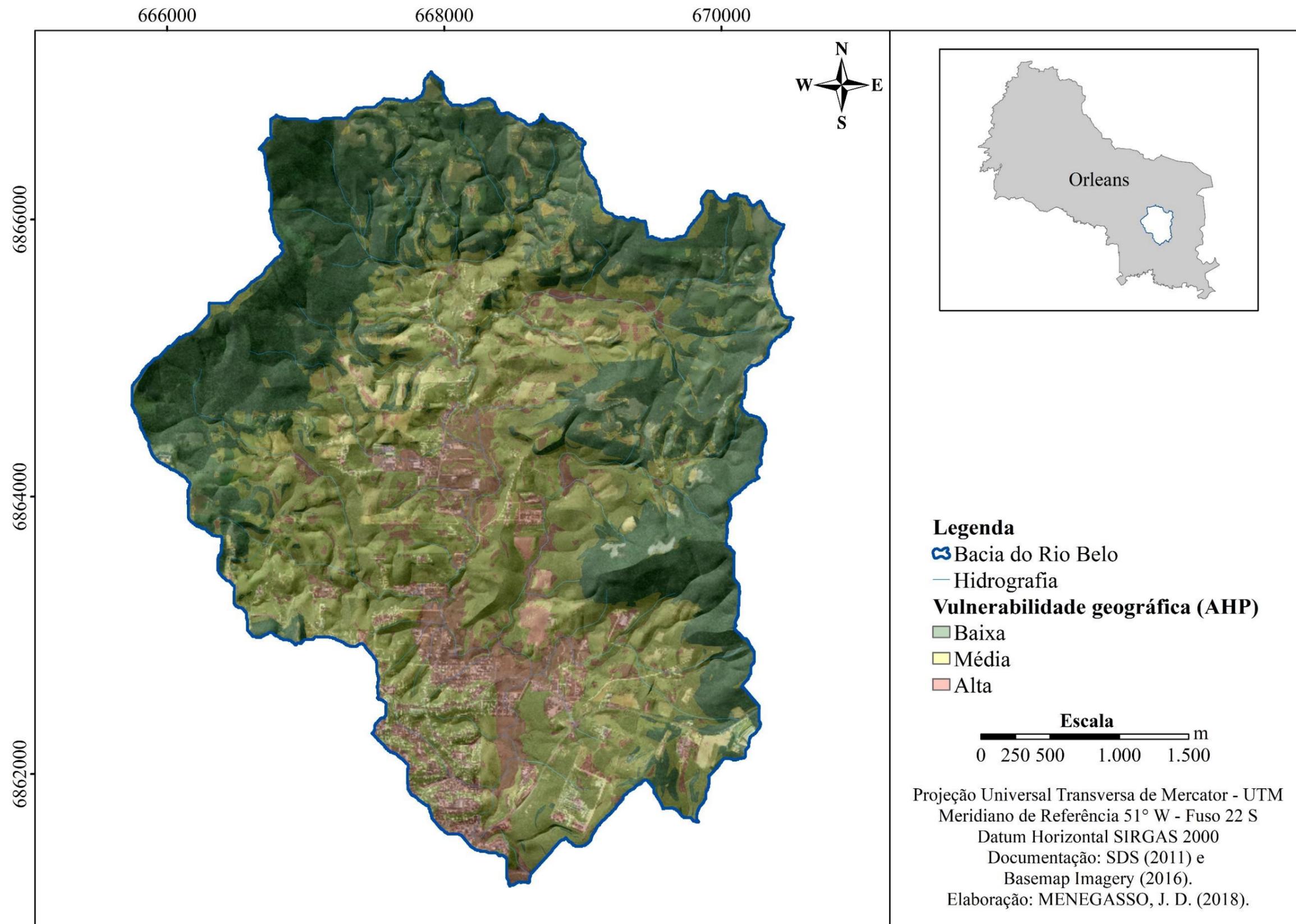
Ocupando 51,81% (899,56 ha) da bacia, o baixo perigo de inundação está situado em áreas com maior declividade, onde predominam pastagens, vegetação secundária, reflorestamento e agricultura, condicionantes que facilitam a infiltração da água e diminuem o escoamento superficial. Conforme a Figura 24, os bairros Rio Belo (rural), Bussolo, Murialdo e Km 92 apresentam baixo perigo de inundação.

4.6 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE GEOGRÁFICA

Por meio da aplicação do método AHP, considerando os condicionantes de altimetria, declividade, pedologia e uso e cobertura da terra, foi possível mapear a vulnerabilidade geográfica.

As áreas de alta vulnerabilidade geográfica ocupam 12,75% (221,41 ha) da BHRB, presentes na Figura 26. São caracterizadas por apresentarem menor declividade e altitude, solos argissolos vermelho-amarelos, com predomínio de áreas urbanizadas, pastagens e solos expostos. As características descritas, favorecem o escoamento superficial, pois diminuem a permeabilidade do solo, criando obstáculos à infiltração da água.

Figura 26 - Mapa da vulnerabilidade geográfica da BHRB



Fonte: A autora (2018).

De acordo com Tarolli e Sofia (2016), as pastagens sem práticas de conservação e os solos expostos reduzem a infiltração e o impacto direto das gotas da chuva que desagregam as partículas do solo, produzindo sedimentos que são carregados diretamente para os rios pela água que não infiltrou. Desta forma, ocorre o assoreamento dos rios, aumentando a vulnerabilidade geográfica nos bairros Rio Belo, Cohab, Centro, Alto Paraná, Santista e Bussolo, verificado na Figura 27

Figura 27 - Assoreamento do rio Belo, bairro Cohab



Fonte: A autora (2018).

Parte do Rio Belo (rural) e os bairros Lomba, Murialdo e Barro Vermelho estão inseridos em uma área de vulnerabilidade geográfica média, totalizando 46% (798,65 ha) da bacia (Figura 25). A média vulnerabilidade é composta por maiores altitudes e declividades, com predomínio de áreas agrícolas e manchas de vegetação secundária. As áreas cobertas por vegetação possuem maior capacidade de infiltração, retardando possíveis picos de inundação.

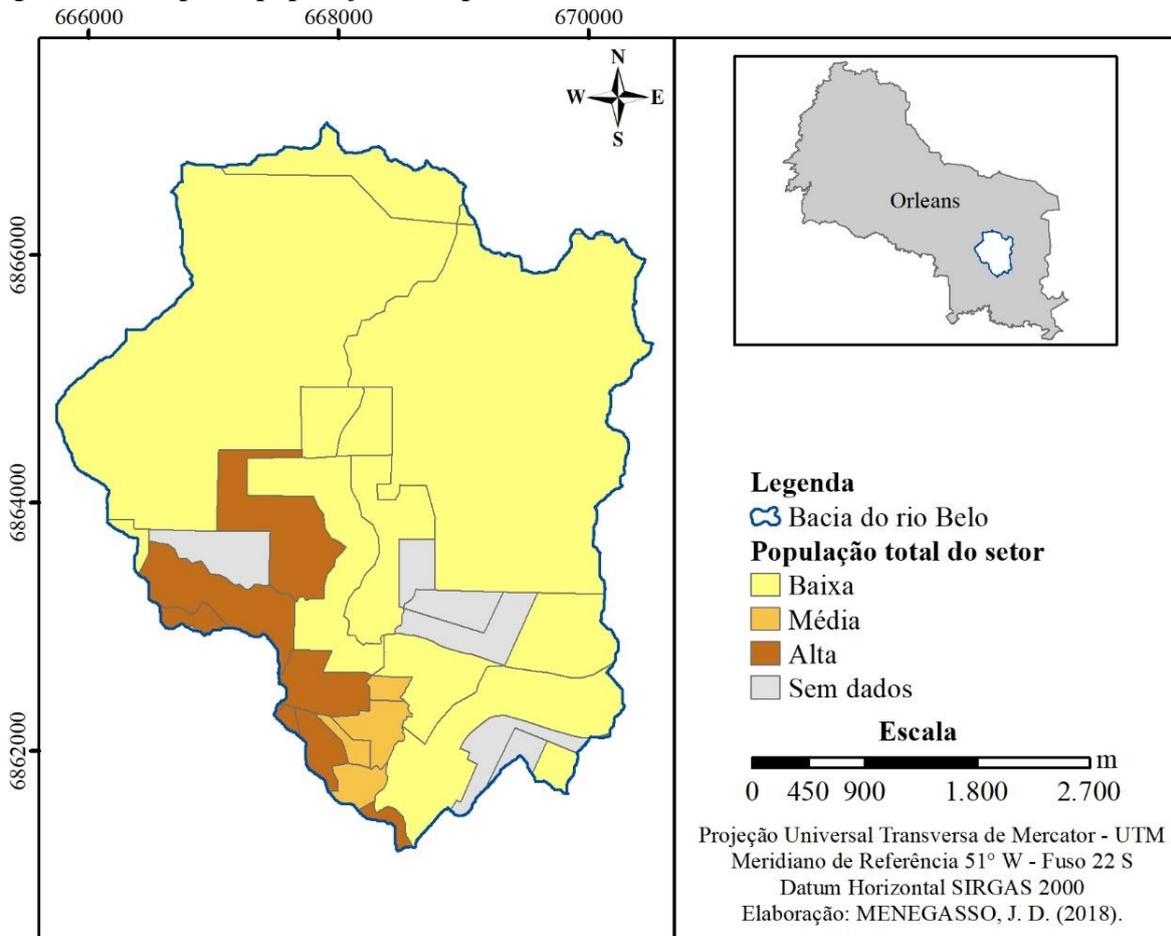
Ocupando 241,20% (715,25 ha) da bacia, presente com maior destaque no Rio Belo (rural) e no bairro Murialdo estão as áreas de baixa vulnerabilidade geográfica (Figura 26). Essas áreas estão próximas aos divisores de água da bacia, locais de elevada altitude e declividade, coberto por grandes manchas de vegetação secundária. A cobertura vegetal intercepta a precipitação e reduz o escoamento superficial.

4.7 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIAL

A utilização de seis variáveis do Censo demográfico de 2010 permitiu a identificação das áreas com maior vulnerabilidade social. Essas variáveis são as principais representantes da vulnerabilidade, pois abordam aspectos populacionais, educacionais e de renda.

A Figura 28 representa o total de moradores no setor. Os setores mais populosos estão localizados nos bairros que compreendem a área urbana da bacia, em torno do bairro Centro. Esse bairro concentra as atividades comerciais e de prestação de serviços que atendem ao município, portanto ao longo do processo de formação da cidade, concentrou a maior parte da população. A medida que se afasta do bairro Centro a população por setor diminui, apresentando-se baixa na parte rural da bacia.

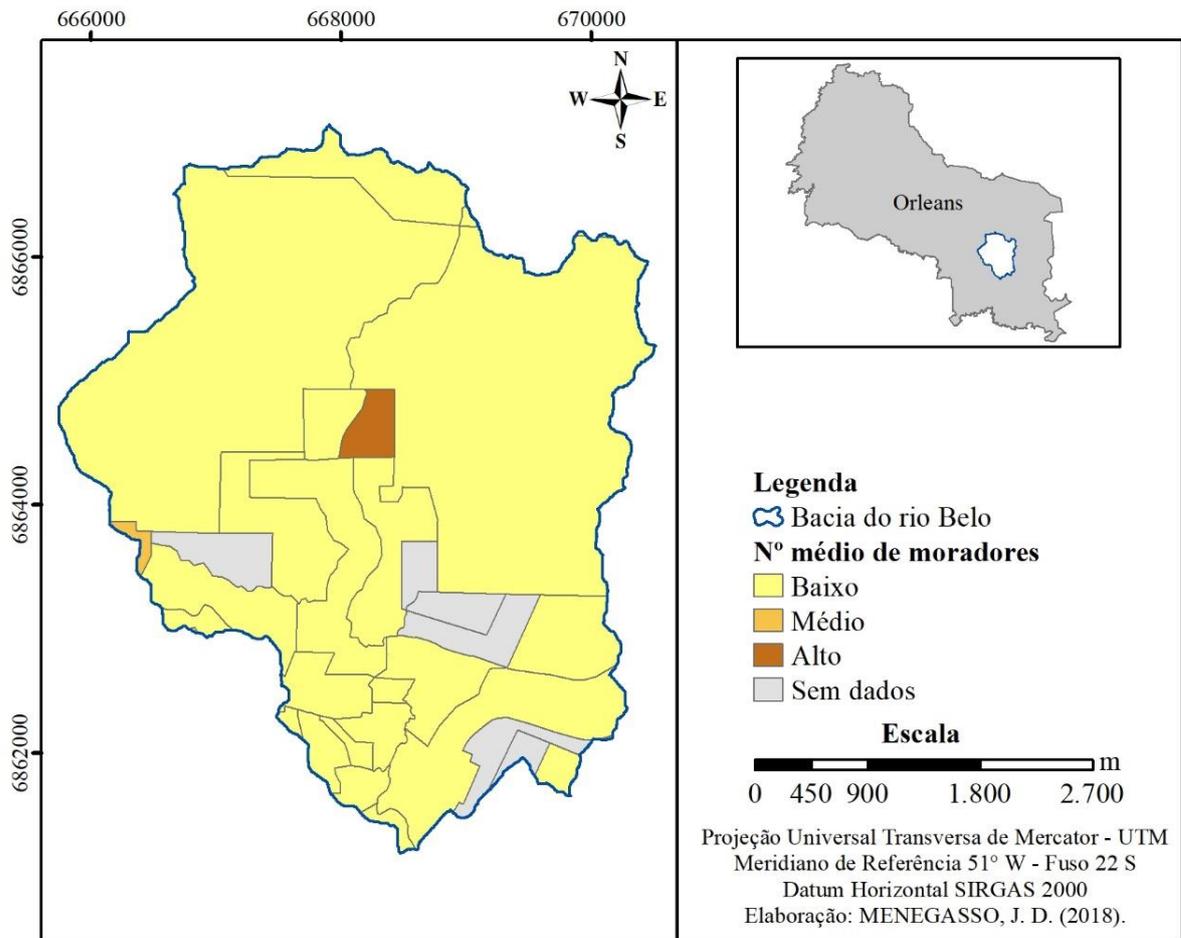
Figura 28 - Mapa da população total por setor censitário



Fonte: A autora (2018)

O número médio de moradores por setor é representado pela Figura 29. Observa-se que em quase totalidade da bacia o número médio de moradores por setor é considerado baixo, salvo por dois, um na parte central e outro na parte leste da bacia, com classificação alta e média, respectivamente.

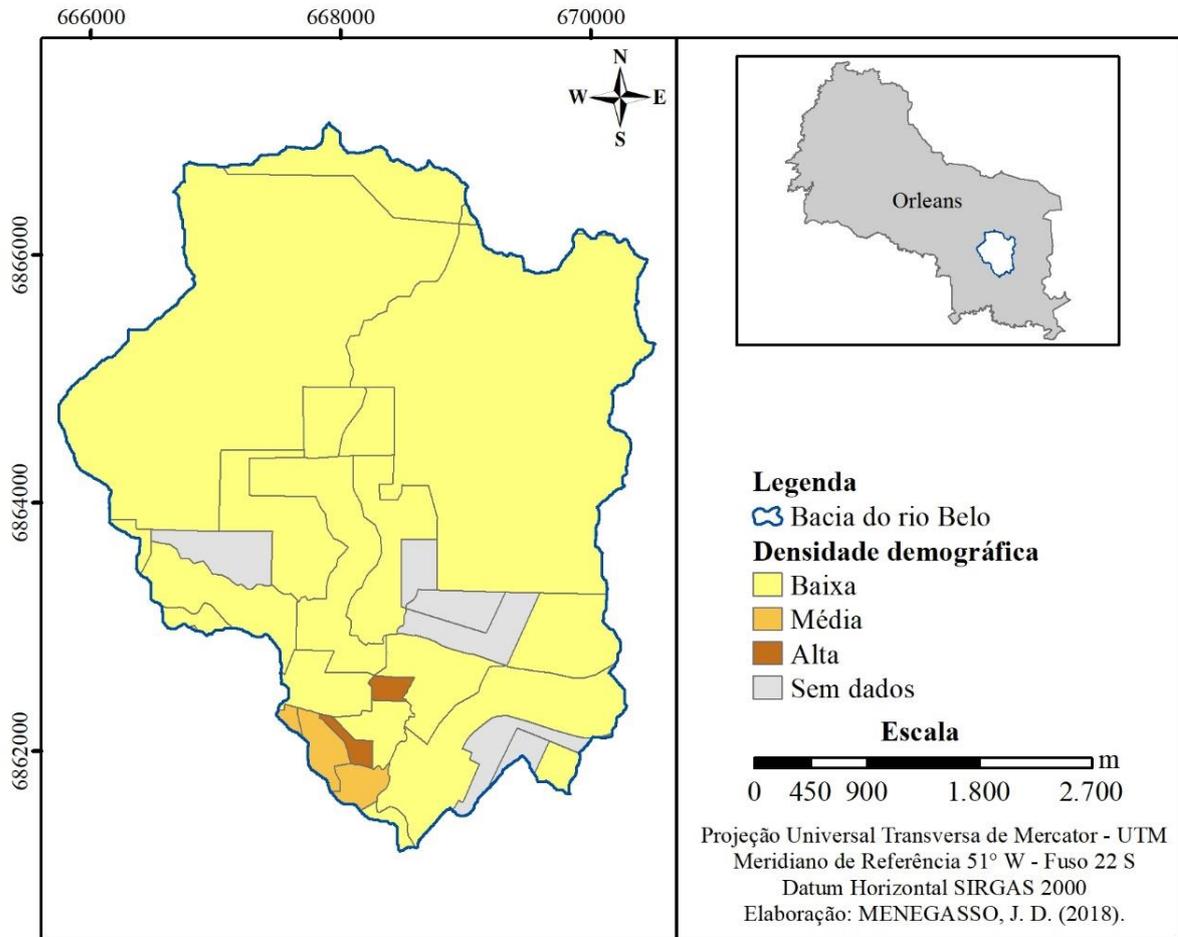
Figura 29 - Mapa do número médio de moradores por domicílio em cada setor censitário



Fonte: A autora (2018).

A Figura 30 espacializa a densidade demográfica por setor censitário. A área mais povoada da bacia está concentrada na parte urbana da bacia, nas proximidades do bairro Centro, diminuindo a medida que se afasta dele, assim como ocorre com o número de moradores por setor.

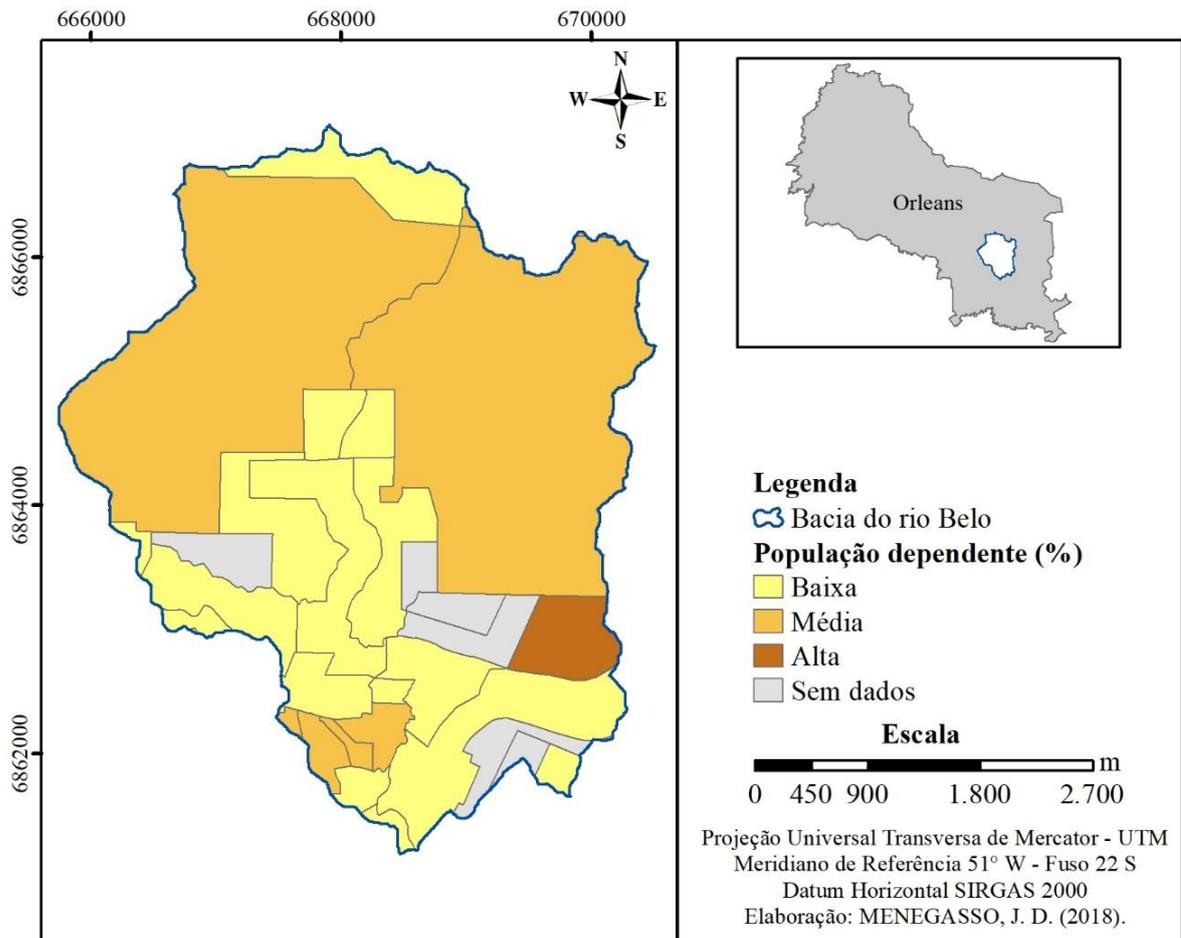
Figura 30 - Mapa da densidade demográfica por setor censitário



Fonte: A autora (2018).

A população dependente em sua maior parte é classificada como baixa. Contudo, há um setor de alta dependência no oeste da bacia e quatro setores ao sul, identificados como alta e média dependência (Figura 31).

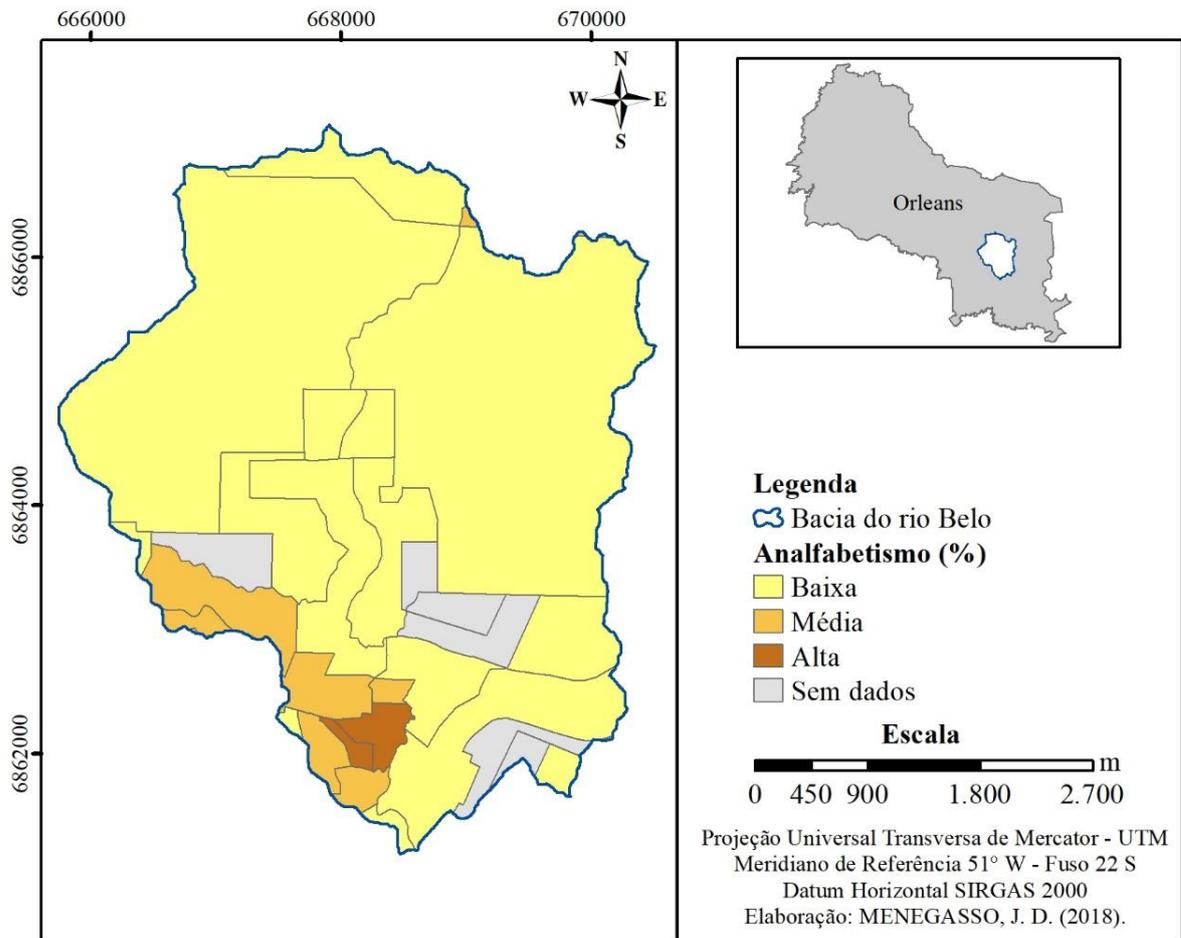
Figura 31 - Mapa da população dependente por setor censitário



Fonte: A autora (2018).

A Figura 32 representa o analfabetismo em pessoas acima de 12 anos por setor censitário. Na bacia, dois setores apresentam uma alta taxa de analfabetismo. Os setores classificados como médio estão localizados na área urbana da bacia, enquanto o baixo analfabetismo prevalece na área rural.

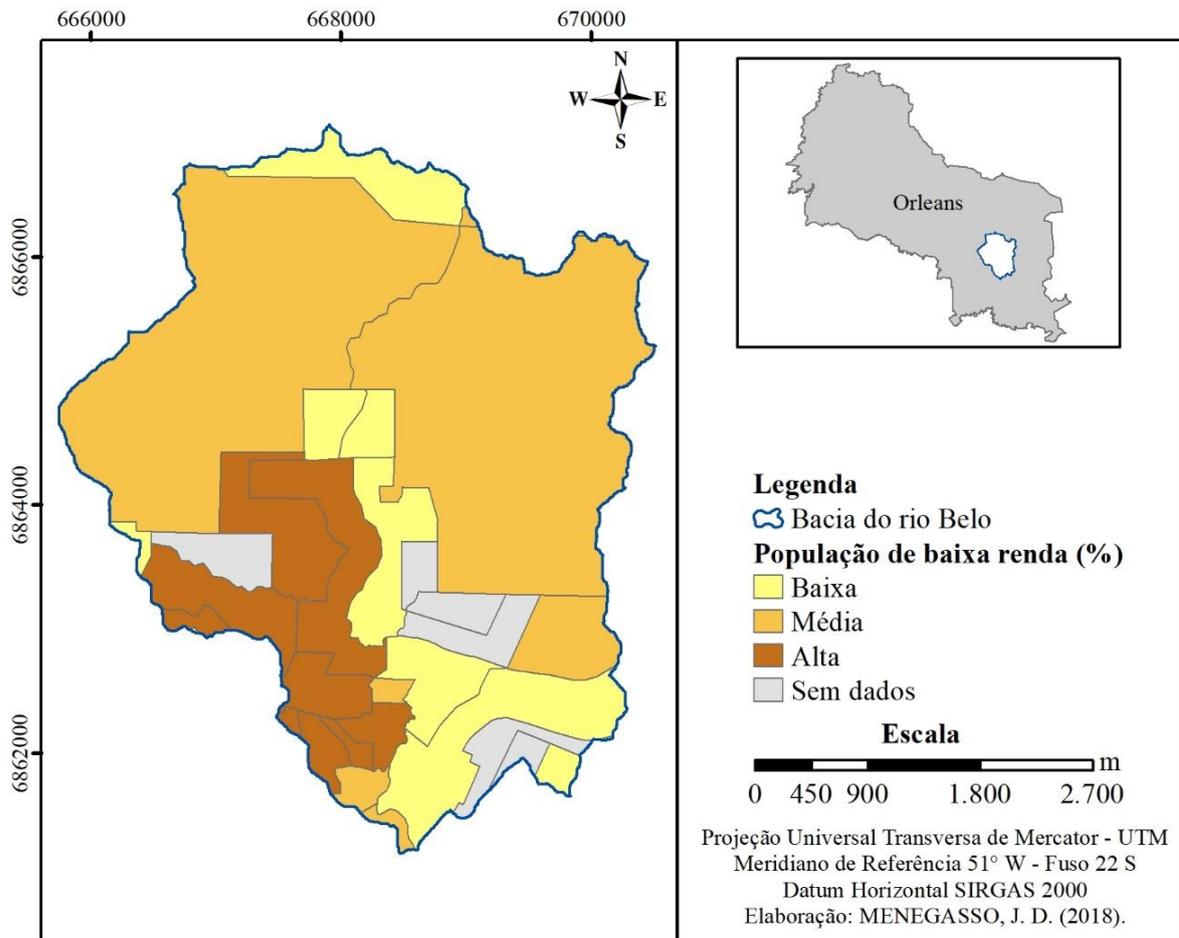
Figura 32 - Mapa do analfabetismo por setor censitário



Fonte: A autora (2018).

A população de renda mais baixa está localizada em sua totalidade na área urbana, mais precisamente no sudoeste da bacia, sendo que seu entorno é identificado por renda mais alta (Figura 33).

Figura 33 - Mapa de população com baixa renda por setor censitário



Fonte: A autora (2018).

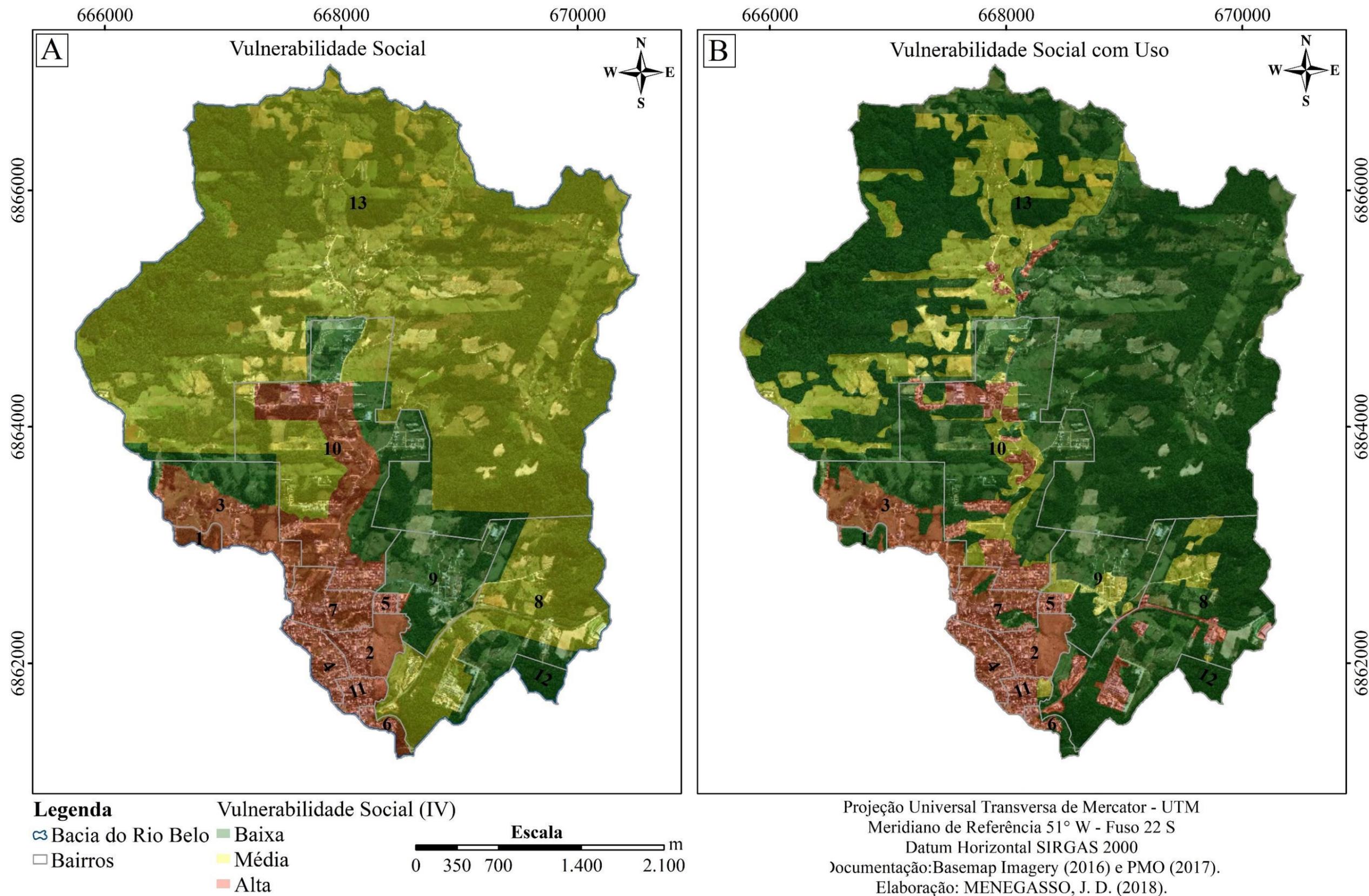
Por meio da comparação entre as Figuras 28 a 33, pode-se perceber que os setores presentes na área urbana da bacia, que apresentam alto número de moradores, médio número de moradores, alta densidade demográfica, significativa população dependente, maior presença de analfabetismo e renda baixa, são consideradas áreas de alta vulnerabilidade social.

Portanto, os bairros Aires Rodrigues, Alto Paraná, Barro Vermelho, Centro, Cohab, Conde d'Eu, Lomba, Rio Belo e Santista apresentam população mais vulnerável ao processo de inundação, ocupando 13,29% (230,74 ha) da bacia (Figura 34). Os bairros Rio Belo, Murialdo e Rio Belo (rural) se destacam por quase sua totalidade, em áreas de média vulnerabilidade social, o que corresponde a 72,18% (1253,18 ha), enquanto os bairros Bussolo e Km 92 se destacam pela vulnerabilidade social baixa, com 14,52% (252,14 ha).

É importante salientar que a vulnerabilidade social só existe a partir do momento em que há população em uma determinada área sofra os danos de um fenômeno. Diante disso, foi feito um novo mapa de vulnerabilidade, que considera as classes de uso e cobertura da terra

para espacializar a vulnerabilidade social (Figura 34). Por este novo mapa, as classes alta e a média foram reduzidas para 11,21% (194,65 ha) e 14,86% (258,09 ha), respectivamente, acompanhando a área urbanizada da bacia, onde há maior presença de pessoas. A presença de pastagens, agricultura, reflorestamento e vegetação secundária contribuiu para aumentar a área de vulnerabilidade social baixa para 73,92% (1283,3 ha), ocupando a maior extensão dentro da bacia.

Figura 34 - Mapa da vulnerabilidade social da BHRB

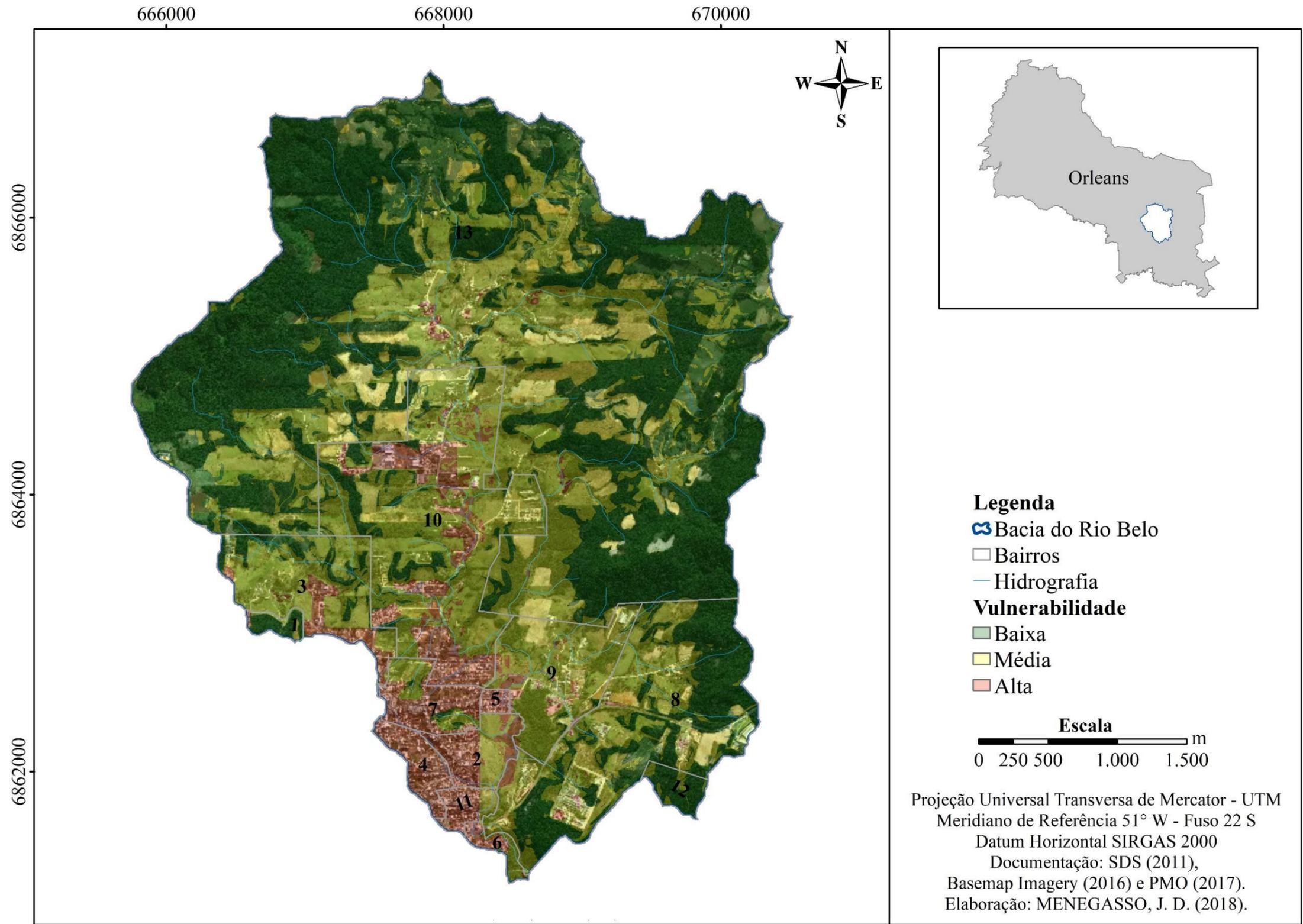


Fonte: A autora (2018).

4.8 MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE NA BHRB

O cruzamento da vulnerabilidade geográfica com a vulnerabilidade social com uso e cobertura da terra resultou no mapa de vulnerabilidade da BHRB. As áreas de alta vulnerabilidade estão concentradas no sudoeste e em pequenas manchas dispostas na parte central da bacia, onde há o predomínio de urbanização, totalizando 8,56% (148,65 ha) da bacia (Figura 35).

Figura 35 - Mapa da vulnerabilidade da BHRB



Fonte: A autora (2018).

A urbanização, além de aumentar o risco de inundações, também incrementa a vulnerabilidade natural e social das bacias hidrográficas (DIXON; EARLS, 2012). Tucci (2007) afirma que a impermeabilização da superfície do solo impede a infiltração da água, que passa a escoar superficialmente, exigindo maior capacidade de escoamento do sistema de drenagem. Contudo, em muitas cidades, o sistema de drenagem é ineficiente, como mostra a Figura 35. No Alto Paraná, um único bueiro, localizado na parte mais baixa do bairro, é responsável por drenar a água da chuva de uma grande área de captação e ainda se encontra por vezes mal dimensionado e obstruído por sedimentos pela falta de manutenção. É importante lembrar que esse bairro possui alta densidade demográfica, associada à baixa renda e alto grau de analfabetismo, potencializando a vulnerabilidade.

Figura 36 - Drenagem com sedimentos, bairro Alto Paraná



Fonte: A autora (2018).

As áreas de média vulnerabilidade, presentes em 44,19% da bacia, (767,27 ha) ainda ocupam trechos do espaço urbano, mas em pequenas proporções. Sua maior espacialização se dá em áreas com predomínio de pastagens e agricultura, onde a presença da população acontece de forma esparsa, caracterizada por média vulnerabilidade social (Figura 37).

Figura 37 - Área de pastagem no bairro Bussolo



Fonte: A autora (2018).

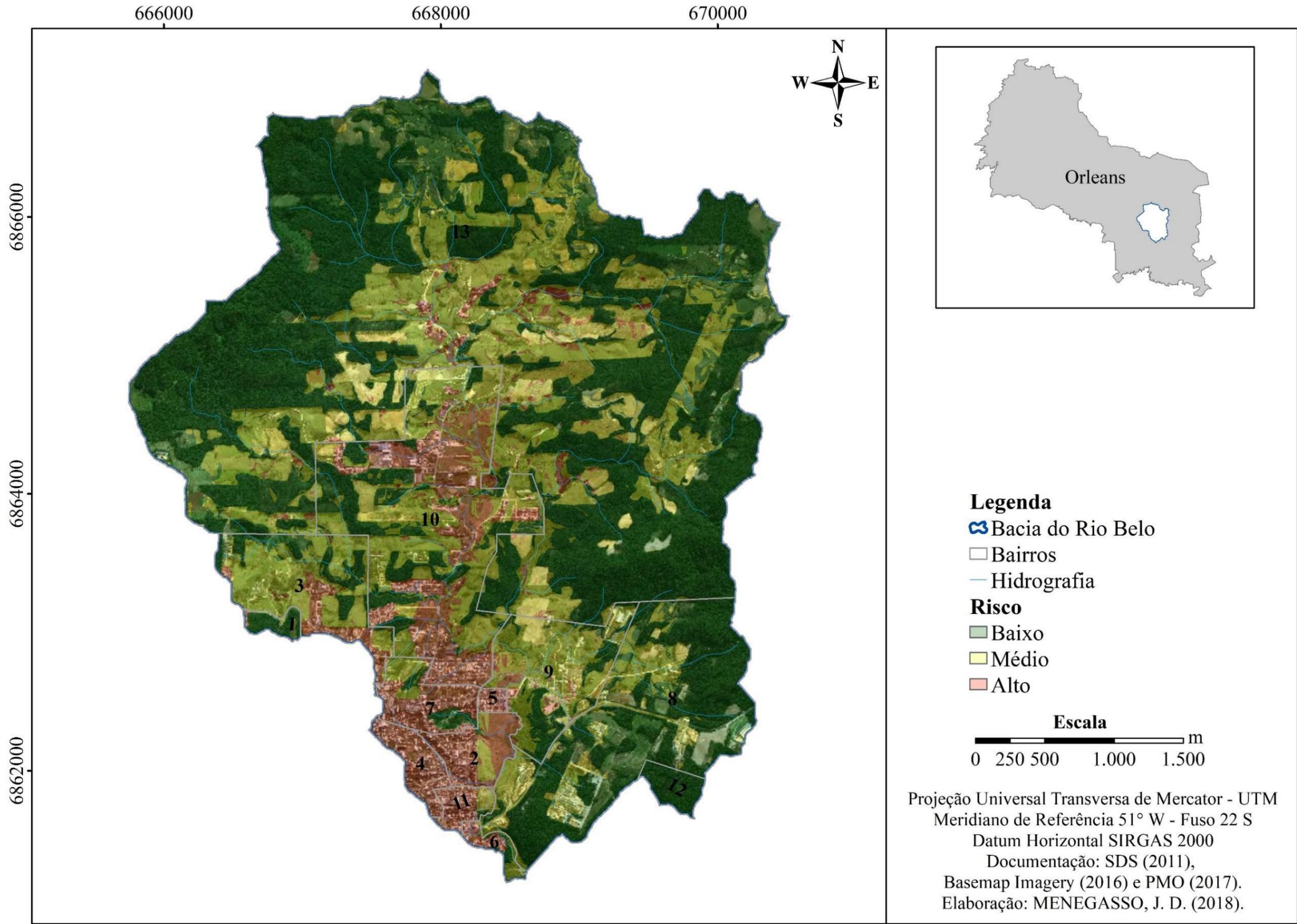
A baixa vulnerabilidade é a mais expressiva na bacia. Ocupa 47,20% (819,4 ha) da bacia, em sua maioria inserida na área rural, próximos aos divisores de águas, em trechos onde há ausência de moradores, com predomínio de vegetação secundária e reflorestamento.

4.9 MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA BHRB

Ao cruzar os resultados de perigo com a vulnerabilidade, obteve-se o mapa de risco de inundação da BHRB. O risco de inundação é potencializado em áreas ocupadas, que apresentam a combinação dos condicionantes do ambiente, que resultam na alta suscetibilidade e alto perigo, ao mesmo tempo em que a população está vulnerável. Nas inundações, ao se comparar o perigo e a vulnerabilidade, percebe-se que ambos foram determinantes na espacialização do risco.

Desta forma, com os resultados obtidos, gerou-se a Figura 38 e o Quadro 09, que indicam a espacialização e a classificação das áreas de risco à inundação na bacia hidrográfica do Rio Belo

Figura 38 - Mapa do risco de inundação da BHRB



Fonte: A autora (2018).

Quadro 9 - Bairros com risco de inundação de acordo com a classificação

Bairro	Risco predominante	Porcentagem da área do bairro exposta ao risco predominante
Centro	Alto	100
Cohab	Alto	99,99
Alto Paraná	Alto	83,12
Santista	Alto	77,04
Lomba	Alto	65,27
Conde d'Eu	Alto	79,85
Aires Rodrigues	Médio	86,30
Bussolo	Médio	69,69
Barro Vermelho	Médio	59,67
Rio Belo	Médio	42,33
Km 92	Baixo	99,93
Murialdo	Baixo	74,53
Rio Belo (rural)	Baixo	66,46

Fonte: A autora (2018)

O alto risco está disposto em uma faixa que vai do centro para o sul da bacia, com 11,54% (200,45 ha), correspondendo em sua maior parte ao fundo do vale formado pelo rio Belo, com relevo plano e presença de urbanização.

Os bairros Centro, Cohab, Alto Paraná, Santista e Lomba estão inseridos, em sua maior parte, neste contexto e apresentam características demográficas que favorecem a vulnerabilidade social. É importante evidenciar que algumas áreas desses bairros não sofrem com a inundação por estarem localizadas em um relevo mais elevado. Porém, encontram-se impermeabilizadas pela construção de edificações e ruas asfaltadas, ausência de galerias pluviais, favorecidas pela gravidade, contribuem com o escoamento superficial, fazendo com que a água da chuva se acumule em uma área de forma rápida (Figura 39 A). Além disso, alguns espaços encontram-se com solo exposto (Figura 39 B). Desta forma, os sedimentos serão transportados e depositados no fundo do canal, assoreando os rios.

Figura 39 - Impermeabilização e solo exposto no bairro Lomba



Fonte: A autora (2018).

O descarte incorreto de resíduos sólidos (Figura 40 A) contribui para a obstrução das galerias pluviais e a disposição inadequada de entulhos nas proximidades dos cursos de água (Figura 40 B), acentuando as inundações nos bairros Alto Paraná e Cohab, respectivamente.

Figura 40 - Descarte incorreto de resíduos sólidos e disposição inadequada de entulhos nos bairros Alto Paraná e Cohab

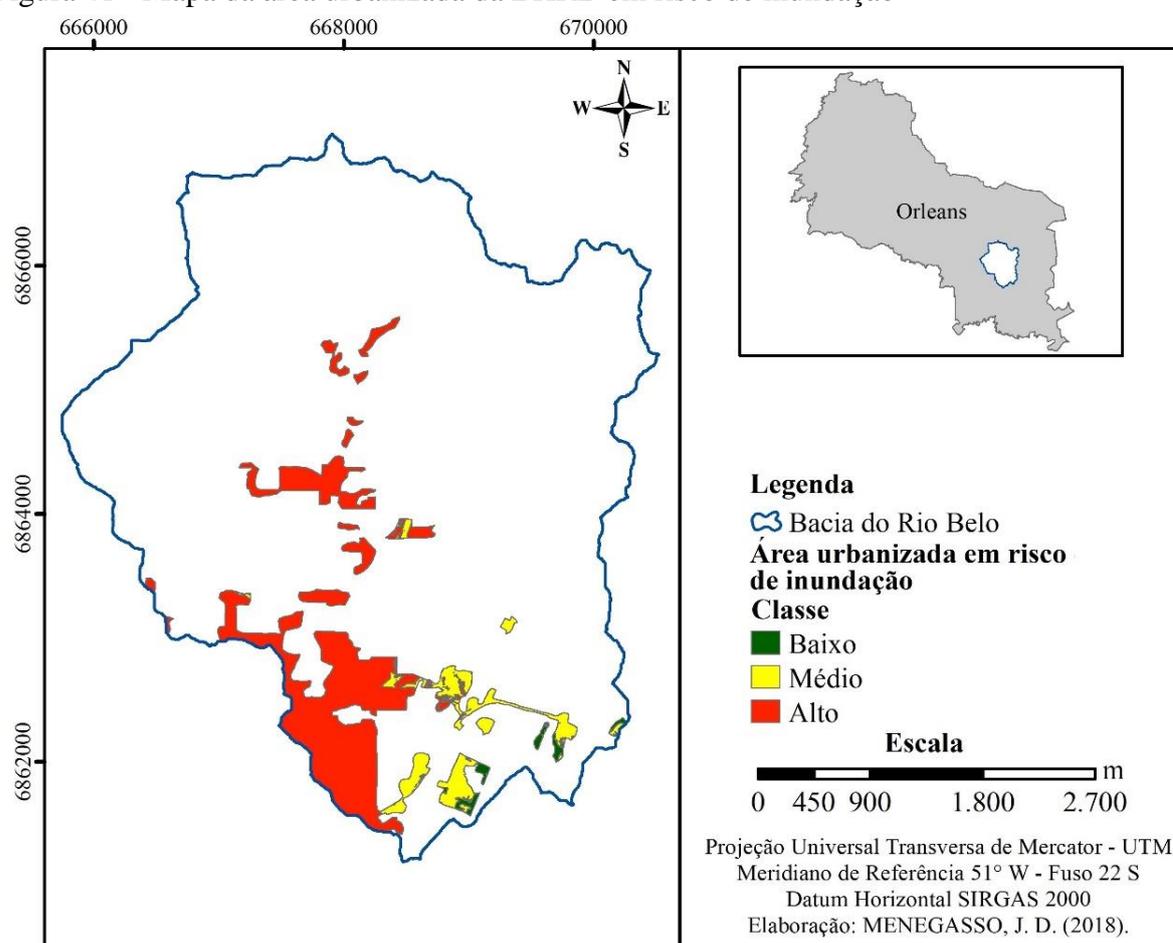


Fonte: A autora (2018).

O processo de urbanização vivenciado na BHRB, foi responsável por transformar o espaço da mesma. Em 60 anos (1957 – 2017), houve um crescimento de 182,87% na mancha urbana da bacia, ocupando 34,64 % (601,52 ha) do território. O processo de urbanização é visto

por alguns autores como Tucci (2005, 2007), Marcelino (2008), Tominaga (2009), Botelho (2011), Amaral e Ribeiro (2012), Dixon e Earls (2012) e Ouma e Tateishi (2014) como sendo um dos maiores condicionantes ao risco de inundação, pois provocam intensas alterações no espaço natural, avançando sobre áreas naturalmente inundáveis, não respeitando o espaço de extravasamento do rio em períodos de chuva intensa. Desta forma 66,77% do risco alto de inundação se encontra em áreas urbanizadas da bacia (Figura 41), onde residem aproximadamente 48% da população do município de Orleans.

Figura 41 - Mapa da área urbanizada da BHRB em risco de inundação



Fonte: A autora (2018).

O risco médio ocupa 33,41% (580,01 ha) da bacia, numa área de transição entre os espaços consolidados urbanos e aqueles que mesclam características urbanas e rurais, com altitudes que variam entre 120 e 200 metros e relevo forte-ondulado. Da área urbanizada da bacia, apenas 0,86% do território está presente em risco médio de inundação, representado pelos

bairros Aires Rodrigues, Bussolo, Barro Vermelho e Rio Belo (Figura 41). No bairro Bussolo já foram registrados episódios de inundações (Figura 42).

Figura 42 - Inundação no bairro Bussolo



Fonte: A autora (2013).

No Rio Belo também há registros de inundação, um bairro com crescente expansão urbana. O local mais frequente de inundação se dá num trecho de uma rodovia municipal, que liga a cidade à área rural do município, dificultando a passagem de pessoas e veículos, onde a água costuma invadir estabelecimentos comerciais (Figura 43).

Figura 43 - Inundação no bairro Rio Belo



Fonte: Delavi Bussolo Pizzolatti, 2011.

Pode-se afirmar que a ausência da mata ciliar que intensifica o processo de erosão das margens do Rio Belo (Figura 44 A), é condicionante à inundação nas áreas classificadas

como médio risco. Na BHRB, ainda ocorrem obstruções parciais nos afluentes, como colocação de tubos de drenagem dimensionados de forma incorreta que represam parte da água em períodos de chuva intensa (Figura 44 B).

Figura 44 - Ausência da mata ciliar e presença de tubos de drenagem no bairro Bussolo



Fonte: A autora (2016).

O baixo risco de inundação corresponde a 55% (954,82 ha) da BHRB, presente em sua maior extensão nos bairros Murialdo, Km 92 e Rio Belo (rural). Esses bairros são caracterizados pela pequena ocupação populacional, por isso, somente 3,23% do baixo risco de inundação está presente nas áreas urbanizadas da bacia (Figura 41). Nestes bairros, as altitudes são superiores a 200 metros e o relevo é considerado montanhoso, sendo próximo aos divisores de água da bacia. O relevo íngreme dificulta as práticas agrícolas, portanto há um predomínio de vegetação secundária e reflorestamento nessas áreas, contribuindo para interceptar a água da chuva, reduzindo o escoamento superficial.

Apesar dos bairros citados anteriormente localizarem-se em áreas de baixo risco de inundação, algumas intervenções humanas realizadas contribuem com as inundações no fundo do vale formado pelo Rio Belo. No bairro Murialdo, a pavimentação asfáltica da rodovia SC – 108, que liga Orleans a diversos municípios, atraiu muitas indústrias que se instalaram em suas margens. Por conta do relevo íngreme, obras de terraplanagem foram realizadas, deixando áreas de solo exposto. Como já foi mencionado, a impermeabilização asfáltica aumenta a velocidade de escoamento da água e o solo exposto é erodido e seus sedimentos são transportados para o fundo do vale, intensificando o processo de inundação (Figura 45).

Figura 45 - Pavimentação asfáltica e solo exposto no bairro Murialdo



Fonte: A autora (2018).

Por meio do trabalho de campo realizado no dia 17 de dezembro de 2018, os 82 pontos identificados foram distribuídos nas três classes de risco de inundação: alto, médio e baixo. A sintetização do trabalho de campo resultou em um quadro, organizado em ponto, classificação, caracterização, coordenadas e representação, disponível no Apêndice A.

Dos pontos identificados, 36 estão localizados em áreas de risco alto. Em sua grande maioria, esses pontos estão localizados na área urbana da bacia. Por meio do registro fotográfico foi possível verificar a presença de áreas impermeabilizadas, obstruções nos cursos de água, lixo e sedimentos que entopem as galerias pluviais. Além das interferências humanas, o relevo baixo e plano é fator determinante na ocorrência de inundações. Cabe ressaltar que nesses locais a concentração populacional é maior, com alta vulnerabilidade social, expondo a população ao risco.

Na classe de risco médio, foram identificados 26 pontos, em sua maioria localizados em áreas de transição entre a área rural e urbana do município. A medida que se aproxima da área rural, pastagens, agricultura e vegetação secundária predominam na paisagem. O adensamento populacional se torna mais esparsa e o relevo apresenta-se com maior declividade, reduzindo a exposição ao risco de inundação.

Os 20 pontos restantes do levantamento são classificados como risco baixo de inundação. São pontos localizados, em sua maioria, na área rural da bacia. A presença de vegetação secundária e pastagens ficou mais intensa na paisagem. O relevo caracterizado por ser montanhoso e íngreme não permite o acúmulo de água na superfície, o que também dificultou o trabalho de campo para registro fotográfico nessa área. Por ser uma área rural, a densidade demográfica é menor, o que contribuiu para diminuir a vulnerabilidade social e por consequência, o risco de inundação.

O trabalho de campo foi importante na conclusão desta pesquisa, pois permitiu o reconhecimento de características apontadas pelos mapas de suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade, validando o mapa de risco de inundação da BHRB.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa analisou o risco de inundação na BHRB, em Orleans, Santa Catarina, utilizando uma análise integrada de condicionantes naturais e sociais, como subsídio para o mapeamento do perigo e da vulnerabilidade, parâmetros importantes na identificação e avaliação de risco, contribuindo, assim, à elaboração de uma proposta de metodologia de risco de inundação.

Por meio do modelo HAND, foi possível espacializar a suscetibilidade de inundação, com base na declividade do terreno em relação ao curso de água. Desta forma, a suscetibilidade foi classificada em alta, média e baixa. A suscetibilidade alta ocupa 4,77% da bacia, concentrando-se no fundo do vale formado pelo Rio Belo e por seus principais afluentes, não ultrapassando três metros de desnível em relação ao curso de água, áreas naturalmente mais planas (Figura 00).

A construção do inventário permitiu identificar 20 registros de fenômenos hidrológicos ocorridos na bacia entre 2003 e 2018. Na ocasião, foram gerados dois mapas. O primeiro, levando em consideração o número de vezes em que o bairro apresentou situações de inundações, o que ocupou toda a extensão territorial. O segundo mapa foi produzido com os dados do inventário, acrescido do uso e da cobertura da terra, aproximando o registro da sua área de real ocorrência e não mais pela totalidade espacial do bairro (Figura 00).

O cruzamento da suscetibilidade com o inventário resultou no mapa de perigo de inundação da BHRB. O perigo alto abrange 6,42%, ficando concentrado nas áreas mais planas e próximas aos cursos de água, ocupados pela urbanização (Figura 00).

A vulnerabilidade da bacia à inundação foi executada em dois momentos. O primeiro constituiu a vulnerabilidade geográfica, considerando aspectos físicos (altitude, declividade e pedologia) e humanos (uso e cobertura da terra), na elaboração de uma matriz de comparação, baseada na experiência de uma equipe multidisciplinar, composta por três pesquisadores com experiência em estudos de inundação, utilizando o método AHP. Na média final das matrizes, o condicionante uso e cobertura da terra apresentou maior peso na formulação da matriz final. O segundo momento correspondeu à elaboração da vulnerabilidade social, em que foram selecionadas variáveis do Censo demográfico de 2010, relacionadas às características demográficas, educacionais e de renda da população. Assim, como o mapa de inventário, o mapa de vulnerabilidade social foi acrescido da classe de uso e cobertura da terra.

A sobreposição da vulnerabilidade geográfica e da vulnerabilidade social resultou no mapa de vulnerabilidade da BHRB, dividido em três classes: alta, média e baixa. A alta vulnerabilidade se concentrou na área urbana da bacia, caracterizada pela impermeabilização do solo (pavimentação de ruas e calçadas, edificações), pelo deficiente sistema de drenagem das águas pluviais e acúmulo de lixo, além de maior concentração populacional.

A vulnerabilidade média ficou concentrada em áreas de transição entre os espaços urbanos e rurais da bacia, enquanto a baixa predominou na área rural, onde a declividade é maior e a concentração populacional é menor.

O cruzamento do perigo com a vulnerabilidade resultou no mapa de risco de inundação da BHRB, sendo dividido em três classes: alto, médio e baixo. As áreas urbanas com relevo plano e com maior concentração populacional foram condições determinantes na espacialização do risco alto de inundação, com 11,54% do território da bacia (Figura 00). Autores como Tucci (2005, 2007), Botelho (2011), Amaral e Ribeiro (2012) e Ouma e Tateishi (2014) afirmam que o processo de urbanização é um dos maiores condicionantes ao risco de inundação, pois provocam intensas alterações no espaço natural, impermeabilizando o solo, retificando e assoreando cursos de água, produzindo resíduos sólidos e entulhos que obstruem as galerias pluviais. Além disso, as cidades avançam sobre áreas naturalmente inundáveis, não respeitando o espaço de extravasamento do rio em períodos de chuva intensa.

Assim como o perigo e a vulnerabilidade, o médio risco de inundação foi identificado na transição entre a área urbana e rural da bacia, onde o processo de urbanização vem se destacando desde o final da década de 1970, aumentando a exposição de sua população ao risco, correspondendo a 33,41% do território (Figura 00). As áreas mais altas, próximo aos divisores de águas, correspondem a 55% da bacia, são caracterizadas pelo baixo risco de inundação, por conta do relevo montanhoso, onde predominam a vegetação secundária e o reflorestamento, com baixa ou inexistente fixação populacional (Figura 00).

A realização do trabalho de campo, como forma de validar o mapa de risco, trouxe uma contribuição essencial à pesquisa, pois permitiu identificar *in loco* os condicionantes intensificadores da inundação, como a urbanização, a altimetria e a declividade.

Em estudos sobre risco de inundação, a chuva está entre os principais elementos. Contudo, estações meteorológicas em municípios e bacias hidrográficas de pequena expressividade populacional e territorial são praticamente inexistentes, caso da BHRB, faltando dados fundamentais em pesquisas desta tipologia. Neste caso, utilizou-se dados de uma estação

pluviométrica localizada no município, porém distante da área de estudo, o que não seria o ideal.

Este estudo constatou que grande parte da área urbana da BHRB (66,77%), está exposta ao risco de inundação. Apesar de Orleans não se enquadrar no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos, que atribui responsabilidade aos municípios identificar e mapear as áreas de risco de desastres, bem como adequar o plano diretor às disposições da Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, seria importante ao município fazê-lo, pois os dados obtidos com esta pesquisa são bons indicadores desta necessidade. Portanto, sugere-se ampliação do mapeamento do risco de inundação para toda a área urbana do município, como forma de evitar e mitigar o risco.

Ressalta-se ainda que um mapeamento do risco de escorregamento de encostas seria relevante para o município, pois nos dados obtidos junto a Defesa Civil municipal, este tipo de fenômeno vem sendo registrado com frequência, sendo responsável por uma morte no ano de 2016.

O uso de geotecnologias na constituição desta pesquisa, mostrou-se uma ferramenta muito eficaz na identificação e avaliação de risco. As geotecnologias possibilitaram a coleta, o armazenamento e a análise de uma grande quantidade de dados, que se fossem tratados por meio analógico, seriam praticamente inviáveis. Essas ferramentas conseguem produzir muitas informações de forma rápida e com baixo custo, que podem ser manipuladas e acessadas por equipes gestoras de risco em escala municipal, estadual e nacional, para o planejamento e a gestão do território.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, R. M.; CUNHA, Y. de C. da. **Caderno do educador ambiental das bacias dos rios Araranguá e Urussanga**. 2. ed. Blumenau: Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí, 2014.
- ADAMS, J. **Risk: the policy implications of risk compensation and plural rationalities**. London, UCL Press, 1995.
- ALFAYA, F. A. V. da S.; REIS, M. S.; FLORENZANO, T. G.; BARBOSA, C. C. F. Classificação de áreas alagáveis da planície do rio Amazonas utilizando mineração de dados e GEOBIA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 2306 - 2313.
- ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho**. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e enchente. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. p. 39-52.
- ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 60, p. 1- 15, 2000.
- ARMENAKIS, C.; DU, E. X.; NATESAN, S.; PERSAD, R. A.; ZHANG, Y. Flood risk assessment in urban areas based on spatial analytics and social factors. **Geosciences** 2017, 7, 123; doi:10.3390/geosciences7040123.
- ARUEIRA, A. B. **Aplicação do método AHP para avaliação de transportadores**. [dissertação]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; 2014.
- BARRELLA, W.; PETRERE, M. JR.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares dos rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. Ed. São Paulo: Ed. 34, 2011. 383 p.
- BOTELLHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 3. p. 71-110.
- BRASIL. **Lei 12.608, de 12 de abril de 2012**, disponível em <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 14 de outubro, 2018.
- BRASIL. Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2007.

BRUIJN, K. M. de.; KLIJN, F.; PAS, B. V. de.; SLAGER, C. T. J. Flood fatality hazard and flood damage hazard: combining multiple hazard characteristics into meaningful maps for spatial planning, **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 15, 1297-1309, <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.5194/nhess-15-1297-2015>, 2015.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. de. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. de. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2004.

CAMPOS, S. J. A. M.; STEFANI, F. L.; PAULON, N.; FACCINI, L. G.; BITAR, O. Y. Cartas de suscetibilidade à inundação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** . Bento Gonçalves: ABGE, 2015. p. 1 - 8.

CARVALHO, A.C. P. **Integração de atributos morfométricos e geotécnicos para definição de zonas sujeitas à inundação na Bacia do Ribeirão Bocaina (MG)**. 2017. 229 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de Planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO, 1998. 283p.

_____. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CASTRO, A. S.; ALLASIA, D. G. P.; SANCHEZ, J. E. O.; GONÇALVES, L. S. Águas pluviais urbanas: Mares guia da oficina de captação. **Rede de Captação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental**, Porto Alegre, p.3-90, out. 2008.

CASTRO, C. M. de.; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v.28-2, p. 11-30, 2005.

CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013.

CHAVES, R. D.; CUNHA, H. N. da.; TISOT, D. A.; MIURA, A. K.; COLLARES, G. L. Delimitação da planície de inundação da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria - RS com base em Modelo Digital de Elevação em ambiente SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília. **Anais...** . Brasília: ABRH, 2015. p. 1 - 8.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, p.35-46, 1991.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 93, p. 59-69, 2011.

DANTAS, C. G. Experiências e aprendizado: Rio Aricanduva: prevenção, resposta e mitigação. In: **Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre**. SULAIMAN, S. N; JACOBI, P. R. São Paulo: IEE-USP, 2018.

DENÚBILA, L. A. **Alterações ambientais associadas à mineração no Município de São Carlos (SP), utilizando AHP e SIG**. [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos; 2013

DIAS, A. P. **Análise espacial aplicada à delimitação de áreas úmidas da planície de inundação do Médio Araguaia**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

DIAS, M.C. de A.; SAITO, S.M.; ALVALÁ, R.C. dos S.; STENNER, C.; PINHO, G.; NOBRE, C.A.; FONSECA, M. R. de S.; SANTOS, C.; AMADEU, P.; SILVA, D.; LIMA, C. O.; RIBEIRO, J.; NASCIMENTO, F.; CORRÊA, C. de O. **Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intraurban scale**, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, Volume 31, October 2018, Pages 449-459 <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.06.002>.

DIXON, B; EARLS, J. Effects of urbanization on streamflow using SWAT with real and simulated meteorological data. **Applied Geography**. 2012 Nov; 35: 174-190.

EGLER, C. A. G. Risco Ambiental como critério de gestão do território. **Território**, Rio de Janeiro, n.1, p. 31-41, 1996.

EICHER, Cory L; BREWER, Cynthia A. Dasymetric mapping and areal interpolation: implementation and evaluation. **Cartography and Geographic Information Science**, vol. 28, n. 2, p. 125-138, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Serviço de Produção e Informação. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 4 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014. 376p.

ESTEVES, C. J. de O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Caderno IPARDES**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 62-79, 2011.

FURTADO, J.; OLIVEIRA, M. de.; DANTAS, M. C; SOUZA.; P. P; PANCERI, R. **Capacitação básica em Defesa Civil**. 5. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; PELLEIN, J. R. G. M. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: Estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC.** In: Boletim de Geografia, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GOERL, R. F.; MICHEL, G.P.; KOBİYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 1, p.61-69, jun. 2017.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Organizadores). **Geomorfologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). **Censo Demográfico - 2010**. Rio de Janeiro: IBGE.

ISDR. **Terminologia sobre reduccion del riesgo de desastres**. Ginebra, Suiza: UN, 2017.

JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊZERE, J. L. **Guia Metodológico para Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal**. Porto/Portugal: Autoridade Nacional de Proteção Civil. 2009.

KAZAKIS, N., KOUGIAS, I.; PATSIALIS, T. (2015). Avaliação de áreas de risco de inundação em escala regional usando uma abordagem baseada em índice e Processo de Hierarquia Analítica: Aplicação na região de Rhodope-Evros, na Grécia. **Science of The Total Environment**, 538, 555-563. doi: 10.1016 / j.scitotenv.2015.08.055.

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. Itajaí: IOESC, 1978. 24 p.

KOBİYAMA, M; MENDOÇA, M; MARCELINO, I. P. V. O; MARCELINO, E. V; GONÇALVES, E. F; BRAZETTI, L. L. P; GOERL, R. F; MOLLERI, G. S. F; RUDORFF, F. M; MOLLERI, G. S. F. **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Organic Trading, 2006.

LADWIG, N. I.; GONÇALVES, T. M. Mapeamento de áreas de risco uma necessidade na Gestão Territorial. In: LADWIG, N.I.; SCHWALM, H. (Orgs). **Planejamento e Gestão Territorial: reflexões interdisciplinares**. Florianópolis: Insular, 2014. p.149-178.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.33-43, 2000.

LOTTIN, Jucely. **Orleans 2000: história e desenvolvimento**. Florianópolis: Elbert, 1998.

MAGALHÃES, I. A. L; THIAGO, C. R. L; AGRIZZI, D. V; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociência**. 2011 Nov; 8(2): 63-70.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias**: Conceitos básicos. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Santa Maria, 2008. 20 p.

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; ANDRADE, M. R. de M.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 69, p. 107-128, 2017.

MARICATO, E. **Brasil, cidades**: alternativas para crise urbana. 7. Ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

MARTINS, S. B.; MACARRI, E. A.; MARTINS, C. B. Uso do método Delphi e AHP na priorização de projetos em programas de mestrado profissional na área de administração, ciências contábeis e turismo. **XIV COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA – CIGU**, Florianópolis, 2014.

MEDEIROS, C. N. de; SOUZA, M. J. N. de. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: caso do município de Caucaia, estado do Ceará. **Revista eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v.10, n.1, p. 54-73, 2016.

MENEGASSO, J. D.; SUTIL, T.; CONTO, D.; LADWIG, N. I.; LUZ, C. Geotecnologia aplicada à análise temporal da expansão urbana da cidade de Orleans, SC. **IX Seminário de pesquisa em planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o rural e o urbano**. No prelo 2019.

MENEZES, D. J. **Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS**. 2014. 137 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

MENGUE, V. P.; SCOTTÁ, F. C.; SILVA, T. S. da.; FARINA, F. Utilização do Modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no Rio Uruguai. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 43, n. 1, p.41-53, jan./abr. 2016.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Atlas geológico do Estado do Paraná**, Curitiba, 2001.

MOMO, M. R.; PINHEIRO, A.; SEVERO, D. L.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p.200-208, jan./mar. 2016.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

MÜLLER, A. S. Modelagem hidráulica para determinação de focos de inundação na bacia hidrográfica do Rio Jaguarão em Joinville. **XVIII Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos**. Campo Grande: ABRH, 2009.

OLÍMPIO, J. L. S. **Desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará: subsídios à gestão dos riscos de secas e de inundações**. 2013. 228 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OUMA, Y. O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated Multi-Parametric AHP and GIS: methodological overview and casa study assessment. **Rev. Water**. 2014; 6: 1515-1545.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 59-122, 2012.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom

PENNA, N. A.; FERREIRA, I. B. desigualdades socioespaciais e áreas de vulnerabilidades nas cidades. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 25-36, 2014.

PIRES, E. G.; BORMA, L. de S. Utilização do modelo HAND para o mapeamento de bacias hidrográficas em ambiente de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** . Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 5568 - 5575.

PNUD, <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idhm.html>. Acesso em 07/12/2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMPINELI, E. F.; SOUZA, C. de O. **Rio Belo, porque és belo!**. Orleans: Soller, 2016.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Editora da UFU, 2013.

ROSIM, S.; OLIVEIRA, J. R. de F.; JARDIM, A. C.; CUELLAR, M. Z. Extração da drenagem da região nordeste utilizando o sistema terrahidro. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12., 2014, Natal. **Anais...** . Natal: ABRH, 2014. p. 1 - 10.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 291-336, 2012.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. Int. J. Services Sciences, Chicago, v. 1, n. 1, 2008.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográfica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63 p.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 5ª Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SANTOS, K. A. dos. **Utilização de modelo hidrodinâmico para mapeamento de áreas inundáveis**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2015.

SILVA, C. A.; NUNES, F. de P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal, RN. **Anais XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Natal, RN, 2009. p. 5435-5442.

SOUZA, K. R. G.; LOURENÇO, L. A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. **Revista Territorium**, Coimbra, n. 22, p. 31-44, 2015.

SOUZA, R. G. Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1. 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P. 231-247. (CD-ROM).

SPECKHANN, G. A. **Mapeamento de áreas de inundação em três municípios localizados na bacia do rio Itajaí**. 2015. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. 2016. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology** 255: 140-161.

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 20, p.137-155, set. 2007.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J. AMARAL, R. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – Unesco; 2005.

_____. **Urban Flood Management**. Global Water Partnership, WMO – World Meteorological Organization; 2007.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, IIE, 2003.

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VIERO, A. C.; SILVA, D. R. da A. **Geodiversidade do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2016. 160 p.

WARNER, J. Cultura e redução de desastres. In: SULAIMAN, S. N; JACOBI, P. R. (Org.). **Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de Desastre**. São Paulo: IEE-USP, 2018.

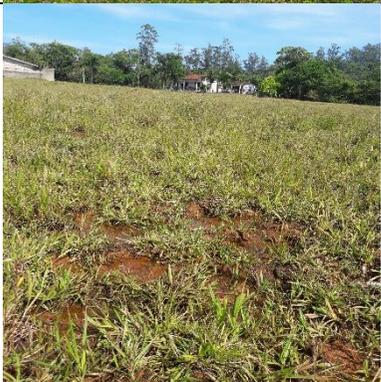
WILDNER W., CAMOZZATO E., TONIOLO J.A., BINOTTO R.B., IGLESIAS C.M.F., LAUX J.H. 2014. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Porto Alegre. Programa Geologia do Brasil. Subprograma de Cartografia Geológica Regional.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. **International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century**. 26-31 January 1992. Dublin, Ireland.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Rev. Adm. Púb.**, v.27, n.2, p.5-18, 1993.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Sintetização do trabalho de campo para validação do mapa de risco de inundação da BHRB

Ponto	Classificação do risco	Caracterização	Norte	Leste	Representação
01	Médio	Associação de pastagem com construções	6862795,826	668513,02	
02	Alto	Pastagem, com solo argiloso e presença de água acumulada	6862786,293	668477,624	

03	Médio	Associação de pastagem, solo exposto e estrada não pavimentada.	6862767,476	668517,46	
04	Médio	Margem direita do rio Belo, com presença de pastagem.	6862790,476	668583,363	
05	Alto	Margem direita do rio Belo, pastagem e ausência de mata ciliar.	6862763,432	668678,803	

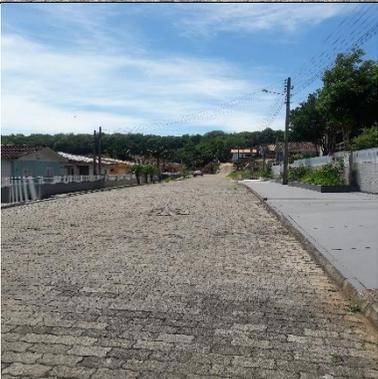
06	Alto	Rua não pavimentada, construções e pastagens	6862687,679	668523,429	
07	Alto	Rua pavimentada e edificações.	6862469,798	668006,552	
08	Alto	Ruas e calçadas pavimentadas.	6862477,096	668049,234	

09	Alto	Solo exposto e construções.	6862445,279	667972,56	
10	Alto	Ruas e calçadas pavimentadas, associadas a construções.	6862469,47	667894,916	
11	Baixo	Associação de vegetação secundária, pastagem e solo exposto.	6862367,13	668033,684	

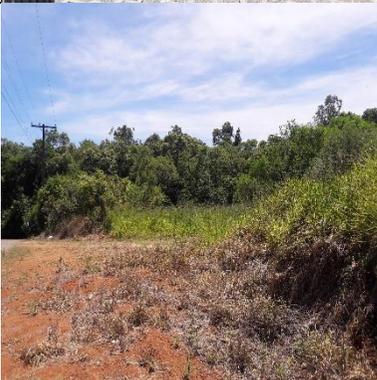
12	Baixo	Vegetação secundária.	6862368	668006	
13	Baixo	Relevo íngreme, vegetação secundária e solo exposto.	6862402	668083,1	
14	Alto	Rua asfaltada, presença de sedimentos, construções e pastagem, com relevo plano.	6862436	668477,8	

15	Alto	Presença pastagem, solo exposto e encharcado.	6862413	668496,8	
16	Alto	Presença de pastagem e construções, relevo plano.	6862395	668515	
17	Alto	Rio assoreando e obstruído parcialmente, ausência de mata ciliar.	6862408	668531,3	

18	Alto	Rua pavimentada, presença de construções e sedimentos, relevo plano.	6862548	668485,5	
19	Alto	Descarte de entulhos próximos ao curso de água.	6862530	668531,9	
20	Alto	Ausência de mata ciliar, curso de água retificado e presença de sedimentos nas margens.	6862558	668552,2	

21	Alto	Rua pavimentada, construções e declividade baixa.	6862519	668429,2	
22	Alto	Rua pavimentada, construções e revelo plano.	6862459	668428,6	
23	Médio	Rua pavimentada, construções, revelo íngreme e vegetação secundária.	6861689,115	668806,185	

24	Médio	Rua pavimentada, construções, revelo íngreme e vegetação secundária.	6861656,241	668881,566	
25	Médio	Rua pavimentada, construções e revelo íngreme.	6861738,452	668828,729	
26	Médio	Construções, pátio com pedriscos, relevo com declividade.	6861807,426	668954,059	

27	Médio	Rua pavimentada, construções e relevo íngreme.	6861851,283	668957,249		
28	Médio	Rua pavimentada, construções, presença de gramado e relevo íngreme.	6861894,992	668929,387		
29	Baixo	Presença de pastagem, vegetação secundária, solo exposto e relevo com declividade.	6862188,673	668997,963		

30	Baixo	Presença de pastagem e vegetação secundária.	6862149,528	669004,86	
31	Baixo	Rodovia pavimentada, relevo com declividade, presença de solo exposto e vegetação secundária.	6862162,894	668777,099	
32	Alto	Entulhos depositados na margem do rio, presença de solo exposto, vegetação secundária, relevo plano.	6861634,322	668263,967	

33	Alto	Rua pavimentada em relevo íngreme, presença de construções.	6861640,938	668247,267	
34	Médio	Relevo íngreme, presença de construções, pastagem e vegetação secundária.	6861687,67	668268,778	
35	Alto	Rua pavimentada e construções, relevo com declividade.	6861688,578	668256,596	

36	Alto	Rua pavimentada e construções, relevo com declividade.	6861689,714	668170,125	
37	Alto	Rua pavimentada e construções, relevo com declividade.	6861687,67	668268,778	
38	Alto	Rua pavimentada e construções, relevo com declividade.	6861688,578	668256,596	

39	Alto	Rua pavimentada e construções, relevo com declividade.	6861689,714	668170,125	
40	Médio	Presença de pastagem.	6861885,537	668171,25	
41	Alto	Rua e calçada pavimentada e presença de construções.	6861878,294	668237,652	

42	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções, sedimentos e entrada de uma galeria pluvial.	6862073,614	668258,583	
43	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções e relevo com declividade.	6862076,679	668307,252	
44	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções e relevo com declividade.	6862210,494	667887,026	

45	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções e descarte de lixo.	6861910,032	668121,486	
46	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções.	6862494,16	667699,813	
47	Médio	Agricultura.	6862529,497	667682,902	

48	Alto	Praça pavimentada e presença de construções.	6862507,052	667650,078	
49	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções.	6862871,601	667499,302	
50	Alto	Rua e calçada pavimentada, presença de construções, praça com gramado.	6863067,651	667525,002	

51	Baixo	Presença de vegetação secundária.	6862901,641	669288,349	
52	Médio	Presença de pastagem e vegetação secundária.	6862936,147	669289,862	
53	Baixo	Presença de vegetação e rua pavimentada.	6863100,673	669380,485	

54	Médio	Relevo plano e presença de pastagem.	6862719,503	669513,409	
55	Baixo	Presença de vegetação secundária e estrada não pavimentada.	6862923,989	670117,428	
56	Baixo	Presença de vegetação secundária e estrada não pavimentada.	6862940,568	670158,61	

57	Baixo	Presença de vegetação secundária e solo exposto.	6862340,074	670075,761		
58	Médio	Rodovia pavimentada, presença de pastagem, vegetação secundária e relevo com declividade acentuada.	6862352,294	669753,429		
59	Baixo	Vegetação secundária.	6862373,786	669723,889		

60	Baixo	Vegetação secundária e estrada não pavimentada.	6862364,103	669645,846	
61	Baixo	Presença de pastagem e vegetação secundária.	6862481,967	669309,522	
62	Médio	Rodovia e pátio pavimentados e construções.	6862503,8	669164,661	

63	Médio	Solo exposto e vegetação secundária.	6862360,966	668866,709	
64	Médio	Pátio pavimentado e construções.	6862475,106	668893,472	
65	Médio	Presença de pastagem e relevo com declive.	6865191,14	668012,739	

66	Médio	Presença de pastagem e vegetação secundária, relevo com declive.	6865620,4	667973,141	
67	Baixo	Relevo íngreme, pastagem e vegetação secundária.	6865768,461	667874,676	
68	Médio	Estrada não pavimentada, construções, pastagem e vegetação secundária.	6866000,535	667852,541	

69	Baixo	Estrada não pavimentada, construções, pastagem, vegetação secundária e relevo íngreme.	6866090,439	667859,429	
70	Baixo	Relevo íngreme, estrada não pavimentada e pastagem.	6866402,346	667879,593	
71	Baixo	Agricultura, vegetação secundária, construções e estrada não pavimentada.	6866832,307	667780,63	

72	Médio	Pastagem.	6866256,96	668954,29	
73	Baixo	Solo exposto e vegetação secundária.	6866148,435	668948,187	
74	Médio	Agricultura e construções.	6865948,483	668879,914	

75	Médio	Estrada pavimentada e relevo com declive.	6865823,557	668816,379	
76	Médio	Solo exposto, pastagem e relevo íngreme.	6865641,98	668453,489	
77	Médio	Pastagem e ausência de mata ciliar.	6864935,114	668117,862	

78	Baixo	Vegetação secundária e estrada pavimentada.	6864886,565	668220,518	
79	Alto	Relevo plano, pastagem, ausência de mata ciliar e estrada pavimentada.	6864569,071	668030,678	
80	Alto	Relevo plano, solo exposto e construções.	6864447,118	668000,257	

81	Alto	Construções e relevo plano.	6864261,053	667975,353	
82	Alto	Construções, estrada pavimentada, relevo plano e vegetação secundária.	6864193,035	667739,751	